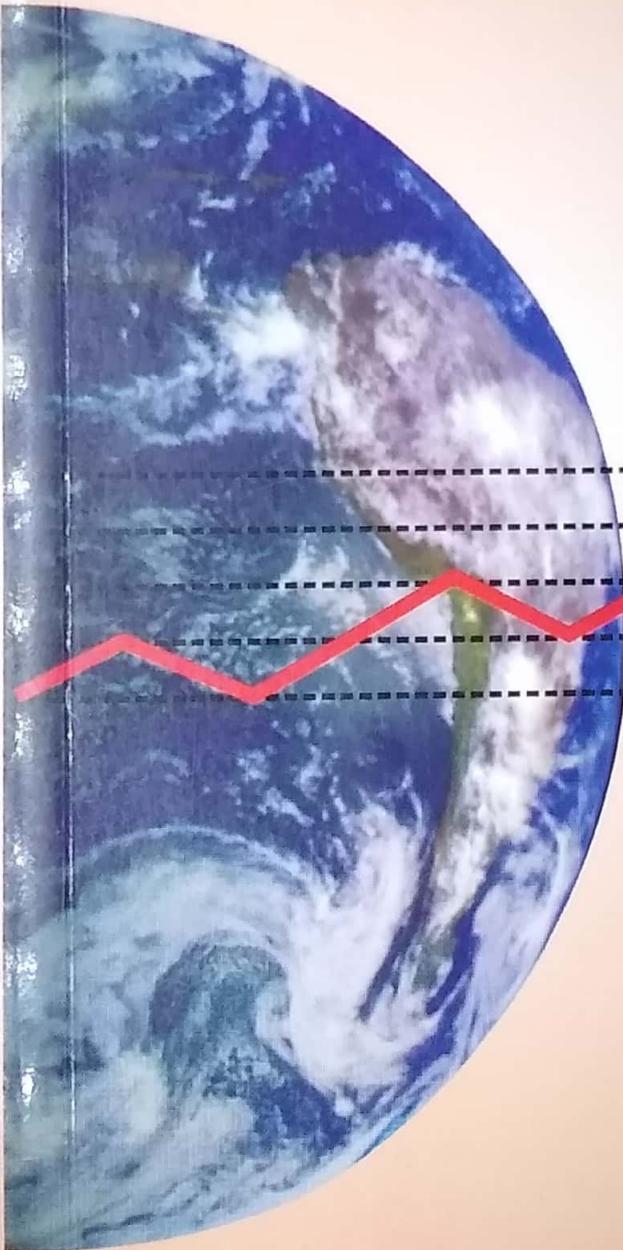


ISSN 0102-8030

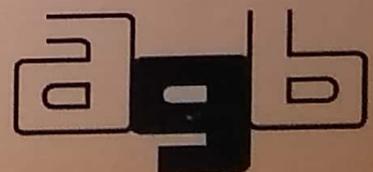
**TERRA
LIVRE**

20

**“Mudanças Climáticas:
Repercussões Globais e Locais”**



associação
dos geógrafos
brasileiros



Terra Livre

Mudanças Climáticas: Repercussões
Globais e Locais

associação
dos geógrafos
brasileiros



Associação dos Geógrafos Brasileiros

Diretoria Executiva Nacional (Gestão 2002/2004)

Presidente

Bernardo Mançano Fernandes
(Presidente Prudente /SP)

Vice-Presidente

Carlos Augusto Amorim Cardoso
(João Pessoa/PB)

Primeiro Secretário

Fábio Marcos Rodrigues
(São Paulo/SP)

Segundo Secretário

Júlio César de Brito Rudgeri
(Goiânia/GO)

Primeiro Tesoureiro

Rafael Straforini
(Campinas/SP)

Segundo Tesoureiro

João Roque da Silva Neto
(João Pessoa / PB)

Coordenador de Publicações

Titular: Eliseu Savério Spósito (Presidente Prudente//SP)
Suplente: Denise Elias (Fortaleza/CE)

Representação no sistema CONFEA/CREAS

Titular: Renato Emerson Nascimento dos Santos (Rio de Janeiro/RJ)
Suplente: Hugo José Scheuer Werle (Cuiabá/PA)

AGB Nacional

Endereço para correspondência:

Caixa Postal 64.525 – 05402-970 – São Paulo/SP
Correio eletrônico: agbnacional@yahoo.com.br
Na internet: <http://www.cibergeo.org/agbnacional>

ISSN 0102-8030

Terra Livre

Publicação semestral da Associação dos
Geógrafos Brasileiros

ANO 19 - V. 1

NÚMERO 20

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 1-236	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	----------	---------------

TERRA LIVRE

Conselho Editorial

Aldo Paviani – Álvaro Heidrich – André Martin – Antonio Carlos Vitte
Antonio Cezar Leal – Antonio Nivaldo Hespanhol – Antonio Thomaz Junior
Arioaldo Umbelino de Oliveira – Beatriz Soares Pontes – Bernardo Mançano Fernandes
Blanca Ramírez – Carlos Walter Porto Gonçalves – Dirce Maria Suertegaray
Eliseu Savério Sposito – Everaldo Santos Melazzo – Georgina Calderon - Heinz Dieter Heidemann
Horiestes Gomes – Jayro Gonçalves Melo – José Antonio Segrelles – José Borzachiello da Silva
Lylian Coltrinari – Manuel Correia de Andrade – Marcos Alegre
Messias Modesto dos Passos – Michel Rochefort – Nelson Rego – Nídia Pontuschka
Raul Borges Guimarães – Rosalina Braga – Ruy Moreira – Sandra Lencioni
Sérgio Braz Magaldi – Sérgio Martins – Silvio Bray – Tomoko Iyda Paganelli

Editor responsável

Eliseu Savério Sposito

Editoração eletrônica

Lígia Cassiavillani

Revisão dos textos originais

Eliseu Savério Sposito

Francisco Mendonça

Denise Elias

Tiragem

1.000 exemplares

Impressão

Provo Distribuidora e Gráfica Ltda

Endereço para correspondência

Associação dos Geógrafos Brasileiros (DEN)

Coordenação de Publicações – Terra Livre

Av. Prof. Lineu Prestes, 338

Edifício Geografia e História – Cidade Universitária

CEP 05508-900 – São Paulo/SP – Brasil – Tel.: (0xx11) 3091.3758

Terra Livre, ano 1, n. 1, São Paulo, 1986.

São Paulo, 1986 – v. ilustr. Histórico

1986 – ano 1, v. 1

1987 – n. 2

1988 – n. 3, n. 4, n. 5

1989 – n. 6

1990 – n. 7

1991 – n. 8, n. 9

1992 - n. 10

1992/93 – n. 11/12 (editada em 1996)

1994/95/96 – interrompida

1997 – n. 13

1998 – interrompida

1999 – n. 14

2000 – n. 15

2001 – n. 16, n. 17

2002 – Ano 18, v. 1, n. 18; v. 2, n. 19

2003 – Ano 19, v. 1, n. 20

1. Geografia – Periódicos I. AGB. Diretoria Nacional

Revista Indexada em Geodados – www.geodados.uem.br

ISSN 0102-8030

CDU – 91(05)

Solicita-se permuta / Se solicita intercambio / We ask for exchange

Sumário

Apresentação	7
A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico <i>Frédéric Bessat</i>	11
A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico <i>Maria da Graça Barros Sartori</i>	27
Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático <i>João Lima Sant'Anna Neto</i>	51
A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático <i>João Afonso Zavattini</i>	65
Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global <i>Luci Hidalgo Nunes</i>	101
Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná <i>Maria Elisa Siqueira Silva</i> <i>Alexandre K. Guetter</i>	111
Mudança Global do Clima: repercussões globais, regionais e locais <i>Newton Paciornik</i>	127
Algumas considerações sobre o aquecimento global e suas repercussões <i>Maria Elisa Zanella Veríssimo</i>	137
Métodos preditivos da Climatologia como subsídios ao planejamento urbano: aplicação em conforto térmico <i>Eleonora Sad de Assis</i>	145
Clima, gestão do território e enchentes no Vale do Itajaí-SC <i>Nilson Cesar Fraga</i>	159

- Aplicación de la predicción meteorológica para el pronóstico de la
abundancia potencial del *Aedes aegypti* en Buenos Aires **171**
R. Bejarán
A. de Garín
N. Schweigmann
- “Doenças tropicais”: o clima e a saúde coletiva. **179**
Alterações climáticas e a ocorrência de malária na área
de influência do reservatório de Itaipu, PR
Maria Eugenia M. Costa Ferreira
- Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil **193**
Ulisses E.C. Confalonieri
- Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – **205**
notas introdutórias
Francisco Mendonça

Apresentação

O estudo do clima compõe um importante capítulo da ciência moderna, pois a atmosfera influencia diretamente as atividades humanas, e estas implicam em alterações naquela. No atual estágio de desenvolvimento da ciência e da sociedade, o enfoque da climatologia encontra-se direcionado, principalmente, para uma perspectiva de interações entre a natureza (dinâmica climática) e a sociedade (atividades humanas), característica que evidencia a superação de um estágio no qual predominavam abordagens estáticas e separatistas da atmosfera/clima de um lado e do homem/sociedade de outro.

O clima constitui um dos principais campos de estudo da geografia, sendo que a principal particularidade da abordagem geográfica desse componente da biosfera está na ênfase atribuída à interação estabelecida entre a dinâmica da atmosfera/clima e a dinâmica da sociedade. O estudo da camada gasosa da Terra, no âmbito da climatologia, ganha destaque na medida em que se concebe que a organização do espaço desenvolve-se, primeiramente, sobre uma determinada concretude material, ou seja, tendo por base um determinado suporte físico espacial.

Nesta perspectiva, o clima, um dos elementos do suporte físico do espaço geográfico, adquire relevância no sentido de que sua configuração pode facilitar ou dificultar a instalação do homem e de suas atividades nos mais diversos locais do planeta. Não obstante, torna-se pertinente observar que essa dependência varia segundo as disponibilidades técnicas e tecnológicas dos diferentes grupos humanos, como bem o apontou Michel Serres ao fazer uma abordagem filosófica do clima. Todavia, há que se assinalar que, mesmo diante da mais avançada tecnologia, ainda assim, parece muito difícil descartar o clima do rol de elementos formadores e responsáveis pela diferenciação da organização do espaço na superfície da Terra; não se trata, obviamente, de retomar a via do determinismo ambiental ou climático para a compreensão dos fatos geográficos, mas de reconhecer e de fazer jus ao importante papel da natureza na constituição do espaço geográfico.

No momento mais contemporâneo da modernidade, as preocupações da sociedade organizada com o clima do planeta têm evidenciado maior atenção ao aquecimento da troposfera, entendido como intensificação do efeito estufa planetário, e o tratado no âmbito das discussões das mudanças globais. Mesmo que a intensificação do aquecimento atmosférico no último século tenha sido comprovada através de várias pesquisas em todo o mundo, muitas dúvidas e questionamentos restam acerca dessa problemática. Dentre os principais questionamentos, destacam-se aqueles relativos à contribuição das atividades humanas na intensificação do aquecimento, bem como as suas possíveis repercussões sobre a sociedade. Diferenças concernentes às escalas de manifestação do aquecimento troposférico também têm despertado o interesse de estudiosos, políticos e instituições variadas para essa importante e preocupante questão, um dos marcos da história da sociedade moderna de final do século XX e início do XXI.

Na perspectiva de evidenciar o estado da arte da discussão atual sobre as mudanças climáticas elaborada no âmbito da climatologia, foi organizado, em dezembro de 2002, na cidade de Curitiba, o "V SBCG - V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica". Dentro da temática geral (mudanças climáticas), os debates detalharam questões relativas à abordagem da dinâmica atmosférica, do planejamento do território (rural e urbano), das condições de saúde-doença da população e dos climas do Brasil, todos tratados a partir da perspectiva climatológica. O evento foi promovido pelo Laboclima (Laboratório de Climatologia), Departamento e Curso de Mestrado em Geografia da UFPR, e recebeu o apoio do CNPq, Capes, SBC (Sociedade Brasileira de Climatologia) e da AGB-DEN. Várias das contribuições ali apresentadas em forma de conferências, palestras e painéis evidenciaram

aspectos relevantes da abordagem geográfica dos climas, de maneira especial dos climas do Brasil. Os textos-base das conferências e palestras proferidas no evento compõem a presente publicação, a qual, estamos certos, encerra importantes contribuições para a compreensão da abordagem geográfica dos climas do presente. Este número temático da *Revista Terra Livre*, para o qual contei com a colaboração dos colegas Maria Eliza Zanello e Nilson Cesar Fraga na organização, torna acessível a um público maior, através de uma louvável iniciativa da AGB-DEN, o teor dos enriquecedores debates ocorridos em Curitiba.

Vejo como muito oportuno, neste momento, apresentar-lhes, particularmente aos geógrafos, meteorologistas, arquitetos, agrônomos e demais interessados, a SBC, entidade criada no ano de 2000 por ocasião do IV SBCG, realizado na cidade do Rio de Janeiro. A entidade foi criada na perspectiva de promover o campo do conhecimento climatológico, particularmente do climatológico-geográfico, através de uma permanentemente interação com a AGB e demais entidades científicas no país e no exterior. Muito jovem ainda, mas fecunda de boas idéias e propósitos, a SBC testemunha o crescimento quantitativo e qualitativo de estudantes, profissionais e da produção em geografia no Brasil, fato que torna cada vez mais difícil e pesada a organização científica e profissional de todos os interessados em somente uma entidade. É neste sentido que a SBC foi discutida e criada, ou seja, na perspectiva de promover o desenvolvimento do conhecimento climatológico-geográfico em permanente interação com a AGB e demais entidades que representam os interesses dos geógrafos no Brasil e no mundo e, já no seu início, esta parceria-complementaridade institucional dá provas de sucesso, o que se verifica tanto no apoio da AGB ao V SBCG como na organização deste número 19 da *Terra Livre*.

O lançamento deste número temático da *Terra Livre* constitui um marco na história recente da geografia brasileira, pois a retomada do caráter dualista e complexo do conhecimento geográfico no âmbito da AGB é mote de luta de vários geógrafos nas duas últimas décadas (vide Mendonça, F. A. Geografia sócio-ambiental. *Terra Livre*, n. 16, 2001). Que alegria sinto em ver materializar-se, através deste número da *Terra Livre* – um dos mais importantes periódicos da área de geografia no Brasil –, um sonho de muitos geógrafos que, como eu, pensam ser a AGB um fórum de todos os geógrafos. Com esta retomada, ainda em construção, ganham os geógrafos, ganha a geografia, ganha, enfim, a sociedade.

Francisco Mendonça

NOTA DO EDITOR

Como o presente número da TERRA LIVRE foi organizado com matérias do V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, realizado em Curitiba, em dezembro de 2002, e promovido pelo Departamento e Curso de Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Paraná, a apresentação da revista ficou ao cargo do Prof. Francisco Mendonça, coordenador e que, por sua visão global do evento, informou, na apresentação, todos os detalhes para que o leitor possa se situar em relação às matérias e ao evento. A publicação de números como este mostra que a Associação dos Geógrafos Brasileiros está atenta aos acontecimentos ligados à Geografia que ocorrem no Brasil e, mais uma vez, traz para os interessados um conjunto de artigos que se articulam pelos objetivos do evento e pela reconhecida autoridade, na área, de seus autores.

Eliseu Savério Sposito
Editor

A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico

Frédéric Bessat

Universidade PARIS IV-Sorbonne

Correio eletrônico: frederic.bessat@paris4.sorbonne.fr

Tradução: Nathalie Dessartre Mendonça

Resumo

A realidade do efeito estufa e do aquecimento global encontra-se atualmente estabelecida. Mas o que isto significa concretamente para o nosso planeta, para nossos países, para nossas regiões, para nossos concidadãos? Uma primeira questão que se coloca aos cientistas é a de precisar como a mudança climática global se traduzirá nas escalas regionais e locais para os diferentes países. Esta questão é difícil: quais serão os novos regimes das precipitações, a nova repartição anual das temperaturas, o agravamento dos riscos de eventos meteorológicos excepcionais? As respostas apresentadas pelos cientistas, fundadas sobre os dados disponíveis hoje, ainda são, apesar de tudo, parciais e mostram tanto o real avanço dos conhecimentos sobre o tema e a extensão do trabalho de pesquisa que há a completar. Qualquer que seja o número e a variedade dos efeitos que a mudança climática terá, ele nos obriga a nos preparar para as conseqüências de toda ordem. Bem entendido, este não deve nos fazer perder de vista a necessidade primordial de combater o mal pela raiz, quer dizer, de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em escala mundial.

Palavras-chave

Mudanças globais – clima – geografia.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 11-26	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	----------	---------------

Introdução

Hoje em dia, o lugar do meio ambiente entre as preocupações das sociedades ocidentais transformou-se, passando do estatuto de vaga inquietação ao de desafio crucial para a sobrevivência da humanidade. O grande interesse em torno da mudança climática evidencia essa transformação. Os decisores, as mídias, os cidadãos interrogam os cientistas a respeito das hipotéticas evoluções ou mudanças climáticas que poderiam ser induzidas, em distintas escalas, pelas atividades humanas. A quantidade de artigos de imprensa e de programas de televisão destinados ao grande público comprova quantas áreas este tema abrange: científica, política, econômica, social e cultural. Portanto, nas escalas regionais e locais, as coletividades territoriais e os profissionais de vários setores de atividades econômicas pedem precisões a respeito de perturbações previsíveis para adaptar as suas ações às situações futuras. As manchetes dos jornais e das revistas são significativas a este respeito.

Basta que o verão seja desastroso ou uma tempestade devastadora para que reapareçam os clichês (“il n’y a plus de saisons” “le temps est détraqué”),¹ relevando mais uma vez que, em se tratando de meteorologia e de climatologia, a verdade é que o homem tem a memória curta. Ao contrário do que muitos pensam, a conscientização pelas mudanças climáticas não é um fenômeno recente. Neste sentido, a modificação do clima nem sempre foi percebida como negativa para a humanidade.

Estas preocupações podem, portanto, parecer paradoxais quando se sabe que as relações entre a história do clima e a dos homens deixaram de ter o caráter urgente que tiveram até o século XVIII nas sociedades fundamentalmente agrícolas, dominadas pelo sempre complicado problema da subsistência. Hoje em dia, muitos são aqueles que consideram que “as estações não são mais marcadas”. Mas será que algum dia elas o foram? “Mas onde estão as neves de outrora?” já se interrogava François Villon, e isso no século XV! Como, então, podemos e/ou devemos interpretar a “volta” da questão climática no limiar do século XXI? Será que as catástrofes naturais as quais assistimos nestes últimos decênios são as premissas de uma mudança climática de grande amplitude? Estaria o nosso planeta se aquecendo? Será que o homem é responsável por essas modificações?

Os cientistas são categóricos: se os governos não começam a agir, todos os países estarão expostos a catástrofes no século XXI (tempestades, inundações, penúria, epidemias). As numerosas observações e modelizações desenvolvidas em vários países convergem no seguinte ponto: o aquecimento do clima. As transformações esperadas ameaçam o equilíbrio do planeta e as sociedades que nele vivem. E mesmo que a amplitude dos efeitos, atuais e futuros, seja incerta, uma conscientização é indispensável e carece de debates aprofundados e abertos. A situação é ainda mais grave quando levamos em conta o fato de o último relatório do Grupo de Peritos Intergovernamental Sobre a Evolução do Clima (GIEC), publicado em 2001, concluir “que um conjunto de elementos sugere que existe uma incerteza perceptível do homem sobre o clima global”.

Mas isso, no momento, não é motivo para entrar em pânico: falar de uma mudança climática global em uma escala de tempo tão curta talvez seja um pouco prematuro: com

1. “Não existem mais estações” “o tempo está louco”.

efeito, a observação de alguma diferença de um decênio para o outro pode, de fato, significar uma real mudança, mas também, uma anomalia, uma simples flutuação dentro do próprio sistema climático. Pensemos em tudo que se escreveu, por exemplo, há dois decênios atrás: nos anos 80, os especialistas falavam de um eventual resfriamento do clima e imaginavam a volta a uma nova era glacial. Quanto à responsabilidade humana, a qual se pensava, nos anos 70, que tinha tudo para ser esmagadora, neste ponto, mais uma vez, a opinião dominante evoluiu: o ritmo do aquecimento constatado não coincide totalmente com aquele do aumento dos gases provocado pelo efeito estufa e poderia ser um fenômeno “natural”, sem dúvida acelerado pelas atividades humanas, porém não obrigatoriamente criado por elas.

Pela sua capacidade de questionar uma opção eminentemente política, social e inclusive civilizacional de desenvolvimento a partir dos riscos de mudança climática, a questão ambiental situa novamente no centro dos debates a problemática das relações entre o homem e o seu meio, problemática que devemos apreender em um contexto realmente pluridisciplinar. Convém, portanto, que o geógrafo participe desse debate. Neste sentido, um dos paradigmas da geografia tem como objeto explicar a organização e o funcionamento natural do meio no qual o homem é um agente entre outros. O estudo das variações e da variabilidade temporais de fenômenos naturais e a sua análise em diferentes escalas espaciais são particularmente levados em conta; neste sentido, o olhar do geógrafo torna-se muito útil. Estes enfoques se revelam indispensáveis para a compreensão dos debates sobre a evolução do clima e em particular sobre a incidência deste nos sistemas naturais e sociais.

Em efeito, a relação entre o natural e o humano não é recente. Fundou a geografia dos gregos antigos, em particular, no que diz respeito à climatologia (exemplo dos textos conservados do Stagirite² a respeito dos Meteorologistas). No século II antes de Cristo, já se falava da diversidade dos meios, enquanto a própria física pré-socrática ignorava o meio. E se Aristóteles era mais inspirado pelas idéias pré-socráticas, segundo as quais o meio tem uma importância muito pequena, por sua vez, em “Ares, águas e lugares”, Hipócrates coloca no centro das suas preocupações a análise das relações dos homens com o espaço, em particular, entre o meio ambiente e a saúde.

A evolução climática: um enfoque da complexidade

O clima é um sistema extremamente complexo, regido por múltiplas interações entre diversos reservatórios (atmosfera, oceano, hidrosfera, criosfera, biosfera). Um grande espectro de escalas temporais (de 1 dia a centenas de milhões de anos) e espaciais (escala local, regional e global) nele intervém (Quadro 1). Esta complexidade explica porque o estado dos nossos conhecimentos evoluiu relativamente “devagar”, o que contribuiu provavelmente, pelo menos em parte, para alimentar os debates que hoje conhecemos.

2. Pátria de Aristóteles.

Quadro 1
 Variações espaço-temporais dos fenômenos climáticos

<i>Escala</i>		<i>Eventos</i>	<i>Survenue</i>	<i>Duração</i>		<i>Manifestação</i>
pequena	planetária	mudanças	frequente a	evolução	Longo	reaquecimento
escala	ou geral	climáticas	escala geológica	progressiva	prazo	redistribuição das chuvas
						espaço e tempo → variabilidade
	zonal	ENSO	frequente a	alguns meses		chuva sup./inf. à média
		Ra dos	escala humana			déficit hídrico
		meios semi- áridos				
	regional	securas	frequência	alguns meses a		déficit hídrico
		sahéliannas	irregular	alguns anos		
grande	local	eventos	frequência	breve	curto prazo	tempestades
escala		Meteoroló- gicos	irregular			chuvas intensas
		raros				ondas de frio
						ondas de calor

Mudanças na composição da atmosfera e a influência radiativa

Os primeiros trabalhos de S. Arrhenius, no século XIX, tratavam da incidência das mudanças de concentrações de CO_2 sobre o clima planetário. Mostraram, pela primeira vez, com sucesso como estabelecer modelos de radiações simples e de equilíbrio energético partindo diretamente de observações. Os modelos de convecção radiativa e de circulação geral de hoje utilizam um tratamento mais complexo, mas são também muito mais difíceis de avaliar. As estimativas atuais dos fluxos radiativos planetários baseadas em dados de satélites e as modelizações parecem indicar uma influência radiativa nítida de uma ordem situada entre 125 w.m^{-2} e 155 w.m^{-2} . Cerca de 60% da influência devida ao efeito estufa é causada pelo vapor de água, 25% pelo CO_2 e os 15% restantes por outras substâncias.

Por outro lado, em algumas regiões, as mudanças nas concentrações de aerossóis modificariam de forma significativa o efeito radiativo na superfície e as condições climáticas regionais. Deu-se, por exemplo, muita importância aos aerossóis sulfatados. Portanto, os efeitos dos aerossóis sobre o clima variam consideravelmente no tempo, no espaço e em função das características dos aerossóis.

Na realidade, o pequeno poder de resolução dos modelos tende a subestimar as incertezas dos efeitos indiretos, em grande parte, por causa de uma compreensão insuficiente das propriedades dos aerossóis. As diferenças regionais e sazonais na influência devida aos sulfatos, para citar um só exemplo, em relação aos efeitos mais uniformes de gás com efeito estufa aumentam a complexidade regional da interferência do homem no sistema climático, em particular, no que diz respeito às mudanças na circulação, no ciclo hidrológico e nos regimes de precipitações. A utilização da influência radiativa planetária bruta dos aerossóis e dos gases com efeito estufa na modelização deve ser matizada.

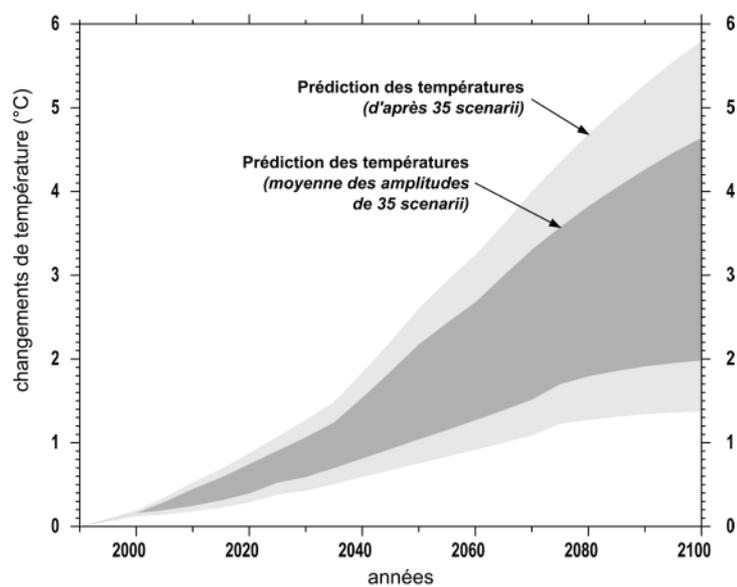
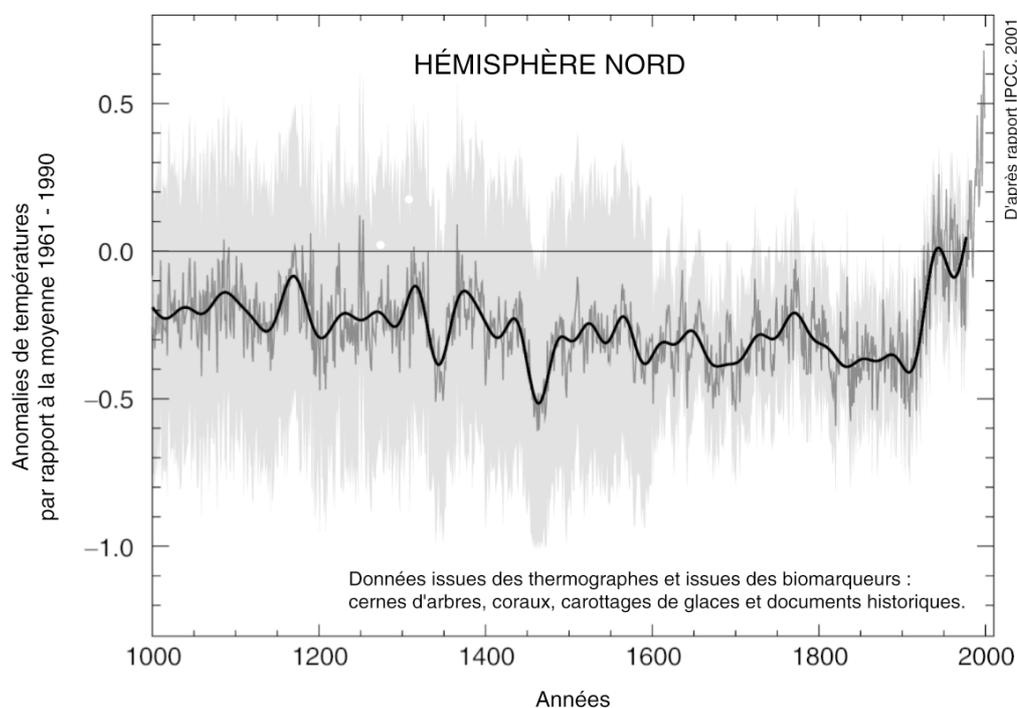
A evolução das temperaturas: entre certezas e incertezas

Os peritos internacionais, reunidos em Haya, em novembro de 2000, para a VI conferência sobre as mudanças climáticas, estabeleceram previsões alarmantes. A temperatura média do planeta aumentou de 0,6°C (com uma margem de erros de 0,2°C) desde 1861 (Figura 1). Além do mais, o século XX conheceu o aquecimento provavelmente mais importante e particularmente o mais veloz desde 10 mil anos. Uma análise de várias dezenas de modelizações do aquecimento induzido pelos gases de efeito estufa indica uma resposta global média que se expressaria por uma temperatura da ordem de 2°C daqui a 2100, com uma margem de erros compreendida entre 1,5°C e 6°C (Figuras 2 e 3). Os modelos apresentam características similares de mudança em grande escala. Em compensação, não concordam com projeções em escala regional. Portanto, as projeções relativas às futuras mudanças climáticas permanecem marcadas por grandes dúvidas que provavelmente não serão muito reduzidas no próximo decênio. Porém, alguns dados podem ser aproveitados.

A importância da margem de erros relativos à evolução das temperaturas esperadas daqui a 2100 deve-se, na realidade, à consideração de enfoques múltiplos, entre os quais dois parecem preponderantes: o enfoque dos economistas privilegia o estudo da evolução de emissões de gás com efeito estufa, que indica que os volumes de CO₂ lançados na atmosfera dependem do ritmo do crescimento econômico; por sua vez, o enfoque dos cientistas analisa a evolução do clima e depende muito da natureza dos modelos adotados, pois a compreensão e o enriquecimento do nosso saber relativo às modificações climáticas precisam de um melhor conhecimento das interações entre os diversos elementos, entre os quais a atmosfera, o oceano, a biosfera, a criosfera e a superfície terrestre.

Para que este estudo seja bem sucedido, convém dispor de ferramentas eficientes, capazes de analisar com eficácia e credibilidade o sistema climático e, em particular, a incidência de emissões antrópicas de gases de efeito estufa e dos aerossóis sobre as modificações da composição da atmosfera. Ora, os modelos são mais ou menos representativos, segundo o número de componentes que integram. Assim, um modelo pode simular somente a atmosfera, enquanto outros, mais completos, combinarão a atmosfera (e as reações químicas que nela intervém), o oceano e as biosferas terrestre e marinha. Considera-se, hoje, que o realismo das simulações climáticas fica cada vez melhor devido à precisão da resolução. Entretanto, os limites de cálculos não permitem atingir uma resolução satisfatória, que dê conta de todos os processos e, em particular, dos inferiores, como a formação das nuvens e suas interações com a radiação atmosférica ou as trocas entre a atmosfera e a biosfera. Por exemplo, o comportamento da atmosfera terrestre coloca em jogo escalas temporais e espaciais muito variadas. O escoamento do ar dentro das cidades ou de uma nuvem diz respeito a escalas da ordem do milímetro (turbulência atmosférica) até a centena de metros e do segundo até alguns minutos. Em compensação, a evolução de uma perturbação atmosférica acontece em milhares de quilômetros e durante vários dias a fio. Nestas condições, fica muito difícil estudar todos esses fenômenos simultaneamente. Ora, as inevitáveis simplificações realizadas na construção dos modelos representam uma primeira fonte de dúvida (as nuvens pequenas ou a evolução da cobertura vegetal não podem ser levadas em consideração com precisão satisfatória). Outros aspectos deixam de ser levados em consideração de modo satisfatório, ora por serem

mal conhecidos, ora porque apenas começamos a compreender a importância de processos químicos e/ou biológicos. Portanto, a defasagem entre a escala dos processos e das grades factíveis nos modelos é um problema a respeito do qual cientistas estão re etindo.



Portanto, a credibilidade dos modelos se vê, às vezes, questionada. Nestas condições, até onde se pode confiar neles? A única maneira eficiente de validar e de tornar esses modelos mais precisos está, portanto, no recurso das reconstituições, as mais precisas possíveis, de cenários reais, que existiram no passado e que correspondem a variações conhecidas da temperatura global e regional. A análise dos dados multidisciplinares, datáveis, gravados nas camadas geológicas sedimentárias pode nos dizer quais meios ambientes paleogeográficos corresponderam às situações mais quentes ou mais frias que as de hoje e, em particular, a seus extremos, definindo assim a variabilidade natural passada e recente das paisagens terrestres.

Os “tempos” da evolução climática

A representação dos climas atuais na superfície da terra não é imutável. Os mecanismos do tempo e do clima podem ser modificados, intensificados ou atenuados e/ou deslocados. A partir do momento em que introduzimos a noção de duração, a análise do clima médio não faz mais sentido, donde o desenvolvimento das noções de variação e de variabilidade do clima. Na verdade, os equilíbrios climáticos só são estáveis em uma escala temporal definida. Assim, distinguimos as situações climáticas (podemos falar em caprichos do tempo), as descontinuidades (mudança climática brutal), as oscilações climáticas (sistema com descontinuidades em uma duração maior) e as variações climáticas (situações cuja escala temporal é longa).

As variações climáticas estão, hoje em dia, relativamente bem documentadas e os cenários climáticos e as distribuições das ecozonas atuais só são transitórios na história do planeta. De fato, os arquivos geológicos revelam variações importantes na escala geológica, porém mais modestas na escala do século. A evolução dos climas passados parece ter sido mais lenta que as mudanças que a interferência humana provocaria; esses climas representavam, portanto, estados de pseudo-equilíbrio que não eram necessariamente análogos a respostas aos estados transitórios que podemos esperar para o próximo século. Além disso, os erros importantes que marcam a interpretação dos paleodados, assim como a influência de fatores não climáticos, como os processos geomorfológicos e a utilização do solo pelo homem, podem provocar vieses nos cenários relacionados ao clima, em particular nas escalas de análises de grande precisão. Mas, apesar desses modelos lembrarem que é preciso ser prudente na hora de utilizar os dados paleoclimatológicos para testá-los, esses dados continuam sendo um recurso útil na compreensão dos processos climáticos. Os esforços realizados para compreender os mecanismos que regem os ciclos glaciário-interglaciário sugerem que os fatores dominantes são a influência solar e outras grandes retroações (como o oceano e a vegetação).

Atualmente, ainda resta muita coisa a ser feita na área da variabilidade chamada “recente” do clima; a título de exemplo, as mudanças associadas à “Pequena Idade do Gelo” (PAG), que a Europa conheceu entre os séculos XV e XIX, continuam sendo documentadas de modo insatisfatório. Além disso, o aquecimento dos dois últimos séculos parece ter-se acelerado há uns 30 anos. A origem da variabilidade deve ser procurada nos mecanismos de redistribuição do calor na superfície da terra e na evolução da circulação geral da atmosfera. Se existem situações múltiplas, múltiplos fenômenos permitem compreender a importância das trocas

entre o oceano e a atmosfera. Os famosos episódios El-Niño-Southern-Oscillation (ENSO), entre outros, não fazem senão ilustrar o nosso propósito.

Quando queremos atribuir uma causa particular à mudança climática, um dos grandes obstáculos reside na compreensão da variabilidade natural. Entretanto, as indicações sugerem que resulta cada vez mais difícil atribuir a combinação das mudanças atuais à única variabilidade natural. Os estudos da variabilidade natural realizados com modelos associados do clima que conseguem reproduzir relativamente bem a variabilidade passada levam a pensar que o aquecimento do século passado ultrapassa essa variabilidade e, portanto, que se deve provavelmente, pelo menos em parte, a uma influência externa. Do mesmo modo, a concordância entre as modelizações das respostas do clima à interferência humana e às tendências observadas melhorou nestes últimos anos à medida que as experiências numéricas tornaram-se mais realistas. Entretanto, a concordância regional entre as recentes simulações dos modelos ainda continua medíocre e a simulação da influência dos aerossóis continua duvidosa. Isso autoriza a pensar que precisaremos ainda de tempo até conseguir atribuir de fato uma causa às recentes variações climáticas.

A evolução do clima: perspectiva espacial

O estudo dos climas apresenta também o problema da escala espacial. A elaboração de cenários climáticos apropriados ao estudo das consequências apresenta um problema, em particular, devido à insuficiente resolução dos modelos do clima planetário e das dúvidas inerentes à sua performance na escala regional. É o caso, em particular, das variáveis hidrológicas, muito sensíveis aos fatores locais.

A preocupação está em relacionar, nas suas localizações e nos seus caracteres, os climas com o seu contexto zonal e azonal. Com efeito, se existe uma lógica geral que preside a disposição dos climas em função da latitude, existem tantas lógicas regionais quanto intervenções particulares do *substratum*. Em outras palavras, convém evidenciar as relações existentes entre as zonas climáticas e as suas bruscas mudanças internas, ou seja, entender o sentido dos mecanismos e dos seus efeitos nas diversas escalas da realidade climática.

Neste sentido, os climas regionais constituem um mosaico complexo, que responde à intervenção de diversos fatores hierarquizados que guiam a opção de recorte. Os fatores cósmicos e planetários (notadamente a ação do sol, a forma e o movimento da Terra) dominam a organização zonal, enquanto os fatores geográficos (em particular, a distribuição das terras, dos mares e dos oceanos) introduzem alterações azonais.

Assim, para Pédelaborde, o clima da “região” é o ponto de partida de toda análise que se quer séria, o clima zonal representa uma concepção ampla demais, que faz abstração da circulação celular, e o clima local é um conceito restrito demais, que traduz sobretudo fatos estreitamente geográficos. O clima regional é uma boa síntese, já que expressa, ao mesmo tempo, fatos de circulação atmosférica e de configuração geográfica.

Geografia da vulnerabilidade de sistemas naturais e sociais

As variações da concentração de gases de efeito estufa e de aerossóis deveriam, portanto, levar a uma evolução mundial e regional da temperatura, das precipitações e de outros parâmetros climáticos, traduzindo-se por uma mudança da umidade do solo, pela elevação do nível do mar e pela aparição de temperaturas extremas, de inundações e de importantes secas em algumas regiões.

Partindo de modelos climáticos que cobrem o leque das sensibilidades do clima à modificação da concentração de gases de efeito estufa e à amplitude das variações verossímeis das emissões de gases de efeito estufa e dos aerossóis, algumas tendências podem ser evocadas:

- O aumento previsto da temperatura média global na superfície fica em torno a 2°C entre 1990 e 2100. De qualquer modo, o aquecimento seria mais veloz do que foi durante os últimos 10 mil anos. Na escala de 100 a 10 anos, o clima seria marcado por uma variabilidade natural importante.
- Uma elevação do nível do mar está prevista em razão do aquecimento dos oceanos e do degelo das geleiras das montanhas e das calotas glaciárias. A elevação mais provável ficaria por volta de 50 cm daqui a 2100. O valor mais elevado aponta um aumento de 80 cm. Na escala regional, as variações poderiam ser diferentes em relação à média, tendo em vista os movimentos de terra e as variações das correntes oceânicas.
- Notaríamos também as características seguintes: elevação da temperatura da superfície maior na terra que no mar em inverno, aumento máximo nas latitudes elevadas do Hemisfério Norte no inverno, escasso aumento no Antártico no verão, intensificação do ciclo hidrológico em média global e crescimento da quantidade de precipitações e da umidade do solo nas latitudes elevadas no inverno.
- A elevação das temperaturas provocaria um reforço do ciclo hidrológico global, gerando, portanto, um risco maior de secas e/ou de inundações em alguns lugares. As projeções regionais nas fontes de água são muito sensíveis aos cenários e aos modelos hidrológicos utilizados, portanto, devem ser utilizadas com prudência.
- Uma alteração rápida e contínua do clima poderia modificar o equilíbrio da concorrência entre espécies e perturbar o ecossistema forestal, além de modificar e alterar a quantidade de carbono absorvida e liberada pelos biomas terrestres.

Os trabalhos científicos mostram que os ecossistemas, alguns setores socioeconômicos e, em particular, a saúde são sensíveis à amplitude e à rapidez da evolução climática, assim como à modificação da variabilidade climática. Se os efeitos da evolução climática podem ser nefastos em algumas regiões e, às vezes, até irreversíveis, poderiam tornar-se benéficos em outros lugares. Entretanto, as modificações do clima representam mais um *stress* importante para os sistemas já atingidos pela exploração dos recursos, pelas práticas de gestão não sustentável e pela poluição, agressões cujos efeitos muitas vezes são iguais ou superiores

àqueles da evolução climática. Podemos temer que as contingências que interagiram de diversos modos nas regiões reduzam a capacidade de alguns ecossistemas ambientais no fornecimento constante de bens e de serviços necessários ao bom funcionamento econômico e social: produtos alimentícios, ar e água limpos, energia, baixa taxa de doença.

Da vulnerabilidade dos ecossistemas

A vulnerabilidade de um sistema natural ou social se define à medida que a evolução do clima pode prejudicar esse sistema ou danificá-lo. Ela depende não somente da sensibilidade (capacidade de reação a uma transformação das condições climáticas, o que inclui os efeitos benéficos e nefastos), mas também de sua adaptabilidade (capacidade em ajustar os seus mecanismos, seus processos e a sua estrutura de modo a atenuar ou a anular os danos potenciais ou a aproveitar as oportunidades criadas por uma dada mudança do clima).

A evolução da vulnerabilidade na escala regional muitas vezes é qualitativa e fundamenta-se em uma variedade de métodos usados e de cenários considerados. Contudo, de um modo geral, os trabalhos contém informações essenciais sobre os nossos conhecimentos no assunto. As estimativas apresentadas visam indicar a natureza provável e a amplitude aproximativa das conseqüências previstas por diferentes cenários. São essencialmente indicadores da sensibilidade e da vulnerabilidade potencial dos sistemas. Neste sentido, a avaliação da vulnerabilidade dos ecossistemas torna-se indispensável. Com efeito, são fundamentais tanto para o meio ambiente quanto para a sustentabilidade. À origem de muitos bens e serviços essenciais para os indivíduos e as sociedades, a evolução do clima pode modificar a sua localização e a variedade das espécies que abrigam.

É provável que os primeiros efeitos da evolução climática sejam associados à velocidade e à amplitude da variação dos valores climáticos médios e extremos (variação que deveria acontecer logo, devido à velocidade com a qual os ecossistemas se adaptam e restabelecem o seu equilíbrio). Os efeitos secundários incluirão a modificação das propriedades dos solos e do regime das perturbações (animais nocivos, doença etc.), que favorecerão algumas espécies em detrimento de outras e transformarão, assim, a composição dos ecossistemas.

Dados oriundos de simulações sobre a repartição da vegetação, os seus limites, por exemplo, indicam que estes serão sensivelmente modificados e que várias regiões sofrerão um declínio da vegetação que poderá ser atribuído à seca. Nas latitudes médias, um aquecimento de 1°C a 3,5°C, em média, ao longo do século que se inicia, seria igual a um deslocamento das isotermas atuais de 150 a 550 quilômetros ou o seu deslocamento em altitude de 150 a 550 metros. Devido à evolução das temperaturas e à quantidade da água disponível que poderia provocar uma elevação do CO₂, uma proporção importante dos ecossistemas atuais sofreria grandes mutações nos tipos de vegetação, na produtividade e na variedade das espécies. Os ecossistemas aquáticos e terrestres e os regimes de escoamento e do nível das águas poderiam também ser sensivelmente modificados; e haveria repercussões sobre a produtividade biológica, expansão do habitat de algumas espécies ou redução da qualidade das águas.

As conseqüências regionais

Sem sermos exaustivos, tomaremos alguns exemplos para ilustrar o assunto. Na África, há vários climas pelo continente todo, sendo o tropical úmido, o tropical seco e as formas alternadas de seco e úmido os mais freqüentes. Muitos países sofrem recorrentes períodos de seca, dos quais alguns são relacionados ao fenômeno ENSO, em particular no sudeste. Em razão de uma situação singular (contingências exercidas sobre os recursos naturais, importante crescimento demográfico, variação extrema do clima), a África será o continente mais vulnerável às incidências da evolução climática, pois a pobreza generalizada limita as suas capacidades de adaptação. Hoje, as florestas tropicais e os grandes espaços de pastagem estão ameaçados pela pressão demográfica e pelos tipos de ocupação dos solos. As conseqüências gritantes dessa ameaça incluem o empobrecimento da diversidade biológica, a rápida deterioração da cobertura vegetal, o esgotamento das reservas de água. A evolução do clima entrará em interação com essas modificações subjacentes e trará mais *stress* em um meio ambiente que está se deteriorando. Uma elevação contínua de 1°C da temperatura modificaria profundamente a cobertura florestal e as pastagens, a repartição, a variedade e os comportamentos migratórios das espécies, assim como a repartição dos biomas. Se a diminuição prevista das precipitações, em particular no Sahel e na África Austral, for acompanhada de uma forte variabilidade interanual, ela poderia prejudicar o balanço hídrico. Uma queda dos níveis de água poderia reduzir a qualidade das águas, o que multiplicaria os riscos de doenças. As principais conseqüências na área da saúde serão o aumento da incidência das doenças de transmissão vetoriais e o estado nutricional da população. A elevação da temperatura poderia favorecer a extensão do paludismo; a modificação das temperaturas e da configuração das precipitações ameaça provocar também o aumento da incidência de febre amarela, da dengue, da onchocercose e da tripanossomíase.

Na Europa, devemos nos preparar para modificações sensíveis, mesmo se as capacidades de adaptação nos sistemas construídos de muitas partes da Europa forem relativamente importantes. A proximidade do Gulf Stream e a circulação atmosférica própria ao continente contribuem à grande variabilidade espaço-temporal das temperaturas e das precipitações. As principais incidências deveriam ser imputáveis à mudança de freqüências dos fenômenos extremos e das precipitações, provocando mais secas em algumas partes e mais inundações úvias em outras. Neste contexto, as doenças de transmissão vetorial se estenderiam.

Na América do Sul, os países e as regiões são muito heterogêneos no que diz respeito ao clima, aos ecossistemas, à distribuição da população e às tradições culturais. Muitos países (notadamente o Equador, o Brasil, o Peru e o Chile) serão graves vítimas das repercussões socioeconômicas desde a variabilidade sazonal até a variabilidade interanual do clima, em particular pelo fenômeno ENSO. Por isso, as conseqüências da variabilidade atual do clima sobre os recursos naturais levam a pensar que as futuras incidências serão suficientes para justificar que as levemos em consideração nas atividades de planejamento na escala nacional e regional. As mudanças climáticas previstas deverão repercutir nas grandes áreas de florestas e de pastagens, nos ecossistemas das montanhas e nas áreas de transição entre os tipos de vegetação, por serem considerados extremamente vulneráveis. As mudanças poderiam inclusive agravar os efeitos do desmatamento contínuo da floresta amazônica. É provável que

a evolução do clima venha a ter conseqüências maiores sobre o ciclo hidrológico, modificando a intensidade e a distribuição espaço-temporal das precipitações, o escoamento de superfície e a recarga dos lençóis freáticos, com incidências sobre os ecossistemas naturais e as atividades humanas. Por outro lado, poderiam piorar as conseqüências diretas da elevação do nível do mar, do mau tempo e das condições climáticas extremas (inundações, elevações repentinas dos níveis das águas úvias, ventanias, desmoronamentos, ondas de frios e de calor...). Nestas condições, podemos temer o desaparecimento de parte das terras litorâneas e da diversidade biológica (recifes de corais, ecossistemas de mangues, zonas úmidas dos estuários).

A mudança climática: a necessária adaptação

Na realidade cada país, cada setor da economia e cada cidadão tem responsabilidades ou atividades relacionadas com as mudanças climáticas, ou susceptíveis de ser afetadas por elas. Os trabalhadores da floresta, os planejadores urbanos, os donos de casa, os responsáveis de política e os voluntários implicados na ajuda internacional, para limitar-nos a alguns deles, todos têm razões para querer informar-se e preocupar-se a respeito de como devemos adaptar-nos às mudanças climáticas.

Porque os países precisam de pesquisa sobre os impactos e a adaptação?

Numerosas necessidades de pesquisa se manifestam na área das ciências do clima, do desenvolvimento tecnológico, dos impactos e da adaptação. A ampliação dos nossos conhecimentos nessas diversas áreas constitui uma parte essencial da resposta dos Estados para o desafio que representam as mudanças climáticas.

Estabeleceu-se um consenso internacional quanto ao fundamento científico das preocupações em relação às mudanças climáticas. Também são amplamente reconhecidas a influência perceptível do homem sobre os processos climáticos da terra, assim como a existência de riscos reais e significativos. A soma das evidências científicas quanto à ocorrência dessas mudanças requer uma ação imediata. As atividades de redução de emissões constituem um componente importante das ações de muitos países. Entretanto, é preciso reconhecer que, no melhor dos casos, a redução das emissões só poderá diminuir o ritmo das mudanças climáticas, mas não as eliminará. Também é necessário reparar que as emissões de muitos países, portanto globais, continuam crescendo.

Precisamos, portanto, nos preparar para as mudanças que acontecerão nas próximas décadas. Esses preparativos consistem, em primeiro lugar, em compreender melhor os impactos potenciais das mudanças climáticas na escala regional. Apesar de ainda não conhecer a taxa exata e a amplitude das mudanças climáticas regionais, é justificável, desde já, a tomada de precauções para reduzir os riscos. Devemos avaliar cuidadosamente as conseqüências possíveis das mudanças climáticas, identificar as áreas mais vulneráveis e empreender ações necessárias à nossa adaptação às mudanças esperadas.

A adaptação também é um componente essencial para a resposta da comunidade internacional às mudanças climáticas. A capacidade de adaptação varia em função das regiões e, muitas vezes, é menos desenvolvida naquelas mais duramente afetadas pelas mudanças como, por exemplo, os pequenos Estados insulares em desenvolvimento. O compartilhamento dos conhecimentos e da tecnologia com os países em via de desenvolvimento ajudará a melhorar a sua capacidade de adaptação. Na medida em que a capacidade de adaptação de um país, de uma comunidade ou de uma empresa aumenta, a vulnerabilidade às mudanças climáticas diminui.

Em que consiste “a adaptação”?

A adaptação ao clima não é uma novidade. Ao longo de milhares de anos, as sociedades humanas passaram muito tempo se adaptando aos climas. A adaptação às mudanças climáticas apresenta um desafio singular que supera aqueles provocados pela variabilidade habitual. As mudanças climáticas resultaram num aumento das temperaturas médias, numa elevação do nível dos oceanos, em mudanças na distribuição das precipitações e, em algumas regiões, em um aumento da frequência e da importância dos fenômenos climáticos extremos. Além disso, os impactos previstos dessas mudanças dar-se-ão num lapso de tempo relativamente curto. O ritmo das mudanças e os prazos de implantação das medidas de prevenção têm um efeito combinado que exige uma preparação tão aprofundada quanto possível.

A adaptação provoca ajustes nas nossas atividades econômicas e sociais com o fim de melhorar sua viabilidade e de reduzir a sua vulnerabilidade perante as mudanças climáticas. Isso inclui medidas visando reduzir ou impedir impactos negativos, assim como as etapas que empreendemos para maximizar as oportunidades novas. Também fazem parte da adaptação os investimentos na pesquisa científica e no desenvolvimento de planejamentos de gestão e de investimento que comportam medidas de reação às mudanças climáticas.

A adaptação pode ter várias formas. As táticas, em curto prazo, podem ser utilizadas em reação a uma situação; por exemplo, restringindo o desperdício de água ao regar a grama em época de seca. Entretanto, a defesa da conservação da água nas regiões onde se prevê penúrias é uma ação muito mais estratégica. A preparação para as temperaturas extremas revendo o código da construção ou pondo em dia as infra-estruturas municipais constitui um tipo de adaptação proativa em longo prazo. A utilização de vários tipos de adaptação por uma companhia, uma indústria ou por um governo em resposta às mudanças climáticas pode ser considerada muito apropriada.

Como podemos nos adaptar às mudanças climáticas?

As respostas a seguir apresentam o entendimento atual da gama de respostas adaptativas e das categorias gerais das medidas. O aperfeiçoamento do nosso conhecimento permitirá aos decisores planejarem medidas adaptativas mais adaptadas a uma região ou a uma atividade econômica em particular. As medidas adaptativas vão desde a intervenção dos indivíduos ou das empresas ao desenvolvimento de infra-estruturas, passando pelas políticas de

planejamento. Podem ser implantadas na escala local, nacional ou global e implicar mudanças tecnológicas, institucionais ou comportamentais.

Contam-se cinco categorias de medidas fundamentais de adaptação que podem ser utilizadas em resposta a riscos identificados:

- impedir a perda – adotar medidas visando a reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas;
- tolerar a perda – não fazer nada para reduzir a vulnerabilidade e absorver a perda;
- expandir ou compartilhar a perda – não reduzir a vulnerabilidade, mas antes distribuir os seus efeitos entre os diferentes sistemas ou populações;
- mudar a atividade – interromper as atividades não viáveis nas novas condições climáticas e substituí-las por outras atividades;
- mudar-se – deslocar a atividade ou o sistema.

Já que o custo da adaptação poderá ser, em alguns casos, bastante elevado, a identificação dos riscos e um rápido planejamento, incluindo ao mesmo tempo as comunidades e a indústria, será essencial para a concepção de estratégias eficientes e permitirá reduzir os custos em longo prazo associados a seu desenvolvimento. Importa que os países disponham de toda a informação de que precisam para participar das discussões e das decisões sobre a adaptação às mudanças climáticas. Maximizando a participação, ajudaremos a auxiliar o desenvolvimento com opções adaptativas e, ao mesmo tempo, minimizaremos os custos econômicos, sociais e ambientais.

Resumindo, diminuir o ritmo da mudança climática pode reduzir de maneira significativa os riscos para os ecossistemas e a sociedade, mas não pode eliminar todos os impactos negativos. Por consequência, a adaptação preventiva pode ser um excelente meio de evitar os perigos potenciais da mudança climática, sobretudo no que diz respeito às decisões em longo prazo relacionadas às infra-estruturas, ou de inverter as tendências sociais que poderiam agravar os perigos. Entretanto, a adaptação continua sendo uma opção de resposta mal compreendida e muitas vezes deixada de lado, tanto nos meios da pesquisa quanto na política. Um primeiro passo em direção à adaptação seria aumentar a capacidade de resposta à variabilidade atual do clima, implementando as instituições e as políticas regulamentares necessárias. Os estudos sobre a adaptação devem também examinar as opções dentro do contexto maior, de um meio ambiente natural e humano evoluindo. Para os ecossistemas naturais tanto costeiros quanto terrestres, as estratégias de resposta eficientes devem levar em consideração os efeitos concomitantes da mudança climática e das mudanças sofridas pelos processos biofísicos, assim como aqueles relativos a outros *stress* (entre os quais a influência direta no homem), em uma perspectiva holística integrada.

Conclusão

Na realidade, a evolução do clima é uma história secularmente atuante (tendo como pano de fundo de um clima que só é estável em longo prazo). História atuante e não obrigatoriamente, como se generaliza muitas vezes, “mudança de clima”. A convergência dos dados e dos pontos de vista dos climatólogos, meteorologistas e dos historiadores inaugura, deste modo, sob o ângulo do clima, uma historiografia específica das condições naturais, uma “história geográfica” ou *geohistória*. Sem querer reconstituir uma história do clima com causalidades simplistas, os cientistas devem utilizar métodos científicos confrontando muitas fontes documentais.

A consideração das questões climáticas em uma perspectiva temporal deve mostrar que as perguntas nunca podem ser separadas do modo que os homens definem e redefinem sempre os usos sociais da natureza. Neste sentido, frente à incerteza do que será o futuro, prestemos atenção ao fato de alguns cientistas, economistas ou políticos aproveitarem-se do real interesse do público no problema do aquecimento climático para elaborar cenários apocalípticos utilizados outrora. Pelo contrário, a incerteza da análise dos peritos talvez ofereça a sua chance ao homem político. A oportunidade não só de gerenciar, mas sobretudo de propor, de inventar e de agir. Isso passa por opções que nem sempre serão fáceis, mas que poderiam prefigurar um modelo de sociedade para o futuro século.

O desafio é muito grande. Convém então reencontrar as bases das antigas civilizações, aquelas que sempre colocaram o homem na natureza e não em posição de ditador arrogante, negociando seu lugar em harmonia com o meio do qual depende. Neste contexto, será que as sociedades ocidentais são capazes hoje de inventar formas de ecodesenvolvimento? Eis aqui um dos desafios do século XXI e respondê-lo releva, em parte, a ação política.

RÉSUMÉ

La realidad del efecto invernadero y del calentamiento global están hoy establecidas. Pero, ¿qué significa eso concretamente para la Tierra, para nuestros países, para nuestras regiones, para nuestros conciudadanos? La primera cuestión que se plantea a los científicos es precisar cómo el cambio climático global se traducirá en escala regional y local para los diferentes países. Esa cuestión es difícil de responder: ¿Cual será el nuevo régimen de precipitaciones, la nueva distribución anual de temperatura, el agravamiento de los riesgos de eventos meteorológicos excepcionales? Las respuestas dadas por los científicos, fundamentadas sobre los datos hoy disponibles, son todavía, a pesar de todo, parciales y muestran tanto el progreso real del conocimiento del tema como la extensión del trabajo de investigación que hay que realizar. Cualquiera que sea el número y realidad de los efectos que el cambio climático tendrá, ello nos obliga a prepararnos para todo orden de consecuencias. Debe quedar claro que eso no debe hacernos perder de vista la necesidad primordial de combatir el mal por la raíz, o sea, de reducir la emisión de los gases del efecto invernadero en escala mundial.

PALABRAS-CLAVE

Cambio global – clima – geografía.

ABSTRACT

The greenhouse effect and the global warming is currently a reality. However, what does this concretely mean to our planet, our countries, our regions, our fellow citizens? The first question to be placed to the scientists is to precise how the global climate change will re ect on regional and local scales for different countries. This question is difficult: what will be the new rainfall patterns, the new yearly temperature division, and the aggravation of abnormal meteorologic events? The answers presented by the scientists today based on the data currently available are still partial and can only show the extension of research work to be completed yet. Whatever the number and variety of effects that a climatic change will have it oblige us to prepare for consequences of all kinds. And this should not prevent us from fighting the problem in its origin, that is, reducing greenhouse effect gases in a worldwide scale.

KEY WORD

Global change – climate – geography.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico

Maria da Graça Barros Sartori

Professora Dra. do Departamento de Geografia - UFSM

Correio eletrônico: magracas@base.ufsm.br

Resumo

Por sua localização em zona de transição, o clima do Rio Grande do Sul recebe a participação de Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) e de Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo em 90% dos dias do ano, proporcionando também a distribuição mensal e anual das chuvas. Os fatores dinâmicos determinam a gênese do clima e controlam a definição e a sucessão dos tipos de tempo e os fatores geográficos regionais (altitude, relevo, continentalidade e vegetação) são responsáveis apenas por variações dos valores dos elementos climáticos. Quinze principais tipos de tempo foram identificados e reunidos em três famílias, de acordo com sua gênese: Tempos Anticiclônicos Polares (6), Tempos associados a Sistemas Intertropicais (3) e Tempos associados às Correntes Perturbadas (6). A sucessão habitual dos tipos de tempo se faz através de ciclos com quatro fases bem características e de duração variável. Por isso, a percepção do tempo pelo homem rural do Rio Grande do Sul, expressa através de ditados/observações/sinais da natureza presentes no seu dia-a-dia, no geral tem sustentação científica, pois a maioria das observações explica-se pelo comportamento habitual da circulação atmosférica regional.

Palavras-chave

Clima – Sistemas Atmosféricos Regionais – tipos de tempo – sucessão habitual – percepção do tempo.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 27-49	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	----------	---------------

Introdução

Caracterizar e compreender a circulação atmosférica na escala regional é fundamental na individualização do clima de qualquer lugar e, portanto, indispensável na definição dos tipos de tempo, em sua sucessão habitual ou nos seus distúrbios de comportamento. As variações do tempo nada mais são que os tipos de tempo ou ambiente atmosférico que acontecem continuamente em determinados lugares ao longo da semana, das horas, dos dias etc. Resultam da circulação atmosférica nas escalas zonal, regional e local, com influência, em maior ou menor grau, dos fatores geográficos do clima. A seqüência de tipos de tempo, de forma cíclica mais ou menos prevista, constitui o que Sorre (1951) definiu como *sucessão habitual dos tipos de tempo* e que é própria de determinado lugar.

Como toda a Região Sul do Brasil, o território sul-rio-grandense situa-se em zona climaticamente de transição e, por isso, as principais características climáticas da área de estudo retem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) quanto dos Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo. Assim, a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha - MPV) ou aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca no regime pluviométrico. Entretanto, ocorre evidente variabilidade têmporo-espacial das precipitações, ocasionando episódios de longas estiagens ou de enchentes, que podem acontecer em qualquer época do ano e que retem alterações na habitualidade da circulação atmosférica nas escalas regional e zonal (Sartori, 1993), em parte provocadas pelos, hoje conhecidos, fenômenos de “El Niño” e “La Niña”.

Esses condicionantes climáticos, de origem dinâmica, determinam as freqüentes e bruscas mudanças de tipo de tempo, provocadas pelos avanços sucessivos dos sistemas frontogênicos durante todo o ano.

Assim, os fatores dinâmicos é que determinam a gênese do clima da região e controlam a sucessão e a definição dos tipos de tempo, que pouca (ou quase nenhuma) interferência sofrem dos fatores geográficos regionais, representados principalmente pela altitude, relevo, continentalidade e vegetação, responsáveis apenas por variações dos valores dos elementos climáticos como temperatura, pressão atmosférica, vento, umidade, entre outros. Por isso, os valores desses elementos são apenas indicadores de determinado estado atmosférico definido pela circulação regional e são maiores ou menores por influência dos fatores de variação.

Pela latitude, o ritmo das estações do ano determina o ciclo das temperaturas médias mensais e anuais, que acompanha as alterações na insolação e na entrada de radiação solar entre os solstícios de inverno e verão, com valores intermediários nos equinócios de primavera e outono.

O comportamento das temperaturas reete o domínio dos Sistemas Atmosféricos, apenas variando de valor em função, principalmente, da altitude e da continentalidade. Os valores mais baixos de temperatura são sempre registrados no topo do Planalto e os mais altos normalmente

ocorrem na Depressão ou Vale do rio Uruguai. Da mesma maneira, a variação espacial da chuva sofre, em parte, a influência do relevo, já que o estado possui a Serra Geral no seu setor central, com alinhamento perpendicular à direção geral de deslocamento das frentes polares, que é principalmente de sudoeste para nordeste (SW => NE) desde o extremo sul do Oceano Pacífico até as latitudes tropicais do Oceano Atlântico, o que determina alterações no volume pluviométrico registrado nas regiões climáticas estado.

Os Sistemas Atmosféricos Regionais e os tipos de tempo

Considerando a abordagem consagrada pela Climatologia Geográfica, os estudos sobre a circulação atmosférica e os tipos de tempo no Rio Grande do Sul restringem-se aos realizados por Sartori (1979; 1980; 1981; 1984; 1986; 1993; 2000). Por isso, essa análise está baseada, essencialmente, nesses trabalhos, cuja abordagem leva em consideração a vinculação genética dos tipos de tempo e, dessa forma, a organização escalar dos Sistemas e Subistemas Atmosféricos, do nível zonal ao local.

Os Sistemas Extratropicais controlam a circulação secundária regional em qualquer estação do ano, e são representados pela Massa Polar Atlântica (MPA), MPV e Frente Polar Atlântica (FPA), esta mais conhecida como Frente Fria. A participação dos Sistemas Intertropicais é pequena, representados pela Massa Tropical Atlântica (MTA), ou Continentalizada (MTAc), Massa Tropical Continental (MTC), Frente Quente de Nordeste e Instabilidades Tropicais, mais atuantes nas fases pré-frontais e por, no máximo, dois dias consecutivos, em qualquer época do ano.

O controle dos tipos de tempo pelos sistemas de origem polar se faz sentir em cerca de 90% dos dias do ano: 39% dos dias sob controle da MPA, 31% sob os efeitos da MPV, 20% dos dias submetidos à FPA. Na primavera e no verão, a maior frequência é da MPV e, no outono e no inverno, é da MPA a liderança; a FPA atua, em média, em 1/5 dos dias do ano, acontecendo, em média, de quatro (4) a seis (6) passagens frontais por mês sobre o estado. Os 10% restantes são divididos entre os Sistemas Intertropicais (origem tropical): a MTA e a MTC participam em cerca de 6% e de 4% dos dias, respectivamente; as Instabilidades Tropicais e as Calhas Induzidas, que se formam no corpo das massas tropicais e polares (MPV), participam em 6% dos dias do ano e ocorrem com maior frequência no verão e primavera.

Verão

No verão (22 de dezembro a 20 de março), compreendendo 89 dias, a participação maior é da MPV que, em média, domina em mais de 45% dos dias da estação. A FPA aparece em segundo lugar no número de dias sob seu domínio, incluindo as situações em que tem deslocamento normal (sem oscilações), com ciclogênese afetando diretamente a região ou como frente estacionária, totalizando mais de 20% dos dias de verão, embora em sua passagem nem sempre se registrem precipitações. A MPA típica tem participação em cerca de 19% dos dias, dominando a região por apenas um ou dois dias (quando diminuem as temperaturas), logo após a passagem da Frente Polar, pois entra rapidamente em processo de tropicalização devido à maior insolação e à maior radiação solar absorvida pela superfície continental

que caracterizam o verão, levando novamente à elevação gradativa das temperaturas máximas e mínimas; algumas vezes, porém, à retaguarda da frente já se desloca um ar polar descaracterizado pelas condições de aquecimento do continente nessa época do ano, o que provoca a maior frequência da MPV nesse período.

Entre os Sistemas Intertropicais, a MTA, incluindo sua interiorização (MTAc), e a MTC são as que têm maior participação na circulação atmosférica regional, dominando em cerca de 5% dos dias cada uma. Esses sistemas, de permanência efêmera, prevalecem na região somente nas fases pré-frontais em substituição à MPV, devido à fusão entre o Anticiclone Polar Atlântico (APA) e o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), gerando um único centro de alta pressão. Quando da sua atuação, registram-se elevação das temperaturas e declínio da pressão atmosférica e da umidade relativa, mais acentuado no domínio da Tropical Continental.

Além das massas de ar de origem tropical, há atuação das Instabilidades Tropicais ou de Noroeste e de Calhas Induzidas em cerca de 7% e 5% dos dias, respectivamente, associadas às fases pré-frontais e independentes da massa de ar dominante. Em geral, esses sistemas de circulação secundária provocam chuvas fortes e rápidas, tempestades e precipitações de granizo, mas localizadas, em razão das nuvens cúmulos-nimbos (Cb) de grande desenvolvimento vertical que as acompanham, geradas por convecção térmica resultante do intenso aquecimento do interior do continente durante o verão.

Outono

Nessa época de transição entre o verão e o inverno, que se estende de 21 de março a 20 de junho (92 dias), os Sistemas Extratropicais continuam a predominar, mas já se verifica maior frequência da MPA, que passa a controlar o tempo na região em mais de 45% dos dias da estação. O aumento na participação da MPA em relação ao verão é explicado pelo início da intensificação do APA, originando Massas Polares mais definidas e persistentes, pois os processos de tropicalização tornam-se mais demorados devido à declinação do sol, que leva à gradativa diminuição da insolação, da entrada de radiação solar e, conseqüentemente, do processo de aquecimento. Com isso, a MPV reduz sua participação no outono para cerca de 30% do total de dias. A FPA mantém sua participação em cerca de 20% dos dias de outono, incluindo as frentes com deslocamento normal, as que estacionam ou formam ciclones frontais sobre o estado ou no oceano próximo ao seu litoral.

Os Sistemas Intertropicais reduzem ainda mais a sua frequência, pois predominam, em média, em apenas 6% a 1% do total de dias, representados pelas massas Tropical Atlântica (MTA e MTAc) e Tropical Continental (MTC), o mesmo acontecendo com as Correntes Perturbadas, como as Frentes Quentes, as Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas.

Inverno

Nos 93 dias de inverno (21 de junho a 21 de setembro), acentua-se a atuação da MPA típica, que predomina em mais de 60% da participação geral dos Sistemas Atmosféricos, evidentemente vinculada à intensificação ainda maior do APA, devido ao resfriamento hibernal que atinge as latitudes médias e altas do Hemisfério Sul. Com a diminuição geral das temperaturas, as altas pressões de origem polar tornam-se mais intensas, fazendo com que

a permanência da MPA seja de até oito (8) dias consecutivos, muitas vezes não chegando a tropicalizar-se com a aproximação de nova FPA, como ocorre nas demais estações do ano. A redução no processo de tropicalização do ar polar faz com que a MPV diminua sua frequência em relação ao verão e outono, passando a dominar em cerca de 11% do total de dias do inverno, pois restringe-se, no máximo, a dois (2) dias consecutivos, a cada domínio da massa polar e sempre nas fases pré-frontais. A participação de FPA é maior no inverno, permanecendo sobre o estado em mais de 22% dos dias, com aumento dos casos de frentes estacionárias e de ciclogêneses (formação de ciclones frontais), situações atmosféricas responsáveis pelos grandes índices pluviométricos que podem ocorrer no inverno. O aumento de perturbações no eixo frontal deve-se, em parte, ao deslocamento do ATA mais para o continente nessa época do ano, opondo-se ao APA e, conseqüentemente, dificultando o avanço normal da FPA.

A MTA mantém frequência similar à do outono, ou seja, domina em 6% do total de dias do inverno e substitui a MPV nas fases pré-frontais. Ao contrário, a Massa Tropical Continental tem participação ainda menor, o que atesta o retraimento latitudinal da Baixa do Chaco mais para o norte, situação oposta à do verão. As Correntes Perturbadas, como Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas, controlam cerca de 3% dos dias e são responsáveis pelas chuvas e/ou granizo que antecedem a FPA, muitas vezes confundindo-as, sem que se saiba quais as chuvas relacionadas às perturbações pré-frontais e quais as provenientes da passagem de Frente Fria.

Primavera

Devido ao gradativo aquecimento continental na primavera (22 de setembro a 21 de dezembro) em todo território brasileiro, a MPA perde sua liderança na frequência para a MPV, pois, embora sendo época transicional, como o outono, a participação do ar polar tropicalizado é bem maior nesta estação que naquela. Assim, na maioria das vezes, a MPV domina de 1 a 6 dias após a permanência de 1 a 4 dias da MPA ou logo depois da passagem da Frente Fria, controlando o tempo na região em cerca de 45% do total de 90 dias de primavera. Por conseqüência, verifica-se redução na frequência da MPA, predominando em cerca de 30% dos dias, enquanto a FPA mantém sua participação e domina as condições de tempo em 20% dos dias, na média.

Em oposição às características do inverno e mesmo do outono, a Massa Tropical Continental aumenta sua participação na primavera, especialmente em novembro e dezembro, em substituição à MPV. Embora de pouca duração (1 dia), os dias sob seu domínio são quase sempre os que registram as maiores temperaturas e as mais baixas pressões, com ressecamento significativo do ar, correspondendo às fases pré-frontais. A MTA, as Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas, por outro lado, não aumentam suas frequências em relação às demais estações.

Em função dessa frequência de participação dos Sistemas Atmosféricos na região e da análise do encadeamento seqüencial e simultâneo do comportamento dos elementos climáticos e dos sistemas atuantes ao longo de um ano-padrão habitual, Sartori (1979; 1981, p. 101-110) identificou quinze tipos de tempo básicos, reunidos em três grandes famílias, associadas aos dois grandes grupos de Sistemas Atmosféricos que influenciam a América do Sul:

- 1) aos Sistemas Extratropicais, com seus mecanismos frontais, instabilizadores do tempo (FPA), e seus domínios anticiclônicos polares de ações estabilizadoras (MPA);
- 2) aos Sistemas Intertropicais, com seus domínios tropicais marítimos (MTA), estabilizadores do tempo, e suas correntes tropicais continentais (MTC), com vientos de oeste e noroeste responsáveis, em parte, por fortes aquecimentos pré-frontais, instabilizadores do tempo antes de passagens frontais.

Dessa forma, os tipos de tempo mais comuns e mais facilmente identificáveis representam respostas regionais fornecidas pelos elementos do clima ao avanço e domínio no estado desses Sistemas Atmosféricos. Cada tipo de tempo apresenta certas particularidades que o individualiza e que são específicas de cada massa de ar atuante. As características de cada um dependem, em parte, da posição e trajetória dos sistemas dominantes ou coexistentes e a nomenclatura utilizada para cada tipo de tempo é própria da autora, visto não existir terminologia climatológica a esse respeito. Os estudos dessa natureza são esparsos no Brasil, refletindo realidades regionais diferentes no que se refere à circulação atmosférica e, assim, ainda não há uniformidade de vocabulário para designar os tipos de tempo.

Tempos Anticiclônicos Polares

Resultantes do domínio do APA e da correspondente MPA, compreendem seis tipos de tempo.

1 - *Tempo Anticiclônico Polar Típico* – caracterizado por altas pressões motivadas pelo estabelecimento do centro do APA sobre a região, ventos leves do quadrante sul, muitas calmas, abaixamento significativo das temperaturas mínimas e máximas, céu limpo, que determina grande amplitude térmica pelo intenso balanço positivo de radiação, durante o dia, e o forte balanço negativo de radiação, à noite. Esta condição atmosférica favorece a formação de orvalho e/ou geadas e/ou nevoeiros, dependendo da temperatura da própria massa de ar e da época do ano. Está associado à atuação das Massas Polares mais ou menos úmidas, dependendo da trajetória em que o APA acontecer, pelo oceano ou pelo interior do continente.

2 - *Tempo Anticiclônico Polar Marítimo* – está relacionado ao domínio na região da MPA típica (marítima) com o centro do APA sobre o oceano, mas próximo ao continente, na latitude do Estuário do Prata e Uruguai. Caracteriza-se por declínio de temperatura, ventos de leste (E), sul (S) e sudeste (SE) leves a fracos, pressão atmosférica em alta, mas com valores absolutos inferiores ao tipo anterior, umidade relativa média em torno de 70% e céu limpo, que favorece a insolação diária e o balanço positivo de radiação, provocando temperaturas máximas em geral acima de 20°C, grande amplitude térmica e, à noite, intenso balanço negativo de radiação. Dependendo da temperatura da massa de ar e da época do ano, pode ocorrer geada, orvalho e/ou nevoeiro.

3 - *Tempo Anticiclônico Polar Continental* – associa-se à Massa Polar Continental, assim definida pela trajetória continental assumida pelo APA, que no inverno atinge muitas vezes o estado, trazido pelo reforço no abastecimento do ar polar, quando a Massa Polar Pacífica extravasa sobre a Cordilheira dos Andes, originando um subcentro de alta pressão sobre o norte da Argentina. Esse ar polar proveniente do interior do continente se incorpora à massa da vertente atlântica e determina tipo de tempo caracterizado por ventos de oeste (W) e sudoeste

(SW), de leves a moderados, temperaturas mínimas de 0°C ou menos, alta pressão, umidade relativa mais baixa que a registrada no Anticiclônico Polar Marítimo. Quando os ventos são leves ou há calmas, ocorrem fortes geadas; quando moderados e regulares, provocam o vento regional conhecido como Minuano. É o tipo de tempo que registra as menores temperaturas na Região Sul do Brasil.

4 - *Tempo Anticiclônico Polar Pós-Frontal* – mais comum no outono-inverno, ocorre logo após a passagem do eixo da FPA sobre a região central gaúcha, encontrando-se sobre o norte do Rio Grande do Sul e mesmo sobre Santa Catarina, com o centro do APA no oceano, na latitude da Argentina, mas próximo ao continente. Essa organização atmosférica proporciona ventos de leste (E) e sudeste (SE), moderados a regulares, céu completamente encoberto, com garoa (chuva leve, chuveiro) ou nevoeiro, pressão baixa em relação aos dias anteriores e posteriores e pequena amplitude térmica, motivada pela alta nebulosidade. Em geral, está associado à MPA que traz, por advecção, ar úmido do oceano, favorecendo a ocorrência de nevoeiros e garoa. Esse tipo de tempo persiste, no mínimo, dois dias.

5 - *Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização* – está ligado ao domínio da MPV, registrando aumento das temperaturas máximas (> 25°C) e mínimas (> 15°C), podendo as máximas absolutas serem superiores a 30°C, com grande amplitude térmica, céu limpo, diminuição da umidade relativa especialmente à tarde (< 60%), pressão atmosférica em declínio em relação aos dias anteriores, ventos de leste (E) e nordeste (NE) fracos e calmas, com formação de orvalho. Quando em fase pré-frontal, podem ocorrer chuvas provocadas por Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas, definindo-se, então, os fluxos de norte (N) e noroeste (NW) até muito fortes, muitas vezes com rajadas superiores a 80 Km/h; a umidade relativa cai a valores inferiores a 45% e a nebulosidade aumenta gradativamente, surgindo as nuvens altas e médias. É a condição atmosférica em que se define o conhecido *Vento Norte*.

6 - *Tempo Anticiclônico Aquecido* – é uma variação do Tempo Anticiclônico Típico, motivado pelo aquecimento do ar de origem polar sobre o continente nas latitudes subtropicais e tropicais e conseqüente enfraquecimento do APA. Caracteriza-se pela presença do centro do Anticiclone Polar sobre a região e é associado ao domínio da MPV, registrando elevação moderada da pressão atmosférica (inferior ao típico), céu limpo, ventos leves e calmas, com grande amplitude térmica pelo aumento das temperaturas máximas e declínio das mínimas, porém ambas mais elevadas que no Anticiclônico Típico.

Tempos Associados a Sistemas Intertropicais

Resultantes do domínio do ATA e da correspondente Massa Tropical Atlântica, marítima (MTA) ou Continentalizada (MTAc) e do aprofundamento e expansão da Depressão do Chaco, a qual origina a Massa Tropical Continental (MTC).

1 - *Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo* – estado atmosférico semelhante ao do Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização, mas relacionado ao domínio na região da MTA, que origina tempo bom, com fluxos predominantemente de nordeste (NE) e leste (E) leves, temperaturas elevadas (entre 19°C e 35°C), céu limpo e formação de orvalho. Em geral, tem duração efêmera, isto é, no máximo dois dias, em virtude de anteceder a chegada da FPA, substituindo a MPV na fase pré-frontal, quando se dá a fusão do Anticiclone Polar com o ATA.

2- *Tempo Anticiclônico Tropical Continentalizado* – individualiza-se por estar relacionado à MTA, que sofreu os efeitos do aquecimento continental ao se interiorizar, tornando-se menos úmida. Isto acontece quando o setor oeste do ATA avança sobre o território brasileiro, passando a massa de ar, originalmente marítima, a comportar-se como continental. Acontece na fase pré-frontal, como o anterior, apresentando temperaturas elevadas em que as máximas nunca são inferiores a 30°C, pressão atmosférica baixa, ressecamento do ar (UR < 50%), ventos do quadrante norte, céu limpo, podendo sofrer influência de Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas.

3- *Tempo Depressionário Continental* – resulta da expansão da Massa Tropical Continental, devido ao aprofundamento da Depressão do Chaco, que eventualmente atinge o Rio Grande do Sul. Esse tipo de tempo é dos mais característicos, pois as temperaturas máximas são quase sempre superiores a 35°C, com pressão atmosférica muito baixa (inferiores às demais situações pré-frontais sob domínio da MPV, da MTA ou da MTAc), baixa umidade relativa pela origem continental da massa de ar e pela forte insolação, ventos do quadrante oeste (W e NW) de intensidade variável.

Tempos Associados às Correntes Perturbadas

Individualizam-se pela atuação das Correntes Perturbadas de Sul, representadas pelas frentes polares (FPA), responsáveis pela maior parte das precipitações no Sul do Brasil. A direção de deslocamento das frentes polares é, principalmente, de sudoeste para nordeste e, dependendo da atividade dos centros de altas pressões envolvidos, podem ser individualizados seis tipos de tempo frontais.

Os principais estados de tempo associados às Correntes Perturbadas de sul são em número de seis, relacionados, portanto, ao avanço da MTA (marítima ou continentalizada) e dos avanços frontais polares, que, dependendo do acúmulo de ar frio no Anticiclone Polar (APA) e da época do ano, podem facilitar ou não a propagação da Frente Fria (FPA). Isto ocasiona tipos de tempo diferentes, principalmente no que se refere ao comportamento da frente, à presença ou não de ciclones frontais (ciclogêneses) e oclusões no seu eixo e à posição dessas perturbações em relação ao estado.

1 - *Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada* – provocado pela passagem normal da FPA, sem estacionar sobre o estado, originando densa nebulosidade e chuvas de volume razoável (> 50 mm), com relâmpagos e trovoadas, provocadas tanto por nuvens estratiformes (nimbo-estratos) quanto cumuliformes (cúmulos-nimbus), após fase pré-frontal bem definida, com ventos do quadrante norte. Dependendo da época do ano e da intensidade do aquecimento pré-frontal, as nuvens cúmulos-nimbos podem provocar temporais com chuvas fortes e queda de granizo. Não ocorre recuo da FPA e os ventos geralmente são variáveis em direção e intensidade, com pequena amplitude térmica. A esse tipo de tempo frontal, com duração de, no máximo, dois dias, segue-se o domínio da MPA.

2 - *Tempo Frontal de Sudoeste de Fraca Atuação* – resultado de frontogênese incipiente ou fraca, esse tipo de tempo frontal também associa-se à atuação da FPA sobre o estado, normalmente antecedido por fase pré-frontal com ventos fracos e calmas. Define-se pela passagem rápida da frente que, no entanto, pode recuar no dia seguinte para posterior avanço.

As chuvas quase sempre são leves, esparsas ou ausentes, seguidas de pequeno abaixamento das temperaturas, associadas ao domínio de MPA pouca intensa ou mesmo de MPV.

3 - *Tempo Frontal Estacionário* – resulta da permanência por, pelo menos, três dias da FPA sobre o estado, provocada pelo fraco fluxo polar ou bloqueio da circulação atmosférica regional pela influência, por exemplo, do fenômeno El Niño, originando um tipo de tempo muito úmido, com chuvas de intensidade variada, ora mais fortes ora mais leves, nevoeiros, ventos variáveis ou de leste (E) e sudeste (SE), geralmente fracos, temperaturas em declínio, mas pequena amplitude térmica diária.

4 - *Tempo Frontal de Nordeste* – relaciona-se à participação de uma frente quente, resultante do recuo da Frente Polar para o estado depois de já estar sobre Santa Catarina ou Paraná, caracterizando-se por chuvas fortes, relâmpagos e trovoadas, baixas pressões em relação aos dias anteriores, ventos variáveis em direção e intensidade e pequena amplitude térmica (22° a 27°C). Em geral, é antecedido pelo Tempo Frontal de Sudoeste ou Estacionário, ou ainda pelo Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização e, às vezes, precedido do Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo ou Continentalizado, devido ao domínio da MTA.

5 - *Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Direta* – esse tipo de tempo também é provocado pela FPA com formação de ciclone frontal (ciclogênese), que se encontra sobre o Rio Grande do Sul, resultando em céu totalmente encoberto, com chuvas fortes (> 50 mm), ventos de várias direções e de diferentes intensidades, que podem chegar a altas velocidades, devido à circulação ciclônica no sistema de Baixa Pressão dominante. Esse comportamento da circulação atmosférica determina pressão baixa em relação aos dias anteriores, temperaturas estáveis em comparação com a fase pré-frontal e, não raro, provoca vendavais ao longo da trajetória seguida pelo ciclone frontal. É precedido de MPA ou MPV, de acordo com a época do ano ou com a atividade do Anticiclone Polar.

6 - *Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Indireta* – acontece quando o ciclone frontal da FPA está posicionado no oceano, na latitude do Rio Grande do Sul e Uruguai, com apenas o ramo continental da Frente Fria afetando o estado. A circulação ciclônica do ar no sistema de Baixa Pressão determina forte advecção de ar úmido do oceano em direção ao continente, que influencia no tempo de todo o estado, mantendo-se totalmente encoberto, mas com chuvas leves (ou garoa) e ventos variáveis de moderados a fortes, em função da maior ou menor proximidade do ciclone frontal em relação ao continente. Esse tipo de circulação atmosférica é responsável por grandes “ressacas” no mar ao longo do litoral da Região Sul e Sudeste, à medida que o sistema avança em direção às latitudes mais baixas.

Sucessão típica do tempo no Rio Grande do Sul

De acordo com sua posição latitudinal em relação aos avanços das Massas Polares e a ampliação eventual da área de domínio das massas tropicais, o ritmo de evolução dos estados atmosféricos no território sul-rio-grandense resulta no mecanismo de sucessão dos tipos de tempo, que se manifesta através de ciclos com fases bem características e de durações variáveis.

A seqüência habitual escolhida, num ciclo de quatro fases, é a mais freqüente no estado e, por isso, serve como modelo de evolução do tempo associado ao avanço normal

e característico de uma FPA no Sul do Brasil, com posterior domínio das Massas Polares (marítima ou continental), que acabam se tropicalizando antes da chegada de nova Frente Fria. Pelo menos mais duas sucessões típicas podem ocorrer com maior frequência.

A cadeia de tipos de tempo que se desenvolve é a ideal para as necessidades hídricas, térmicas e de insolação para as culturas especialmente de inverno no Rio Grande do Sul, visto que ocorrem boas precipitações na fase frontal e ótima insolação nas demais fases, bem como grande resfriamento no domínio polar e elevação significativa da temperatura na fase pré-frontal. Essas condições favorecem o crescimento vegetal e o desenvolvimento dos grãos, dando boa produtividade nas lavouras e maior densidade de massa verde nas pastagens artificiais, pelo favorecimento da fotossíntese.

1ª fase - Pré-frontal

Essa fase, com duração de 1 a 3 dias, caracteriza-se pelo aquecimento pré-frontal e tipo de tempo muito bem definido: pressão atmosférica em declínio contínuo e gradativo, ventos do quadrante norte (N ou NW), re etindo a atração exercida pelas baixas pressões da descontinuidade frontal sobre os fluxos de ar da massa dominante (polares ou tropicais), com velocidades variáveis ou calmas, temperaturas máximas (maior que 25°C) e mínimas em elevação, podendo produzir uma “onda de calor”, declínio acentuado da umidade relativa das 15 horas (< 50%) e aumento gradativo da nebulosidade até o céu tornar-se totalmente encoberto com nuvens Sc, Ns e Cb, que indicam chuva. Esse estado da atmosfera caracteriza, mais comumente, o Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização (Massa Polar aquecida).

O quadro sinótico mais comum mostra o centro do APA (já enfraquecido pelo aquecimento basal) posicionado sobre o litoral brasileiro, desde o Paraná até o sul da Bahia, no oceano ou abrangendo parte do continente, tendo a sua dianteira uma Frente Fria em dissipação no interior do nordeste, definida como Frente Polar Re exa (FPR). O ATA encontra-se deslocado para as proximidades da África.

Pode ocorrer a dissipação total dessa frente, acarretando a fusão do APA com o ATA e o conseqüente domínio da massa tropical nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, com definição do Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo ou do Tempo Anticiclônico Tropical Continentalizado (resultante da ampliação da área de influência da massa tropical pelo interior do Brasil).

A Frente Polar que passou sobre o estado em dias anteriores encontra-se, portanto, em frontólise no litoral do NE e uma nova FPA, em frontogênese sobre a Argentina (Estuário do Prata) ou Uruguai, desloca-se em direção ao Sul do Brasil, resultante da intensificação do ramo do Atlântico (APA) do novo Anticiclone Migratório Polar, com reforço advindo do seu ramo Pacífico ao transpor os Andes, no Chile meridional.

Associadas aos fluxos de direção predominantemente N e NW, podem ocorrer precipitações pré-frontais provocadas por Instabilidades Tropicais ou Calhas Induzidas no corpo da massa de ar dominante, seja Polar Velha ou Tropical, já que é fase de forte aquecimento. Essas instabilidades deslocam-se lentamente de NW para SE, em uma trajetória perpendicular ao eixo da FPA.

2ª fase – Frontal

Define-se pela passagem da FPA sobre o Rio Grande do Sul, que fica sob o domínio desta descontinuidade frontal, impondo-lhe um tipo de tempo característico. Os ventos são variáveis em direção e velocidade, a pressão atmosférica alcança os valores mínimos do episódio, o céu apresenta-se encoberto com nuvens Sc, Ns e Cb e precipitações de maior ou menor intensidade (que também podem não ocorrer), determinando pequena amplitude térmica pela ausência de insolação direta e fraca irradiação terrestre. É o domínio dos Tempos Frontais de Sudoeste de Atuação Moderada ou de Fraca Atuação.

A Frente Polar, em frontólise no litoral do Nordeste (FPR) na fase anterior, desloca-se para o Oceano Atlântico onde, se acontecer a dissipação total, provocará a fusão do APA com o ATA, passando a dominar a MTA na Região Nordeste, Sudeste, parte da Centro-Oeste e da Sul (Santa Catarina e Paraná). Em geral, a passagem frontal é relativamente rápida, provocando trovoadas e chuvas fortes e espaçadas, dependendo da potencialidade do avanço da MPA graças à continuidade no abastecimento e acúmulo de ar frio no APA, a sua retaguarda.

Apesar de habitualmente ocorrerem chuvas fortes, há episódios em que elas podem ser tão pouco significativas, em termos de volume acumulado, que não chegam a ser suficientes para repor as necessidades hídricas do solo, principalmente se acontecer uma seqüência de vários ciclos semelhantes.

As pressões no APA são altas (> 1028 hPa), determinando forte gradiente barométrico latitudinal e significativas diferenças em relação ao ATA, o que facilita o avanço da Massa Polar, que poderá atingir baixas latitudes, tanto pela trajetória do interior como pela litorânea. Os eventos do El Niño podem dificultar o avanço das Massas Polares ao intensificar os sistemas das altas pressões subtropicais, o que provoca o estacionamento das frentes polares no Sul do Brasil.

3ª fase – Domínio Polar

Corresponde às condições de tempo impostas pelo domínio absoluto da MPA no Rio Grande do Sul, após o mau tempo provocado pela passagem da FPA e seu posterior deslocamento até baixas latitudes, resultando em significativo declínio das temperaturas máximas e mínimas, que podem atingir valores negativos. Há elevação da pressão atmosférica, pelo domínio do APA, ventos do quadrante sul (S, SE e SW) ou calmas, céu totalmente limpo, o que permite inversões de temperatura à noite, favorecendo a ocorrência de geada, orvalho, nevoeiro e até mesmo neve nas regiões mais elevadas do Planalto Meridional (nordeste do estado).

Esse estado da atmosfera caracteriza os tipos de tempo de origem polar definidos como Tempos Anticiclônicos Polar Continental, Polar Típico ou Polar Marítimo. A distinção entre eles se faz pelo comportamento das variáveis climáticas, especialmente das temperaturas mínimas, intensidade das geadas, umidade, direção e velocidade do vento, determinadas pelo abastecimento de ar e trajetória do Anticiclone Polar pelo interior, litoral ou oceano. Por exemplo, o Tempo Anticiclônico Polar Continental caracteriza-se por apresentar temperatura e umidade mais baixas, ventos de oeste e sudoeste de fracos a moderados (vento Minuano) e grandes geadas, resultante da trajetória da Massa Polar pelo interior do continente ao receber reabastecimento de ar da Massa Polar Pacífica ao transpor os Andes meridionais para a Patagônia.

4ª fase – Transicional

Representa uma fase de transição entre o domínio da Massa Polar típica, com suas baixas temperaturas, e nova fase pré-frontal, com seu correspondente aquecimento. Caracteriza-se pelo domínio da Massa Polar modificada pelo aquecimento basal sobre latitudes mais baixas (Polar Velha ou Tropicalizada) em função do tempo de permanência do ar frio no Sul do Brasil. Pela natureza da superfície e insolação facilitada pela limpeza do céu, a Massa Polar é mais intensamente modificada no interior do continente, apresentando-se, aí, mais quente e seca.

Sinopticamente, a FPA que atingiu o estado na segunda fase (eixo re exo) mantém-se ativa pelo ramo litorâneo acima do Trópico de Capricórnio, tendo avançado mais pelo interior do continente até baixas latitudes, onde entra em processo de dissipação. O sistema frontal, estendendo-se ao longo de uma direção geral NW-SE, separa a MTA, que domina nas regiões NE, C-O e SE, da MPV, cujo Anticiclone acha-se na latitude da Região Sul, com centro posicionado no oceano e, eventualmente, no continente. A nova FPA começa a deslocar-se sobre a Argentina.

Essa situação provoca um tipo de tempo caracterizado por ventos leves de E e NE, devido à circulação anticiclônica, calmas, céu limpo, que favorece a elevação das temperaturas máxima e mínima, com grandes amplitudes térmicas, formação de orvalho e declínio da umidade relativa. As pressões apresentam-se mais ou menos altas pela proximidade do centro do Anticiclone Polar em relação ao estado. Essa condição atmosférica corresponde ao Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização (centro do APA no oceano) ou ao Tempo Anticiclônico Aquecido (centro do APA sobre o Rio Grande do Sul).

Embora essa sucessão de tipos de tempo seja a mais habitual no Rio Grande do Sul ao longo do ano, algumas situações de tempo afetam o conforto e bem-estar da população, provocando reações psicofisiológicas que, por sua vez, dependem da tempo-sensibilidade de cada indivíduo. Essas situações são episódios de duração variável, em que as mesmas condições permanecem por alguns dias, como as *ondas de frio*, *ondas de calor*, *veranico de maio*, *vento Minuano* e *Vento Norte*.

As ondas de frio representam períodos de duração variável (de 3 a 9 dias) com fortes quedas das temperaturas, embora na maioria dos casos não ultrapasse 4 dias. Comumente, ocorrem de meados do outono até início da primavera (maior frequência em julho), quando se intensificam os gradientes térmicos entre as altas e baixas latitudes, estimulando as invasões dos anticiclones polares (APA). No Rio Grande do Sul, a queda das temperaturas deve obedecer a certos limites para que se enquadre como “onda de frio”: nas regiões de médias e baixas altitudes as mínimas devem descer, em 24 horas, a 3°C, pelo menos, e no rebordo e topo do Planalto Meridional devem atingir os 0°C. Porém, Machado (1950), analisando dados de 1912 a 1948, já chamava a atenção para o fato de que em muitos anos elas não aconteceram, o que significa que não é um fato climático com ocorrência obrigatoriamente anual. Portanto, nem todos os domínios de Massas Polares provocam abaixamentos de temperatura capazes de caracterizar típicas ondas de frio, pois dependem da trajetória do anticiclone ou da posição do seu centro, onde o frio é mais intenso. Por outro lado, no decorrer de um mesmo ano, pode acontecer mais de uma onda de frio.

Na maioria das invasões polares, os Anticiclones Migratórios têm trajetória marítima e penetram pelo sul e sudeste do estado. Nesse caso, por ser a massa fria mais úmida, não provoca

temperaturas muito baixas, principalmente as mínimas nos limites exigidos. Pode-se, então, afirmar que uma onda de frio ocorre quando, ocasionalmente, o APA recebe reabastecimento do Anticiclone Polar Pacífico (APP), penetra pelo interior do continente, deslocando-se ao longo da vertente leste dos Andes, ganha características de massa continental e impõe ventos de sudoeste e oeste ao Rio Grande do Sul (Sartori, 1981). O ar frio e seco penetra para substituir o ar quente que domina o Sul do Brasil e provoca altas temperaturas para a época do ano, intensificando as baixas pressões pré-frontais e os ventos do quadrante norte.

Ao contrário, as *ondas de calor* representam elevação das temperaturas acima de certos limites ao longo de períodos de duração variável (3 a 7 dias consecutivos), mais comuns no verão (do final da primavera até início do outono), podendo ocorrer, entretanto, em qualquer época do ano. Os limites considerados para caracterizar uma onda de calor no estado são: em áreas de médias e baixas altitudes, as temperaturas máximas e mínimas devem ser superiores a 33°C e 22°C, respectivamente; nas serras e Planalto Meridional, as máximas e mínimas devem ser superiores a 30° e 19°C, respectivamente. Em quase todos os meses do ano, são comuns temperaturas máximas muito altas para a estação, sem que isto represente uma onda de calor, por não atender aos limites propostos (as mínimas não atingem os 22°C) e às condições de duração (3 dias, no mínimo). Além disso, a maioria das máximas absolutas do ano ocorrem em episódios que não correspondem, necessariamente, às ondas de calor, pois elas também dependem muito da trajetória e da posição do centro do sistema de pressão, que controla o tipo de tempo dominante.

Por isso, pode-se afirmar que as causas determinantes das ondas de calor na região central e em todo o Rio Grande são: 1) domínio persistente, por ordem de importância, da MPV, da MTAc ou da Tropical Continental (MTC), imposto pelo seu lento deslocamento; 2) efeito da continentalidade, que, pela manutenção das condições de céu limpo, provoca o superaquecimento da massa de ar dominante nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A organização dos Sistemas Atmosféricos persiste por vários dias em função da fraca atividade dos Anticiclones Polares, únicos capazes de impor mudanças nas condições de tempo ao invadirem a região com maior energia. Em certas ocasiões, um fraco APA com Massa Polar descaracterizada e aquecida (MPV) invade o estado, sem provocar frontogênese pela falta de contraste com o centro de ação e a massa de ar dominante, mantendo as condições de tempo bom e quente por mais alguns dias, o que resulta na fusão da APA com a ATA (Sartori, 1979; 1981; 1993). A manutenção do tempo bom gera estiagem, mais ou menos prolongada, repercutindo nas atividades do meio rural, em face do calor e da alta evaporação que comprometem o balanço hídrico do solo.

Quando no final do outono, ou mesmo no decorrer do inverno, há leve estiagem com temperaturas em gradativa ascensão, após período(s) com temperaturas relativamente baixas, ocorre o chamado *veranico de maio*. Caracteriza-se pela presença de céu limpo, com ou sem névoa, estabilidade do ar, ventos fracos ou calmaria, temperaturas máximas e mínimas superiores a 25°C e 12°C, respectivamente, semelhante às condições de tempo do verão, por 4 dias no mínimo (Machado, 1950, p. 21). As causas são, praticamente, as mesmas que resultam em ondas de calor, porém, no “veranico”, os limites das temperaturas máximas e mínimas são mais baixos e ocorrem após os primeiros episódios de temperaturas baixas, que denunciam o início da intensificação dos gradientes térmicos do Hemisfério Sul e da atividade dos Sistemas Extratropicais.

O Minuano é frio e seco, com velocidades de moderadas a regulares, tem direção oeste ou sudoeste e está associado à penetração da MPA pelo interior do continente, ao receber reforço da Polar Pacífica quando extravasa por sobre os Andes Meridionais, ganhando características continentais (Sartori, 1979; 1980; 1981). Por isso, ocorre no inverno e aparece após a passagem da FPA, sob domínio polar, porém não em todos, pois as condições necessárias para que se manifeste devem atender ao especificado acima. É responsável por ondas de frio e por sensações térmicas de muito frio, resultante do efeito de resfriamento proporcionado pelo vento (*wind-chill*), que é tanto maior quanto maior for sua velocidade.

Entre os ventos locais e/ou regionais do Rio Grande do Sul, destaca-se o *Vento Norte*, que se manifesta nas fases pré-frontais, desenvolvendo, em algumas ocasiões, rajadas de grande velocidade.

O mecanismo de formação do *Vento Norte* típico, em nível zonal, depende das condições normais da circulação regional, pois há necessidade de que os Sistemas e Subsistemas Atmosféricos da América do Sul estejam organizados, de modo a permitir frontogêneses bem desenvolvidas e gradientes de pressão eficazes. Qualquer fato que ocorra na interface atmosfera/superfície terrestre pode repercutir substancialmente na organização desses sistemas e, por conseguinte, na circulação regional habitual. É o caso dos eventos “El Niño” e “La Niña”, que desorganizam o posicionamento e a atividade dos centros de ação zonais, não permitindo, na escala regional, a definição dos típicos episódios de *Vento Norte* no Sul do Brasil.

Assim, na escala regional e sob condições de circulação normal, esse vento está associado, predominantemente, ao domínio da MPV (tropicalizada ou aquecida) e MTAc, principalmente no outono/inverno/primavera, época do ano em que há maior atividade do APA e do ATA, com fortes gradientes térmicos latitudinais e interiorização dos fluxos das referidas massas de ar, em função da circulação anti-horária das altas pressões do Hemisfério Sul. Os centros de ação mais ativos, expandindo-se em direção às superfícies menos quentes dos continentes, e o aumento dos gradientes térmicos devido à época do ano provocam, por sua vez, fortes gradientes barométricos latitudinais, que repercutem em intensas frontogêneses e aprofundamento da Baixa do Chaco, fato identificado em cartas sinóticas analisadas em vários eventos de *Vento Norte* típico.

As condições de circulação regional são responsáveis pelo aumento da velocidade do vento, como se uma força muito poderosa “sugasse” o fluxo de ar em direção ao sul. Essa força é representada pelas pressões muito baixas da faixa de descontinuidade frontal (FPA) e da própria Depressão do Chaco, que se amplia sempre que as frontogêneses venham a desenvolver-se bem. É como se caracterizam algumas situações pré-frontais no Rio Grande do Sul, com grande aquecimento e vento norte forte.

Os estados de tempo nas situações pré-frontais, com participação efetiva do *Vento Norte* regional, foram descritos em detalhe por Sartori (1981; 1993), especialmente ao serem propostos três exemplos de sucessões mais típicas do tempo no inverno do Rio Grande do Sul, que podem ser estendidas para o outono e a primavera.

A expansão das massas de ar Polar Velha ou Tropical Atlântica pelo interior do continente, nas latitudes tropicais e subtropicais, é que lhes imprimem características continentais, tornando-as, além de mais quentes, menos úmidas ou mesmo secas. A associação entre a maior velocidade do vento, a alta temperatura e o ar mais seco gera o *Vento Norte* regional, causando desconforto ou mal-estar para a maioria da população ou conforto e bem-estar para algumas pessoas.

Não obstante, esse vento ganha características ainda mais específicas na região central do estado, especialmente em Santa Maria, em função de alguns condicionantes geoambientais locais, representados pelo relevo e pela presença da cidade.

Os atributos climáticos básicos

Sabe-se que o mecanismo sazonal de atuação dos Sistemas Atmosféricos regionais é responsável pela gênese dos estados de tempo, que caracterizam o clima ao longo do ano no Rio Grande do Sul. Esses fatores de natureza dinâmica associados aos de natureza geográfica, especialmente latitude, altitude, relevo, continentalidade e vegetação, determinam os atributos climáticos básicos do estado. Os dados abaixo apresentados estão baseados nas Normais Climatológicas do Inemet (1992), nos dados normais do Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul (1989) e nas informações encontradas em Sartori (1979; 1980; 1981; 1993; 2000).

=> Nos invernos, a temperatura média do mês mais frio (julho) fica entre 10° e 15°C e a média das mínimas entre 6° e 10°C, provocadas pelas invasões periódicas do APA.

=> Nos verões, a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C, na maior parte do estado, e a média das máximas varia entre 28°C, no topo do Planalto Meridional (acima de 500m) e Planície Litorânea, e 32°C na Depressão Central, Campanha e Vale do Uruguai, provocadas pelo superaquecimento continental das Massas Polares (Polar Velha) ou pelo domínio eventual, portanto em menor frequência, de massas tropicais (MTA ou MTC).

=> As temperaturas médias anuais variam entre 14°C e 18°C, no topo do Planalto Meridional e Serra do Sudeste, e entre 18°C e 20°C na Depressão Central, Campanha, Vale do Uruguai e Planície Litorânea.

=> As médias das máximas/ano variam entre 20°C e 28°C, enquanto as médias das mínimas/ano situam-se entre 9°C e 15°C. Essa amplitude térmica é significativa e reflete as variações de entrada de energia solar entre os solstícios e os equinócios, bem como a atuação e características das massas de ar sobre a região. Por exemplo, nas fases pré-frontais, em qualquer uma das estações do ano, o superaquecimento da massa de ar dominante (MPV ou MTAc) pode provocar temperaturas frequentemente superiores a 30°C, mesmo no inverno. Por outro lado, as invasões periódicas das Massas Polares determinam, na maioria dos casos, abaixamentos das temperaturas, com mínimas que podem chegar a valores negativos, responsáveis pelas geadas.

=> Acontecem, em média, de 1 a 5 geadas por ano na maior parte da Planície Litorânea, de 5 a 10 na Depressão, de 10 a 15 na maior parte do estado, especialmente no Planalto, e mais de 15 geadas/ano na Serra do Nordeste, Campanha e Serra do Sudeste (efeito da altitude e da latitude), entre o outono e a primavera.

- => As precipitações anuais, entre 1.250 mm (Planície Litorânea) e 2.250 mm (Serra do Nordeste), são essencialmente de origem frontal (FPA) e se distribuem ao longo do ano, sem secas sazonais definidas. Porém, pela frequência, novembro é o mês menos chuvoso e setembro/outubro os mais chuvosos na maior parte do estado; no baixo Vale do Uruguai, março e abril são os meses mais chuvosos e junho e setembro na Planície Litorânea, enquanto os menos chuvosos no Vale do Uruguai são julho e agosto (Sartori, 1993).
- => O número médio de dias de chuva por ano varia entre 75 (Vale do Uruguai) e 130 (Planalto e Serra do Nordeste), distribuído equitativamente ao longo das estações do ano.
- => A umidade relativa varia entre 70% e 85%, sendo, evidentemente, menor no verão e maior no inverno.
- => Os ventos predominantes na maior parte do Rio Grande do Sul são de E e de SE, com velocidade média de 1,5 a 2,0 m/seg., na Depressão, e de SE, no Planalto Meridional, com média de 2 a 4 m/seg. Este fato reete a posição e permanência dos Anticiclones Polares sobre as latitudes da Região Sul e Sudeste do Brasil, centrados, na maior parte do ano, sobre o Oceano Atlântico, cuja circulação anti-horária impõe uxos predominantemente do quadrante leste a todo o estado. A maior frequência dos ventos de leste na Depressão deve-se ao condicionamento imposto pela direção geral E-W do rebordo do Planalto, que provoca a in exão dos ventos S e SE, canalizando-os ao longo da planície. Entretanto, pode-se dizer que, na Depressão Central, o vento E predomina no inverno e na primavera, enquanto no outono e no verão é o vento SE que tem maior frequência.
- => Os ventos mais fortes e quentes são do quadrante norte (N e NW), com velocidades médias que oscilam de 3,0 a 8,0 m/seg. (leves a moderados), no Planalto, e de 6,0 a 12,5 m/seg. (moderados a meio fortes), na Depressão, embora algumas rajadas possam atingir mais de 100 Km/hora em ocasiões esporádicas. Origina o regionalmente conhecido *Vento Norte*, típico de situações de tempo pré-frontais.
- => Os ventos mais frios são os de S e SW, de leves a regulares em média, e ocorrem em situações pós-frontais, quando domina a MPA com trajetória mais continental, provocando vento tipicamente regional, o famoso Minuano (Sartori, 1981).
- => Os nevoeiros ocorrem principalmente de maio a agosto (maior umidade) e são mais frequentes na Depressão (de radiação, na maioria, e pós-frontais) que no Planalto, com médias de 53 dias e de 31 dias, respectivamente. No rebordo, ocorrem os nevoeiros de encosta, normalmente condicionados à presença de uma Frente Fria (FPA) sobre o estado.

A percepção do tempo pelo homem rural do Rio Grande do Sul: indução empírica e explicação científica

A percepção ambiental do homem rural é fruto da perspicácia, vivência e sensibilidade individual frente aos acontecimentos do seu entorno, normalmente vinculados ao que ocorre na natureza. Em função disso, e por necessidade prática, a observação das condições atmosféricas, do comportamento das águas superficiais, da fauna e flora e dos astros (sol e lua), no dia-a-dia de seu trabalho junto à natureza, é que permite o desenvolvimento da percepção ambiental, cujo principal objetivo, no meio rural, sempre foi a previsão do tempo futuro, pois dele os homens dependem, e dependiam, para realizar suas atividades criatórias ou agrícolas.

A associação entre os fatos e os fenômenos ambientais e os tipos de tempo subsequentes, a curto ou médio prazo, e sua repetitividade ao longo do tempo é que assume o significado de prognóstico popular do tempo, representando importante conhecimento empírico, em parte herdado dos antepassados durante o processo histórico de ocupação e uso da terra (história oral).

As sensações se efetivam no contato contínuo do homem com o ambiente, reforçadas pela inteligência, atenção, sensibilidade e experiência, que variam muito de um indivíduo para outro. A atenção e a intrínseca seletividade de estímulos é que propiciam o estabelecimento de uma hierarquia de prioridades e de uma ordenação seqüencial dos fatos percebidos. O homem, ao perceber, seleciona, voluntária ou involuntariamente, aspectos do seu entorno, pois nem todos os estímulos são percebidos de forma simultânea. A seleção dos estímulos se processa por meio da atenção.

A percepção ambiental do homem rural do Rio Grande do Sul, avaliada por levantamento de ditados, observações e sinais da natureza presentes no seu dia-a-dia, demonstra que as sensações provenientes da visão e/ou audição são determinantes, constituindo-se na base do conhecimento empírico que desenvolveram, pois a grande maioria das citações feitas por proprietários e trabalhadores rurais a respeito do tempo envolvem, especialmente, fatos naturais registrados pela visão (condições da atmosfera e do céu, comportamento dos animais, da flora, das águas e fases da lua) e pela audição (sons dos animais e canto das aves).

Ao longo do tempo, o espaço vivido e vivenciado pelo homem rural, nos meios de tradição pastoril ou colonial, e a repetitividade de certos fatos e fenômenos na terra, na água ou no céu, em correlação com as condições do tempo a médio (às vezes longo) prazo, resultou no conseqüente estabelecimento de “regras” de previsão do tempo, que são, comprovadamente, tão antigas quanto a história da humanidade. Daí o surgimento dos presságios, ditados ou provérbios populares relacionados às condições atmosféricas futuras, que foram sendo transmitidas de geração para geração, de pais para filhos (área pastoril e colonial) e de “peões” (empregados) e antigos tropeiros para patrões (zona pastoril).

As citações conseguidas em trabalhos de campo não são apresentadas como fórmulas infalíveis e indiscutíveis para a previsão do tempo no meio rural, mas como a mais pura forma de expressar a interação homem-natureza, que leva à percepção ambiental e do tempo.

O número total de referências diferentes foi de cento e vinte (120), distribuídas em seis (6) grupos:

- 54 relativas ao comportamento dos animais;
- 44 relativas às condições atmosféricas e do céu;
- 11 relativas às fases da lua;
- 5 relativas ao comportamento da ora;
- 3 relativas ao comportamento das águas superficiais;
- 3 relativas às reações orgânicas humanas.

De alguns grupos, certas observações podem ser destacadas como exemplos.

As previsões das condições futuras do tempo através da observação do *comportamento dos animais* domésticos e selvagens são muito antigas e resultaram da percepção humana ao relacionar suas mudanças de comportamento com os estados atmosféricos.

Todos os animais apresentam reações instintivas embasadas em sistemas receptores sensoriais, em grande parte desconhecidos dos homens e que, provavelmente, são responsáveis pela meteorosensibilidade que alguns animais manifestam, permitindo-lhes “perceber” (ou sentir) as mudanças nas condições atmosféricas. Esses tipos de reações primitivas, preservadas pelos animais, não foram conservadas pelos homens em seu processo evolutivo e, por isso, não são identificadas e compreendidas pela maioria das pessoas. Portanto, as reações instintivas de certos animais às mudanças das condições de tempo podem ser consideradas como formas de percepção ambiental desses seres vivos, que, por sua vez, são percebidas pela sensibilidade de alguns indivíduos, especialmente no meio rural. São essas reações instintivas que, observadas repetidamente pelos homens ao longo do tempo no seu *espaço vivido e vivenciado*, constituíram-se nos “sinais” indicativos do estado atmosférico a curto prazo.

As dez (10) espécies mais citadas, por ordem decrescente, são: 1.º saracura; 2.º lagartas pretas; 3.º seriema; 4.º gado (bovinos); 5.º formigas “correição”; 6.º joão-de-barro; 7.º burro; 8.º bugio; 9.º sapo e rã; 10.º cupins e cupinzeiros. Essa ordenação resultou do somatório do número de vezes e respectivo percentual que cada espécie foi citada em entrevistas realizadas em trabalhos de campo pelo interior. Segundo alguns estudiosos, todos os animais são sensíveis à pressão atmosférica e com isso alteram seu comportamento; alguns reagem também ao vento, à umidade do ar e da superfície e à temperatura.

A *seriema* é ave gruiforme, da família dos cariamídeos, vive nos descampados durante o dia e alimenta-se de insetos, répteis e pequenos roedores. É considerada um predador voraz e usa o vento para localizar as presas. Como é sensível ao vento, e provavelmente também à pressão atmosférica, qualquer alteração na sua direção ou velocidade, comuns nas fases pré-frontais, é indicativo de chuva ou mudança de tempo. Como normalmente canta à tarde, se cantar fora da hora habitual “pressente” a chuva.

O *burro*, a exemplo dos outros animais, também reage às alterações de pressão mais significativas, bem como ao calor. O fato de rebolcar-se no chão ser anúncio de chuva está relacionado ao calor dos aquecimentos pré-frontais, pois seu suor é espesso, engraxado, e por isso se esfrega na terra quando está suado para tirar (limpar) o suor.

Os *bugios*, também chamados de *barbados e guaribas*, possuem o pescoço muito avolumado em função do osso hióide ser muito desenvolvido, funcionando como caixa de ressonância, o que produz o “ronco”. Quando roncam insistentemente anunciam chuva e a

pressentem por serem muito sensíveis às mudanças drásticas de pressão, características das fases pré-frontais.

Os *anfíbios anuros*, popularmente conhecidos como *sapo* (gênero *Bufo*), *rã* (gênero *Rana*) e *perereca* (gênero *Hyla*), têm pele fina, que não segura a água, e são sensíveis à pressão atmosférica e à umidade. Seu *habitat* ideal é úmido e quando este fica seco os anfíbios se enterram nos lugares que estiverem mais úmidos (por exemplo, no lodo), como proteção. Alguns estudos explicam essa sensibilidade à pressão atmosférica por um sistema de recepção sensorial próprio dos *anfíbios*. Esses *anfíbios* são dotados de “neuromastos”, cuja função é mecanoreceptora; são sensíveis a correntes de água e também à pressão. Vários experimentos indicam que os receptores de frio e calor e os receptores tácteis estão localizados na epiderme, enquanto os receptores da dor e da pressão localizam-se na derme.

Dessa forma, os abaixamentos da pressão atmosférica que sempre precedem a chegada de Frentes Frias ou Instabilidades Tropicais no Rio Grande do Sul (fases pré-frontais) mexem com seu sistema receptor, fazendo sapos e rãs coaxarem muito, prognosticando chuva próxima. O sapo, ao pressentir a chegada da chuva, sai para os descampados ou para o campo a sua espera. Já a perereca coaxa muito antes da chuva, mas com céu muito encoberto, pois a luz semelhante à crepuscular é a que mais lhe agrada por ter hábitos mais noturnos.

As diversas manifestações dos animais podem ser explicadas pela variação gradativa dos elementos atmosféricos mais importantes na definição do tempo, como pressão, temperatura, direção e velocidade do vento, umidade e eletricidade do ar.

Assim, na sucessão habitual dos tipos de tempo no Rio Grande do Sul, o comportamento desses elementos se altera à medida que as condições atmosféricas evoluem *da fase de domínio polar à fase pré-frontal*, ou seja, a pressão e a umidade decrescem significativamente, as temperaturas máximas e mínimas aumentam, o vento muda do quadrante sul e leste para o quadrante norte (sentido anti-horário), alterando-se também a sua velocidade (os ventos mais fortes são do norte) que, por sua vez, pode afetar o estado elétrico da atmosfera.

Essas alterações se repetem semanalmente, variando apenas a duração dos estados atmosféricos, razão pela qual a vivência dos animais nesse mesmo ambiente permite o desenvolvimento de uma percepção ambiental primitiva e/ou instintiva, em parte perdida pelos seres humanos em seu processo de evolução.

Entretanto, a maior sensibilidade ao observar os acontecimentos do seu entorno é que proporciona a certas pessoas a capacidade de “entender as mensagens” enviadas a elas pelos animais, seja pelo seu canto, movimentação, atividade etc.

O segundo grupo de observações do tempo está associado às próprias *condições atmosféricas* e de céu e envolvem basicamente a observação do sol, nuvens, efeitos no ar, céu e estrelas, direção do vento, sinais óticos (arco-íris, halos, luminosidade, “olhos” no halo), fenômenos meteorológicos (nevoeiro ou cerração, geada, orvalho ou sereno) e propagação dos sons. A grande maioria tem base científica, pois se referem a “sinais” da natureza aérea, associados ao comportamento da circulação atmosférica regional que, de fato, prenunciam mudanças de tempo. Algumas citações merecem destaque:

1.^a) “Pôr-do-sol com barra escura é sinal de chuva”: significa que o horizonte no quadrante leste está encoberto por nuvens espessas, associadas à aproximação de frentes frias (FPA) na região, que sempre penetram por esse quadrante em seus deslocamentos de sudoeste para nordeste no Hemisfério Sul.

2.^a) “Pôr-do-sol vermelho é parada de tempo (sinal de estiagem)”: complementa o anterior, pois indica que não há aproximação de Frente Fria, já que o vermelho resulta da difusão desse comprimento de onda da luz visível, da radiação solar, pelas partículas de poeira e umidade em suspensão nas camadas de ar mais próximas da superfície. Como ao entardecer os raios solares tangenciam a superfície, em sua trajetória há mais concentração dos aerossóis, especialmente depois de alguns dias sem chuvas.

3.^a) “Pôr-do-sol com barra cinza claro é sinal de frio”: deve estar associado à penetração de Massa Polar (MPA), que também se faz de sudoeste para nordeste, instabilizando-se à medida que se desloca para o Sul do Brasil. Quanto mais fria, maior o efeito de instabilidade sofrida pela massa de ar ao dominar a região, principalmente após uma fase mais ou menos longa de aquecimento pré-frontal, traduzido por nebulosidade mais abundante, que quase nunca produz chuva, mas indica invasão de ar frio.

Há citações que se referem a tipos de nuvens: os *rabos-de-galo* são as nuvens cirros e o *céu pedrento* representa a ocorrência sobre o estado de nuvens cirros-cúmulos e altos-cúmulos, típicas de fases pré-frontais. Como se sabe, o sistema de nuvens associadas às descontinuidades frontais incluem, justamente, esses tipos de nuvens. As primeiras e mais altas, que prenunciam a aproximação de frentes (FPA), são as nuvens cirros, seguidas de nuvens médias do tipo alto-estratos e alto-cúmulos. Daí indicarem chuva para breve, com vento ou não, dependendo da frontogênese. Como nas fases pré-frontais o vento é normalmente do quadrante norte, a explicação também é válida para a citação que envolve o *Vento Norte*.

A citação “duas camadas de nuvens de norte e de sul brigando, dá chuva” sugere a situação pré-frontal, pois o movimento das nuvens reete a direção do vento. Nessa fase, a região, em geral, fica sob vento norte, que confronta com os fluxos de quadrante sul associados à penetração das frentes e Massas Polares, daí a chuva.

O prognóstico de chuva a partir da citação “se há barra de nuvem escura ao amanhecer no norte e outra mais clara acima, chove em duas horas” deve corresponder à participação de Linhas de Instabilidades Tropicais (IT ou I.NW) no Sul do Brasil, que se deslocam com rapidez de noroeste para sudeste, caracterizadas por nuvens cúmulos-nimbos, por isso escuras na base, de grande potencial de chuva. Em geral antecedem a chegada das frentes frias.

A referência “céu limpo e azul o tempo continua bom” está relacionada ao domínio do APA, que impõe à região tempo bom (atmosfera estável), pelo menos por alguns dias, em função de sua subsidência térmica característica.

Prognósticos e ditados que consideram a *direção do vento* são indicativo ambiental importante para entender o tempo. Desses, o vento leste é sempre revelador de condições de estiagem ou manutenção de tempo bom. De fato, o domínio do vento leste no estado acontece quando o APA está estacionado sobre o oceano, na latitude do Rio Grande do Sul, impedido de avançar para latitudes mais baixas pelo ATA, determinando o estacionamento da FPA sobre o Sudeste brasileiro. Esta situação sinótica ocorre quando as Altas Polares são relativamente fracas, com pouca atividade em relação ao ATA, o que pode acontecer em qualquer época do ano e se repetir em dois ou mais avanços polares sucessivos, mantendo a região sem chuva, às vezes por mais de um mês. Normalmente, nesses casos, as frontogêneses sobre o estado são fracas e não produzem chuvas e, quando ocorrem, localizam-se mais ao longo da região litorânea. Essa circulação atmosférica gera vento predominantemente de leste, motivado pela circulação anti-horária do APA.

Considerando-se os ditados “quando o vento leste combina com o vento norte, combina para chover” e “o vento faz a volta no horizonte: $E \Rightarrow N \Rightarrow W \Rightarrow S \Rightarrow E$ ”, eles completam e revelam a percepção dos entrevistados no que se refere à direção do vento em sua sucessão habitual e as condições de tempo associadas. A evolução dos estados atmosféricos está vinculada, entre o comportamento dos outros elementos, à direção do vento que segue, de fato, a seqüência indicada nas citações acima, ou seja, os *ventos do quadrante leste* predominam na região nas *fases transicionais* sob atuação da MPV, seguidos dos ventos do *quadrante norte das fases pré-frontais* (MPV ou MTA ou MTAc), dos *de oeste e sul* associados aos *avanços e domínios polares*, retornando aos de leste.

Há ditados que se referem a um mesmo tipo de tempo, que permite a formação de nevoeiro de radiação (cerração), variando apenas a morfologia do lugar de observação. Os nevoeiros de radiação são comuns, por exemplo, na Depressão periférica do Rio Grande do Sul, de março a setembro e ocorrem sob o domínio da MPA, quando as condições atmosféricas (grande insolação, umidade e céu limpo) favorecem a perda de radiação terrestre noturna, o resfriamento do ar e a condensação da umidade. Como o céu está limpo, as primeiras horas de insolação matinal dissipam o nevoeiro e o sol brilha forte.

A referência aos “tufos de cerração saindo do meio do mato de manhã cedo, chove” provavelmente tem explicação se for considerada a situação pré-frontal na região. O mato mencionado é o *capão*, mancha de mata nativa comum na Depressão Central e no topo do Planalto Meridional, que mantém a umidade do ar na escala de microclima e topoclima, dependendo de suas dimensões espaciais. Assim, nas fases pré-frontais há baixa umidade do ar e aquecimento, podendo ocorrer: evaporação da umidade do interior do mato nas primeiras horas da manhã, dando idéia de nevoeiro; ou, então, o resfriamento noturno favorece a condensação da maior umidade do ar mantida pela vegetação de porte, originando o nevoeiro que, no processo de dissipação iniciado com a insolação, ascende e sai em tufos do mato.

As citações que dizem respeito à formação do *orvalho* são comuns em condições de tempo bom sob domínio da MPA ou da MPV, de maior freqüência no estado. Quando não há formação de orvalho, é sinal de baixa umidade no ar, que, mesmo com o resfriamento noturno, não atinge a saturação. Quando isto acontece, a região acha-se em fase pré-frontal e daí a “previsão” de chuva. No caso contrário, a situação não é de pré-frontal e há maior umidade no ar, típica das fases de domínio polar e das transicionais e, portanto, o bom tempo é mantido.

O ditado “geada na lama, chuva na cama” é muito conhecido e confiável na região central do Rio Grande do Sul. Seu significado pode ser interpretado: no inverno, quando se forma geada sobre a lama ou barro, chove novamente em dois dias, no máximo. A explicação está relacionada à atividade do APA, que, algumas vezes, não consegue deslocar o Anticiclone Polar Velho que dominava a região. Ocorre a frontogênese, mas a FPA, com ciclone frontal no oceano, fica estacionária ou semi-estacionária sobre o Rio Grande do Sul por dois ou três dias, no mínimo, provocando chuva e encharcando a superfície. A partir daí, duas situações podem acontecer:

- a) Enquanto a FPA demora a sair do estado, dá tempo para que outra frontogênese se defina e se intensifique na Patagônia, avançando rapidamente. Quando a MPA consegue dominar a região, provoca rápido abaixamento da temperatura, muitas vezes com formação de geadas. A nova FPA chega ao Rio Grande do Sul, no máximo, em dois dias, ocasionando novamente chuva.

- b) Como a FPA é estacionária ou semi-estacionária, seu deslocamento pela orla atlântica se faz até Santa Catarina, deixando o estado provisoriamente sob domínio da MPA, com baixas temperaturas e formação de geada. Como o APA não consegue avançar, a FPA recua como Frente Quente, intensificando-se o ciclone frontal posicionado no oceano, na latitude do estado. Com isso, a chuva retorna em um ou dois dias após a geada ter ocorrido.

A atenção e observação do homem rural às *condições do céu e às estrelas* também são comuns, facilitadas pela escuridão da noite nesse meio, longe das luzes e da redução da configuração do céu da cidade, resultando em alguns presságios associados ao tempo futuro.

Referências a *fenômenos ou feitos* observados no *ar* que, segundo a percepção dos homens rurais entrevistados, sugerem o comportamento do tempo vindouro predizem chuva, em alguns casos, e estiagem, em outros.

Por exemplo, o prognóstico de chuva a partir da observação da *fumaça que sobe reto* em justificativa na convecção térmica na atmosfera, comum no verão e nos dias de tempo bom, com grande insolação e aquecimento diário, em qualquer época do ano. Em geral, os maiores aquecimentos são típicos das fases pré-frontais sem ventos e, portanto, com predomínio de calmaria. Daí o comportamento ascendente e contínuo da fumaça indicar chuva.

Redemoinhos em tempo de estiagem indicam que a falta de chuva continuará e significam condições atmosféricas turbulentas, mas com movimentos advectivos fracos, o que denota atividade insipiente dos centros de alta pressão polar (APA), que controlam o mecanismo do tempo no Rio Grande do Sul em, pelo menos, 90 % dos dias do ano. Assim, quando a atividade do APA está fraca, não favorece a frontogênese e as precipitações frontais e o tempo mantém-se bom por um período relativamente longo (mais de um mês). Os redemoinhos, desse modo, são conseqüências da turbulência superficial do ar e do aquecimento gradativo (Massas Polares descaracterizadas), gerando-se mini-células de baixa pressão na forma de pequenos turbilhões, que levantam as poeiras soltas do chão ressequido pela estiagem, resultante das condições de grande estabilidade atmosférica.

Existem ditados que referem o *arco-íris*, que resulta da dispersão da luz do sol em gotículas de água suspensas na atmosfera e, portanto, para formar-se necessita da incidência dos raios solares. Se aparece à tarde é porque o quadrante oeste está limpo ou parcialmente nublado, significando que o sistema de nebulosidade associado à frente já deixa o estado e o tempo estará bom no dia seguinte. Ao contrário, se surge pela manhã, demonstra que o quadrante oeste apresenta-se totalmente encoberto, com grande quantidade de gotículas de água no ar e, portanto, indica que a frente (FPA) aproxima-se da região, provocando chuva à tarde.

Há predições que dizem respeito à *propagação dos sons* no ar que, normalmente, faz-se de maneira mais eficiente em presença de certa quantidade de umidade e poeiras em suspensão no ar, indicativas de estabilidade atmosférica na maior parte das vezes. No caso, o efeito de propagação do barulho de quedas d'água e da voz humana serem mais fortes quando está para chover, deve estar relacionado à direção do vento em situação pré-frontal. Para se obter melhor correlação, deve-se levar em conta a posição da queda d'água e da pessoa em relação ao observador.

De forma geral, a percepção do tempo pelos moradores da zona rural, independente do grupo de fatos naturais a que pertencem as citações, provérbios e ditados enumerados, tem

sustentação científica, pois a grande maioria das observações pôde ser explicada a partir do comportamento habitual da circulação atmosférica regional, especialmente pelo deslocamento das descontinuidades frontais e pelo deslocamento ou domínio dos Anticiclones e Massas Polares e sistemas de nuvens associados, ou pelas mudanças apresentadas pelos elementos climáticos, à medida que os tipos de tempo vão acontecendo na região, obedecendo, quase sempre, às características das quatro fases clássicas de sucessão dos estados atmosféricos no Sul do Brasil (Pré-frontal, Frontal, Domínio Polar e Transicional).

RESUMEN

Por su localización en un área geográfica de transición, Rio Grande do Sul posee un clima que refleja la influencia de Sistemas Atmosféricos Extratropicales (masas y frentes polares) e intertropicales (masas tropicales y corrientes perturbadas). Aunque los primeros ejerzan el control de los tipos de tiempo en 90% de los días del año, también determinan la distribución mensual y anual de lluvia. Los factores dinámicos determinan el génesis del clima y controlan la definición y sucesión de los tipos de tiempo. Los factores geográficos regionales (altitud, relieve, continentalidad y vegetación) sólo son responsables por la variación de los efectos climáticos. Se identificaron quince tipos principales de tiempo y se los clasificó en familias, de acuerdo con su origen: Tiempo del anticiclón polar (6), tiempos asociados a los Sistema Intertropicales (3) y tiempos asociados a las corrientes perturbadas (6). La sucesión de tipos de tiempo se realiza por medio de los ciclos, con cuatro fases bien características y de duración variable. Por consiguiente, la percepción del tiempo que tiene el hombre de Rio Grande do Sul se expresa por medio de los viejos refranes, el folklore y las observaciones empíricas relacionadas con los fenómenos atmosféricos presentes en su vida cotidiana. En general, ellos tienen una relativa frase científica, porque la mayoría de esas observaciones se debe a la conducta misma de los sistemas de circulación atmosférica regional.

PALABRAS-CLAVE

Clima, Sistemas Atmosféricos Regionales – tipos de tiempo – sucesión de tipos de tiempo – percepción del tiempo.

ABSTRACT

Due to its location in a transition area, Rio Grande do Sul has a climate that reflects the influence of Atmospheric Systems that are of Extra-Tropical (masses and polar fronts) and of Inter-Tropical (tropical masses and disturbed currents) nature, although the first ones exercise control over the types of weather in 90% of the days of the year, also providing the monthly and annual distribution of rainfall. The dynamic factors determine the genesis of the climate and they control the definition and the succession of the types of weather, being the regional geographical factors (altitude, relief, continentality and vegetation) responsible only for value variations of the climatic elements. Fifteen main types of weather were identified and gathered in three families, in agreement with their genesis: polar anticyclone weather (6), weather associated to inter-tropical systems (3) and weather associated to disturbed currents (6). The succession of types of weather unfolds in cycles with four very characteristic phases of variable duration. Therefore, the perception of weather the country man from RS has, which is expressed through old sayings, folklore and empiric observations related to atmospheric phenomena present in their daily life, in general has a somewhat scientific basis, because most of those observations are due to the very behavior of the regional atmospheric circulation systems.

KEY WORDS

Climate – regional atmospheric systems – types of weather – succession of weather types – perception of weather.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático

João Lima Sant'Anna Neto

Laboratório de Climatologia da FCT/Unesp – Presidente Prudente/SP
Correio eletrônico: joaolima@prudente.unesp.br

Resumo

Este artigo pretende trazer à discussão alguns conceitos básicos da climatologia na perspectiva de um possível limite físico, financeiro e social para o avanço da ciência, a partir de alguns questionamentos como: qual seria este limite? A partir de que ponto desse processo, o progresso científico se configuraria como elemento de exclusão social? Do ponto de vista da ciência global, podemos afirmar que são três os grandes vetores do conhecimento contemporâneo: a física de materiais (nanotecnologias), o genoma humano (e da vida em geral) e as mudanças climáticas (naturais e antrópicas). No caso específico dos processos climáticos, a questão das formas de apropriação do território pelos agentes sociais e econômicos torna-se especialmente relevante, uma vez que esses processos interferem diretamente nas transformações, de curto e médio prazo, dos ambientes terrestres. O arsenal tecnológico direcionado para este setor do conhecimento tem gerado mais especulações e, de certa forma, demonstrado mais limitações que aquelas de outras áreas do saber. Assim, retomamos a questão dos três conceitos mais fundamentais da Climatologia atual, que envolvem processos e dinâmicas extremamente complexas e que têm gerado enormes controvérsias nos meios acadêmicos: mudança, variabilidade e ritmo. As limitações da ciência não significam uma descrença generalizada no poder do conhecimento científico em continuar avançando, prosperando e nos surpreendendo. Significa que pensar na ciência no contexto histórico do limiar do século XXI traz em seu bojo uma crença muito maior. Mas uma crença direcionada ao ser humano e à sua capacidade de reordenar as prioridades que culminem em ações concretas que permitam a construção de um mundo mais justo e equilibrado. Como bem afirma Frei Betto (2001), um dos grandes equívocos da modernidade foi achar que a razão humana resolveria todos os problemas.

Palavras-chave

Clima – variabilidade – mudança – ritmo.

Introdução

Ao apagar das luzes do século XX, depois de séculos de progressos alcançados pelo espetacular desenvolvimento tecnológico, que se iniciou com o surgimento da ciência moderna alavancada por gênios como Copérnico, Galileu e Newton, e com o fim da Guerra Fria e as transformações geopolíticas de um mundo globalizado, uma certa euforia, talvez um tanto precipitada, indicava enormes possibilidades de resolução dos grandes problemas da humanidade.

Alguns decretaram o “fim da História”, outros louvaram o pensamento único do neoliberalismo econômico e uma nova racionalidade, inspirada no produtivismo e no determinismo do meio técnico-informacional.

Ao ingressarmos no século XXI, entretanto, talvez pela primeira vez na história contemporânea, coloca-se em cheque a própria ciência (e o racionalismo), como artífice de nossos destinos. Já existem aqueles que defendem o “fim da ciência”.

Há afirmações de que o custo da ciência (que aumenta exponencialmente) resulta num ritmo de desenvolvimento tecnológico cada vez menor. Para cada nova pequena descoberta há a necessidade de investimentos, cada vez maiores, de recursos financeiros, produzindo um número, cada vez menor, de países e segmentos sociais aptos a usufruir dessas novas conquistas científicas.

Ao contrário do previsto, parece que há um limite físico, financeiro e social para o avanço da ciência. Qual seria esse limite? A partir de que ponto desse processo o progresso científico se configuraria como elemento de exclusão social?

Em entrevista ao jornalista norte-americano John Horgan, o célebre biólogo Gunther Stent, professor de Berkeley, afirmava que a ciência seria finita e limitada, senão pela amplitude do conhecimento (que ao crescer exponencialmente, gera a necessidade de mais conhecimento), mas pelo confronto com vários limites físicos, econômicos e, até mesmo, cognitivos (Horgan, 1999).

Do ponto de vista da ciência global, podemos afirmar que são três os grandes vetores do conhecimento contemporâneo: a física de materiais (nanotecnologias), o genoma humano (e da vida em geral) e as mudanças climáticas (naturais e antrópicas).

No caso específico dos processos climáticos, a questão das formas de apropriação do território pelos agentes sociais e econômicos torna-se especialmente relevante, uma vez que esses processos interferem diretamente nas transformações, de curto e médio prazo, dos ambientes terrestres.

Além disto, todo o arsenal tecnológico direcionado para esse setor do conhecimento tem gerado mais especulações e, de certa forma, demonstrado mais limitações que aquelas de outras áreas do saber.

Não é nossa intenção realizar aqui uma discussão mais aprofundada sobre os destinos da ciência contemporânea, nem teríamos fôlego para tal, mas tão-somente retomar a questão dos três conceitos mais fundamentais da Climatologia atual, que envolvem processos e dinâmicas extremamente complexas e que têm gerado enormes controvérsias nos meios acadêmicos: mudança, variabilidade e ritmo.

Mudanças climáticas

No cerne dos debates sobre as mudanças climáticas globais, enquanto alguns autores afirmam que, na atualidade, estas seriam causadas pela forma com que o homem tem produzido o ambiente, outros se mostram mais céticos, pois a história geocológica da Terra ainda não permitiria uma conclusão que partisse desta premissa. Muitas questões ainda permanecem sem respostas consistentes. Afinal, as mudanças do clima são causadas apenas por fatores que ocorrem em nosso próprio planeta ou derivados de acontecimentos provenientes do sol e de nossa galáxia?

As grandes transformações da paisagem natural realizadas pelo homem, principalmente a partir da Revolução Industrial, como a devastação das florestas, a poluição urbana e industrial, a emissão de gases destruidores da camada de ozônio, entre outras, já podem ser consideradas como agentes de mudanças climáticas?

O aquecimento global é de origem antrópica ou é apenas parte de um ciclo natural de longa duração, ou seja, uma probabilidade estatística sem maiores conseqüências?

O problema é que muitos aspectos a serem considerados ainda dependem de estudos mais aprofundados, como o ciclo das manchas solares, o efeito das erupções vulcânicas, as alterações do campo magnético e da órbita terrestre, além da intervenção da sociedade nos ambientes naturais. Não há dúvida que todos esses fatores têm papel importante na variabilidade e na mudança do clima terrestre. A combinação desses elementos, entretanto, pode afetá-lo de tal maneira que acabe por destruir seu frágil equilíbrio (Sant'Anna Neto, 2000).

Mas é importante lembrar que o que consideramos como um clima normal para o planeta advém das condições glaciais que têm persistido durante os últimos milhões de anos. Entretanto, o clima da Terra nos últimos dez mil anos, quando emergiu o gênero humano como uma espécie inteligente, é notavelmente anormal, pois se caracteriza pelas condições interglaciais, ou seja, por pequenos períodos ligeiramente mais quentes.

Assim, estamos vivenciando uma fase que pode ser considerada como de exceção, visto que os períodos glaciais, mais frios, são a regra geral. Por estes e outros motivos, o nosso planeta tanto pode estar prestes a conhecer um forte aquecimento global como na iminência de uma nova era glacial.

As mudanças climáticas globais ocorreram sistematicamente desde a formação da atmosfera terrestre. Na história geológica, três grandes glaciações se sucederam há cerca de 750, 500 e 250 milhões de anos, aproximadamente, quando as temperaturas médias do planeta estiveram entre 11°C e 13°C. Nesse período, os interglaciais registraram temperaturas que variaram entre 17° C e 20° C (Bryant, 1997).

Essas glaciações são explicadas por processos astronômicos relacionados aos três movimentos terrestres que foram primeiramente explicitados por Milankovitch: excentricidade da órbita circunsolar da Terra; inclinação do eixo terrestre; e precessão dos equinócios. Além disto, também associados aos longos períodos de atividade vulcânica.

Desde o início do Quaternário (último milhão e meio de anos), nosso planeta experimentou, praticamente, uma grande glaciação a cada cem mil anos. A última delas, a de Würm, encerrou-se há cerca de dez mil anos. As glaciações quaternárias provocaram quedas

da temperatura média da Terra, que atingiu valores entre 8°C e 10°C (a média dos últimos 30 anos – normal – é de 15,7°C)

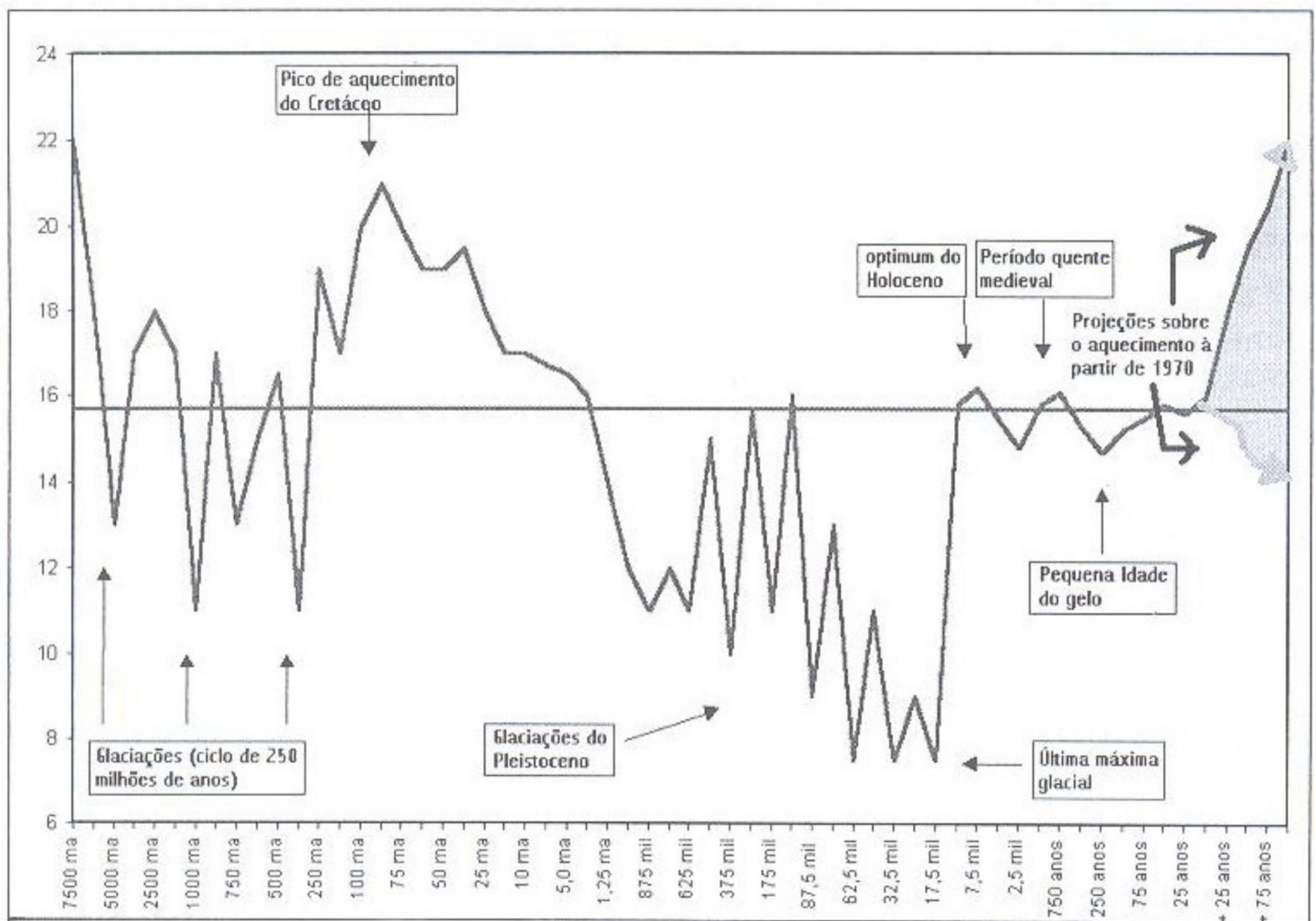
No Holoceno, a temperatura média tem oscilado entre 14°C e 16°C até o tempo presente, com os picos máximos registrados há cerca de sete mil anos (no *optimum* do Holoceno) e entre os séculos XII e XIII (aquecimento da Idade Média). Dois outros períodos foram marcados pelas baixas temperaturas: há três mil anos atrás e entre os séculos XV e XIX, na pequena idade do gelo (Figura 1).

Uma observação atenta desta figura, demonstra que, nos últimos dez mil anos (Holoceno), a temperatura da Terra variou pouco, quando comparada com épocas geológicas mais antigas, apresentando amplitudes que não chegaram a atingir 2°C.

As projeções elaboradas a partir dos modelos climáticos para as próximas décadas são conflitantes e contraditórias e uma das grandes dificuldades está na definição da variabilidade do clima, tanto no que se refere à sua dinâmica quanto no entendimento dos fatores que ocasionam os ciclos e a periodicidade de seus elementos.

Figura 1

Variações da temperatura da Terra ao longo do tempo geológico (adaptado de Bryant, 1997)



De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1966), mudança climática abrange todas as formas de inconstâncias climáticas, independente da sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas. Pode ser considerada como qualquer alteração de um dos principais elementos do clima que persista por mais de 30 anos. Desta forma, as mudanças climáticas globais não necessitam ser causadas por atividades naturais ou antrópicas situadas em todas as regiões da superfície terrestre. O importante é que, através das relações causais, os efeitos e impactos das atividades que as originam, numa reação em

cadeia, podem atingir outras áreas cujas conseqüências, agora ampliadas, assumem maior proporção territorial, tornando-as globais.

Entretanto, encontram-se muitas dificuldades para a avaliação e a correta compreensão das variações dos atributos climáticos no tempo e no espaço, pois além das séries de dados meteorológicos de superfície não serem suficientemente longas e apresentarem falhas, nos raros casos de séries temporais adequadas, é muito difícil separar as oscilações climáticas naturais daquelas resultantes dos processos decorrentes das atividades humanas.

Além disto, devemos levar em consideração que a imensa maioria das estações meteorológicas espalhadas pelo planeta se encontram em áreas urbanizadas ou muito próximas a elas, o que acaba por dificultar uma análise consistente, pois essas estações passaram a registrar mais o clima urbano do que as condições climáticas regionais.

Assim, percebemos que o grau de dificuldade para avançar no conhecimento das mudanças climáticas, em função da magnitude e da complexidade dos fenômenos intervenientes neste processo, assume proporções gigantescas, de difícil resolução nas próximas décadas, já que os principais fatores necessários para o desvendamento desses mecanismos – a reconstituição dos climas pretéritos e a consolidação de longas séries temporais – ainda não estão disponíveis.

Todas estas limitações impedem que possamos transformar a hipótese da mudança climática recente pelo aquecimento global em fato científico consumado.

Variabilidade climática

O conceito de variabilidade pode ser definido como a maneira pela qual os elementos climáticos variam no interior de um determinado período de registro – de uma série temporal (Cuadrat; Pita, 1997; IPCC, 1995). Alguns desses elementos, como as precipitações pluviométricas, se apresentam mais irregulares do que outros, como a temperatura, por exemplo.

O desafio que se coloca é o reconhecimento, com um grau mínimo de confiabilidade, da distribuição dos registros ao longo do tempo e a compreensão dos mecanismos que os definem. No caso da temperatura, existe um forte componente sazonal relacionado à radiação solar, que imprime uma marcha anual mais ou menos bem definida. A pluviosidade, entretanto, mostra-se muito mais complexa, uma vez que os mecanismos dinâmicos que produzem as chuvas variam (muitas vezes de modo aleatório ou quase caótico) em escalas temporais muito reduzidas, permitindo que se consiga explicar os processos apenas depois do episódio ter ocorrido.

A variabilidade dos elementos climáticos também é definida por ciclos (constantes ou quasi-periódicos) que se repetem em intervalos fixos de tempo. Alguns fenômenos que apresentam fortes correlações com as variações do clima, como a ciclicidade das manchas solares, ocorrem a cada período de 11 anos. Entretanto, na metade deste ciclo (cerca de 5,5 anos), estabelecem-se relações harmônicas, em geral mais suaves, mas suficientes para provocar ruídos nas séries temporais (Bryant, 1993).

Os episódios de El Niño/oscilação sul (ENOS), por exemplo, parecem apresentar periodicidades de 22, 11, 6 e 3 anos, de diferentes magnitudes e, portanto, responsáveis por graus variados de impactos regionais (IPCC, 1995).

Os ciclos lunares, que ocorrem a cada 18,6 anos (harmonicamente a ciclos de 9,3 anos), também afetam a variabilidade climática, produzindo relações determinísticas com alguns dos elementos atmosféricos, principalmente com o regime das chuvas.

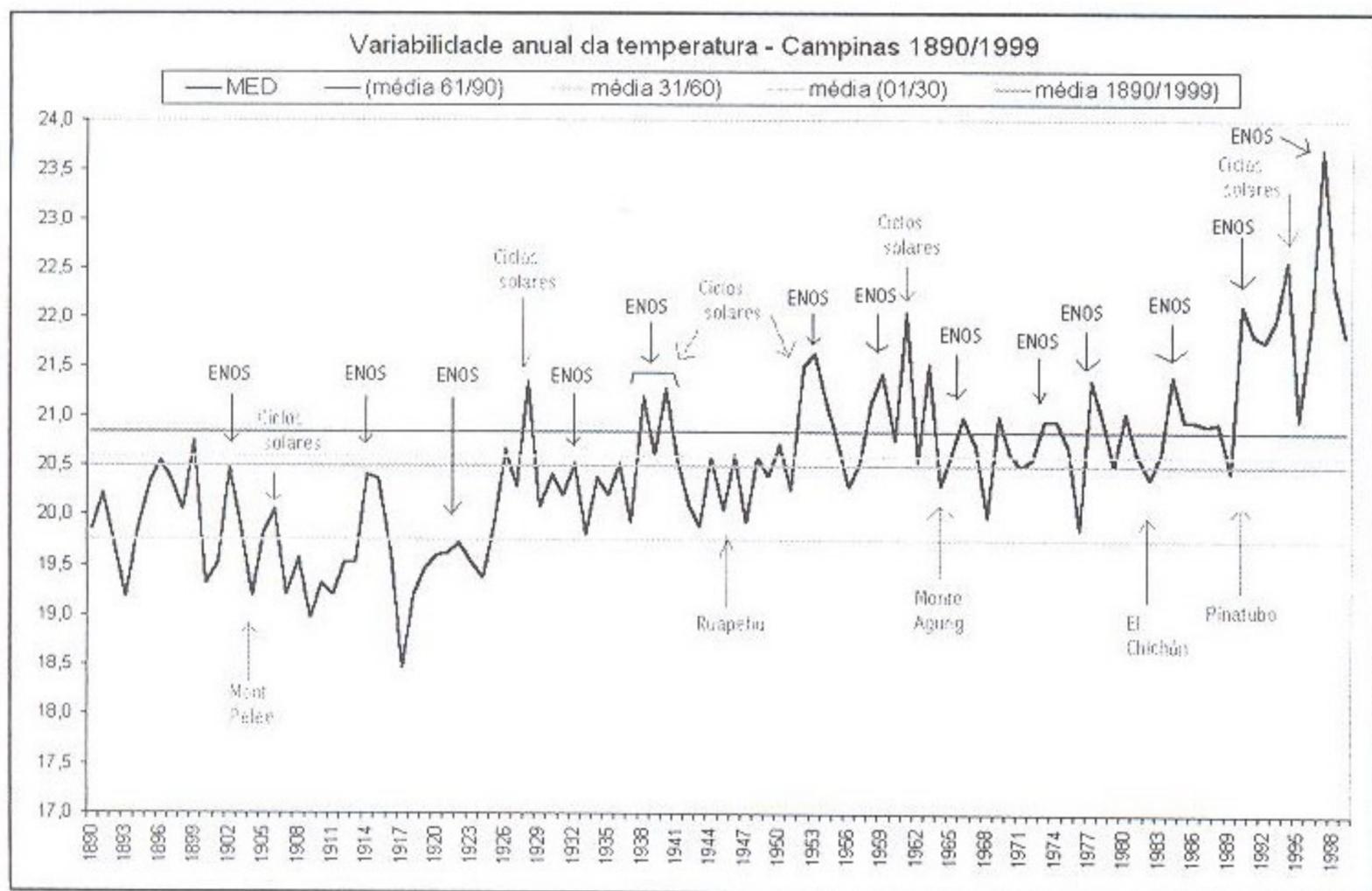
Além disto, as atividades vulcânicas, principalmente as que emitem material piroclástico (fumaça quente composta principalmente de dióxido de carbono) e enormes quantidades de lahars e gases sulfurosos e clorídricos, provocam flutuações no clima que podem durar de 3 a 4 anos (Barriendos; Gómes, 1997). O século XX foi relativamente fraco em erupções vulcânicas se comparado com os séculos XVIII e XIX, mas, mesmo assim, um único exemplo, o da erupção do Monte Agung na Indonésia, em 1963, lançou mais gases do tipo CFC e dióxido de carbono para a atmosfera do que todas as emissões de origem antrópica daquele ano (Bryant, 1997).

Entretanto, nem todos os episódios extremos são explicados por esses fatores, ou seja, parecem existir outros processos de origem oceânica e planetária ainda não bem determinados. Molion (1998) levanta a hipótese de uma conexão Júpiter, maior planeta do sistema solar, que descreve uma órbita em torno do sol a cada período de 11 anos e que ativaria processos dinâmicos da superfície solar e influenciaria a circulação atmosférica terrestre.

Na Figura 2, apresentamos a série temporal de temperatura de Campinas, para o segmento temporal de 1890 a 1999, com os registros de alguns dos processos cíclicos, que poderiam influenciar a sua variabilidade.

Figura 2

Variabilidade anual da temperatura de Campinas (1890 a 1999) e registros de processos cíclicos conhecidos



No Centro-Sul do Brasil, estudos recentes têm demonstrado que a variabilidade das chuvas parece obedecer a ciclos de picos entre 6 e 8 anos, muito bem correlacionados com os episódios de ENOS. Os eventos de pluviosidade mais elevada, ocorreram em 1997/1998, 1991/1992, 1982/1983, 1976, 1971/1972, 1966/1967, 1958/1959 etc., como podemos observar na Figura 3, sobre a variabilidade média das chuvas para o estado de São Paulo, para o período de 1888 a 1995.

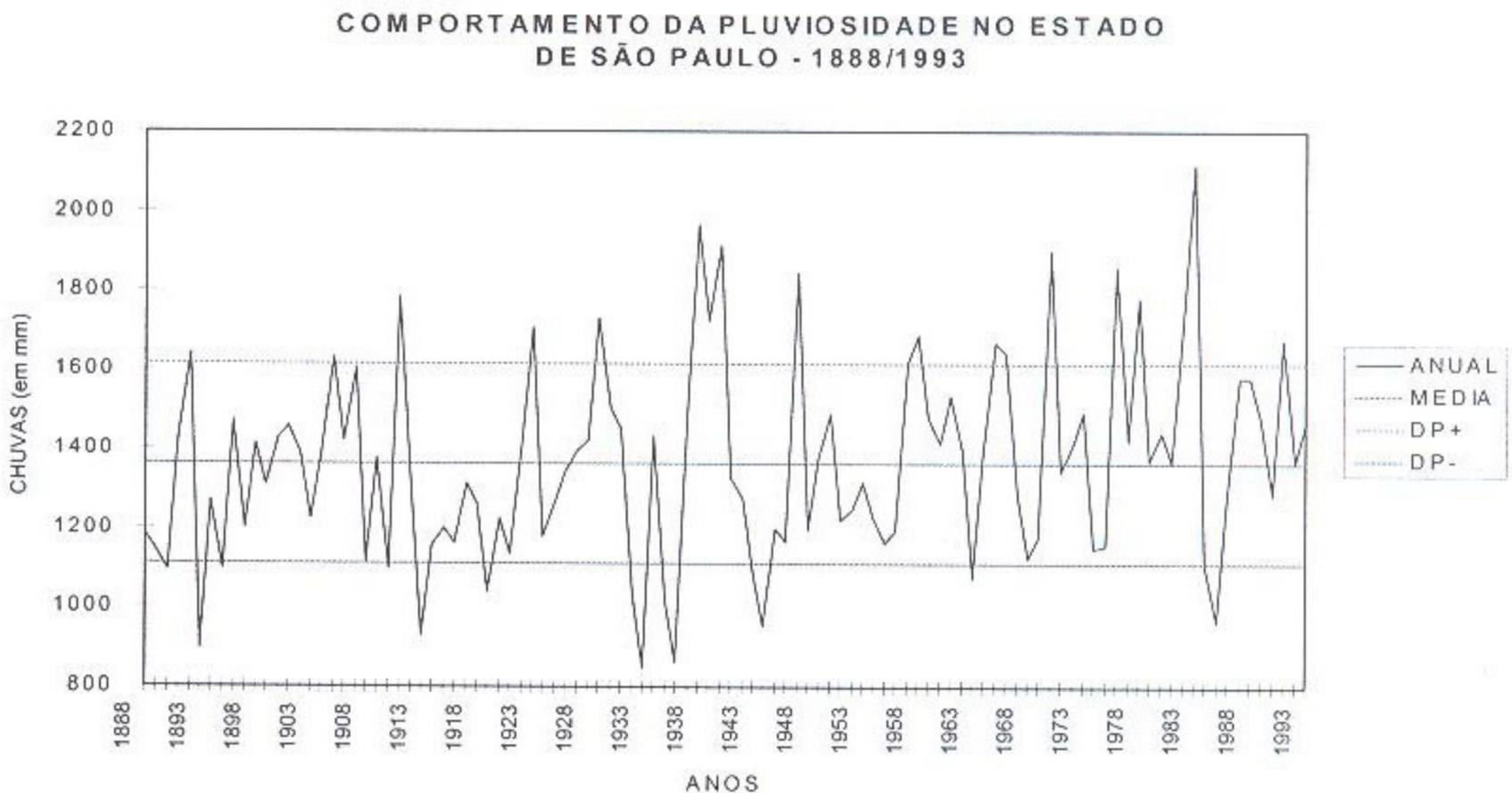
Já as secas periódicas do sertão semi-árido do Nordeste brasileiro são identificadas tanto com episódios de ENOS quanto com os ciclos das manchas solares (11 e 22 anos).

O que colocamos em discussão, a partir destas considerações, é o fato de que, mesmo conhecendo alguns dos padrões de comportamento cíclico, ainda não tem sido possível elaborar um modelo de previsão que contemple todas as variáveis intervenientes nos processos climáticos (Figura 4).

Além disto, muitas interações e teleconexões entre os processos atmosféricos, terrestres, oceânicos e cósmicos podem nunca vir a ser totalmente esclarecidos, em função do grau de complexidade que os envolvem.

Outro fator que parece ser igualmente complexo se refere ao problema da escala desses processos e suas correspondentes repercussões no espaço. Sabemos que, se a escala zonal generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre –, a escala local diversifica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico (Monteiro, 1991).

Figura 3



Isto nos remete a considerações sobre outra ordem escalar, a escala temporal. Se não bastassem as limitações impostas pela questão espacial, temos, ainda, as dificuldades de inter-relação entre as dinâmicas geológicas e as humanas e socioambientais.

Este conjunto de fatores e processos interage entre si, das mais variadas formas e com as mais complexas magnitudes, nas diferentes escalas têmporo-espaciais e se manifesta num determinado ponto da superfície terrestre, numa velocidade e num nível de interações tal que a sua previsibilidade se transforma quase num jogo.

Assim, ao propormos uma análise climática metodologicamente comprometida com os propósitos da Geografia, ao abordarmos os processos climáticos na escala local (ou mesmo regional), decompondo o segmento de tempo ao nível diário (ou mesmo horário), como estabeleceu Monteiro (1971) em sua proposta de análise rítmica, pressupomos um altíssimo sistema de controle das variáveis atmosféricas e antropogênicas, impossíveis de serem atingidas com o instrumental disponível na atualidade.

Como bem salientou Molion (1998), *“...a variabilidade climática resulta do efeito integrado de tudo o que se passa no Universo e não apenas de interações internas ao sistema oceano-continente-atmosfera. O albedo planetário, juntamente com o efeito estufa, são os mais importantes controladores climáticos. Sua variabilidade interanual deve, portanto, ser a principal causa das flutuações climáticas”*.

Ritmo climático

No âmbito da Geografia, admitimos que a única maneira possível de conceituar e fundamentar a noção de ritmo climático é: *“...somente através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.”* (Monteiro, 1971).

Essa definição torna clara a distinção da perspectiva geográfica de análise do clima com relação à Meteorologia ou à Agronomia, pois fundamenta uma compreensão genética e qualitativa dos fatos climáticos ao nível da baixa atmosfera (troposfera), considerando-a como a camada antrópica de interação geográfica.

Monteiro argumentava ainda que somente a *“...análise rítmica detalhada ao nível de tempo, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região”* (1971).

Desta forma, a concepção geográfica do clima na organização do espaço deve ser vista, fundamentalmente, como a geradora de tipos de tempo cujas características são absolutamente dinâmicas, complexas e muito sensíveis a qualquer alteração imposta, influenciando cada parte do planeta, em função da interação entre as diferentes esferas do globo e da ação dos agentes sociais.

Outro aspecto importante trata da necessidade de incorporar a dimensão social na interpretação do clima na perspectiva da análise geográfica. Isto significa, necessariamente, compreender que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais.

Figura 4

Ciclos de variáveis naturais e suas relações com a variabilidade do clima

Ano	Ciclo Lunar	Manchas Solares	Orbita de Jupiter	Atividade Vulcânica	ENOS	Seca Chuva	Calor Frio
1900							
1901							
1902							
1903							
1904							
1905							
1906							
1907							
1908							
1909							
1910							
1911							
1912							
1913							
1914							
1915							
1916							
1917							
1918							
1919							
1920							
1921							
1922							
1923							
1924							
1925							
1926							
1927							
1928							
1929							
1930							
1931							
1932							
1933							
1934							
1935							
1936							
1937							
1938							
1939							
1940							
1941							
1942							
1943							
1944							
1945							
1946							
1947							
1948							
1949							
1950							
1951							
1952							
1953							
1954							
1955							
1956							
1957							
1958							
1959							
1960							
1961							
1962							
1963							
1964							
1965							
1966							
1967							
1968							
1969							
1970							
1971							
1972							
1973							
1974							
1975							
1976							
1977							
1978							
1979							
1980							
1981							
1982							
1983							
1984							
1985							
1986							
1987							
1988							
1989							
1990							
1991							
1992							
1993							

O modo de produção capitalista territorializa distintas formas de uso e ocupação do espaço definidos por uma lógica que não atende aos critérios técnicos do desenvolvimento (ou sociedade?) sustentável. Assim, o efeito dos tipos de tempo sobre um espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática, também desiguais. A entrada de um sistema atmosférico, como uma frente fria (frente polar atlântica), por exemplo, espacializa-se de maneira mais ou menos uniforme num determinado espaço, em escala local. Entretanto, em termos socioeconômicos, esse sistema produzirá diferentes efeitos em função da capacidade (ou possibilidade) que os diversos grupos sociais têm para defenderem-se de suas ações (Sant'Anna Neto, 2001).

Se o resultado concreto da entrada dessa frente fria, em área urbana, for a queda de precipitação em grandes quantidades e se o produto final dessa ação desembocar numa enchente, temos que admitir que muito provavelmente as áreas mais atingidas pelas águas deverão ser aquelas onde os equipamentos urbanos e o poder público funcionam de forma mais precária, pois as enchentes não atingem e não afetam a todos da mesma maneira.

Outro exemplo que podemos considerar de forma muito clara é o da relação entre clima e rentabilidade das culturas agrícolas. Tomemos, como exemplo, um ano atípico, irregular (ou de padrão excepcional), em que o regime pluviométrico não tivesse atendido às expectativas dos produtores rurais, em função das necessidades fenológicas de uma dada cultura e que este fato tivesse tido uma dimensão espacial ao nível regional. Analisando este evento apenas através da perspectiva climática, como é feito no âmbito da Climatologia Geográfica, utilizando-nos da análise rítmica, poderíamos facilmente identificar os sistemas atmosféricos atuantes e, associando-os ao balanço hídrico e ao calendário agrícola, teríamos uma explicação muito concreta do porquê desta irregularidade.

Além disto, com os dados de produção e área de uma cultura, obteríamos a sua rentabilidade e demonstraríamos a relação entre a provável diminuição da rentabilidade em função dos padrões pluviométricos desse evento. Entretanto, esses procedimentos não permitem uma compreensão das dimensões sociais, políticas e econômicas envolvidas nesse processo, pois não se incorporam nessa análise essas perspectivas, que são eminentemente geográficas.

Deveríamos levar em consideração, portanto, que determinadas políticas públicas para o setor da agricultura privilegiam o grande agricultor que, capitalizado, tem capacidade de obter e se utilizar do aparato tecnológico (sementes selecionadas, período menor de ciclo vegetativo da cultura diminuindo, assim, a possibilidade de risco, irrigação, controle de pragas etc.).

Desta forma, numa mesma região, um evento climático irregular pode ser extremamente prejudicial ao pequeno agricultor, descapitalizado, destecnificado e sem potencial cooperativo, mas não atingir com a mesma magnitude os grandes complexos agroindustriais.

Num estudo sobre as relações entre chuva e soja no estado do Paraná, Almeida (2000) demonstrou que, em áreas inseridas num contexto de forte modernização da agricultura, essa relação de dependência é inferior a 50%, enquanto em áreas tradicionais, a dependência da rentabilidade da soja com relação às precipitações pluviométricas é superior a 70%.

O clima, tratado como insumo no processo de apropriação e de produção da natureza, assume um papel variado na medida em que as diferentes sociedades (e dentro delas, os distintos grupos sociais) se encontram em momentos diferentes em relação ao processo de

globalização e de mundialização e que, num mesmo território, uma sociedade desigual, estruturada em classes sociais, não dispõe (ou sua lógica assim não o permite) dos mesmos meios para lidar com a ação dos fenômenos atmosféricos de forma a minimizar ou otimizar os seus efeitos para todos os segmentos sociais.

Se em alguns territórios o clima ainda exerce papel determinante, em função do estágio do aparato tecnológico e do desenvolvimento econômico, em outros, a sofisticada tecnificação e as relações de produção altamente modernas minimizam os efeitos adversos da dinâmica climática sobre seus territórios. Assim, esta relação clima-sociedade não mais se dá na dimensão do homem enquanto raça, ou indivíduo, mas sim no contexto do homem como ser social e inserido numa sociedade de classes.

Os episódios climáticos extremos (no sentido de sua variabilidade) associados a certos tipos de tempo (na conceituação do ritmo climático) assumem um grau de complexidade ainda maior do que aqueles já retratados anteriormente, pois o nível de especialização dos processos em escalas locais, combinados com as formas de apropriação do território pelos agentes sociais, resulta num conjunto de relações contraditórias e imensamente mais sofisticadas.

Considerações finais

Ao final desta reflexão, minha maior intenção, definitivamente, não foi a de tentar desconstruir o processo do conhecimento científico. Nem teria bagagem intelectual para tal. O que pretendi, sinceramente, foi levantar questões que podem inclusive se direcionar na contramão da tendência geral, que tem sido a de cultuar a perspectiva de que a ciência (e o racionalismo científico) é ilimitada e que, através de seu desenvolvimento, poderão ser solucionados todos os problemas e demandas colocadas pela sociedade.

Bentley Glass argumentava, em um artigo da *Science*, que tão rápido tem sido o crescimento da ciência em nosso século que criamos a ilusão de pensar que podemos manter esse ritmo de crescimento indefinidamente (Horgan, 1990).

A decodificação do Universo (a grande utopia da ciência contemporânea) pode ser uma grande falácia. Ao mesmo tempo em que os astrônomos, que já sondaram as regiões mais remotas do Universo, não conseguem ver o que existe além de suas fronteiras; os físicos norte-americanos que desenvolviam trabalhos no gigantesco acelerador de partículas, em busca de algo além dos quarks e elétrons, tiveram um fim inesperado quando o congresso dos EUA se recusou a continuar financiando este megaprojeto ao custo de 8 bilhões de dólares, soma maior que os PIB's de dezenas de países pobres da América Latina, África e Ásia. Se o ritmo de crescimento da ciência produzida no pós-guerra tivesse continuado, teria consumido todo o orçamento do mundo industrializado (Horgan, 1999).

Acredito que essas limitações não significam uma descrença generalizada no poder do conhecimento científico em continuar avançando, prosperando e nos surpreendendo. Significa que pensar na ciência no contexto histórico do limiar do século XXI traz em seu bojo uma crença muito maior. Mas uma crença direcionada ao ser humano e a sua capacidade de reordenar as prioridades que culminem em ações concretas que permitam a construção de um mundo mais justo e equilibrado. Como bem afirma Frei Betto (2001), o grande equívoco da modernidade foi achar que a razão humana resolveria todos os problemas.

Bibliografia

- ALMEIDA, I. R. de. *Variabilidade pluviométrica interanual e produção da soja no estado do Paraná*. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista/FCT, 2000. (Dissertação, Mestrado).
- BARRIENDOS, M. GÓMES, L. Análisis de la incidencia de la actividad volcánica en las temperaturas medias mensuales de Barcelona (ss. XVIII-XX). In: MARTÍN-VIDE, J. (ed.). *Avances en climatología histórica en España*. Barcelona: Oikos-tau, 1997. p. 63-90.
- BRADLEY, R. S. JONES, P. D. Records of explosive volcanic eruptions over the last 500 years. In: BRADLEY, R. S. JONES, P. D. (eds.). *Climate since A.D. 1500*. London: Routledge, 1992. p. 606-622.
- BRYANT, E. *Natural hazards*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- BRYANT, E. *Climate process*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- CUADRAT, J. M. PITA, M. F. *Climatología*. Madrid: Cátedra, 1997.
- HORGAN, J. *O fim da ciência: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico*. São Paulo: Cia. das Letras, 1999.
- FREI BETTO. *Crise da modernidade e da espiritualidade*. Presidente Prudente: Unesp/FCT, 2001.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *The science of climate change: summary for policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press/WMO, 1995.
- MOLION, L. C. B. Considerações sobre o aquecimento global. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 3., 1998, Salvador. *Resumos...* Salvador: UFBA, 1998. p. 78-79.
- MONTEIRO, C. A. de F. *Análise rítmica em climatologia*. São Paulo: USP/Igeog, 1971.
- MONTEIRO, C. A. de F. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Mudanças climáticas globais: implicações no desenvolvimento econômico e na dinâmica natural. *Revista Pantaneira*, Aquidauana, v. 2, n. 2, p. 66-78, 2000.
- SANT'ANNA NETO, J. L. *História da climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma geografia do clima*. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista/FCT, 2001. (Tese, Livre-docência).

RESUMEN

Este artículo pretende poner en discusión algunos conceptos básicos de climatología, dentro de la perspectiva de un posible límite físico, financiero y social para el progreso de la ciencia, partiendo de algunos cuestionamientos, tales como: ¿Qué límite sería ese? ¿A partir de qué punto de ese proceso el progreso científico se configuraría como un elemento de exclusión

ABSTRACT

This article discusses some basic climatology concepts from the perspective of its possible physical, financial and social limits for the progress of science, starting from some questions like: Which would these limits be? From what point of this process on, would scientific progress begin to be an element of social exclusion? From a global science point of view,

social? Desde el punto de vista de la ciencia global, puede afirmarse que son tres los mayores vectores del pensamiento contemporáneo: la física de los materiales (nanotecnología), el genoma humano (y de la vida, en general) y los cambios climáticos (natural y antrópico). En el caso específico de los procesos climáticos, la cuestión de las maneras de apropiación del territorio por los agentes sociales y económicos adquiere especial importancia, una vez que esos procesos afectan directamente las transformaciones de corto y medio plazo de la atmósfera terrestre. El arsenal tecnológico usado en esa sección del conocimiento ha generado otras especulaciones y, de cierto modo, demostrado mayores limitaciones que las que aparecen en otras áreas del conocimiento. Así nosotros retomamos el tema de los tres conceptos más fundamentales de la climatología actual, que involucra procesos y una dinámica sumamente compleja, lo que ha estado generando enormes controversias en los medios académicos: el cambio, la variabilidad y el ritmo. Las limitaciones de la ciencia no significan un escepticismo extendido sobre el poder del conocimiento científico en continuar avanzando, prosperando y sorprendiéndonos. Frente al contexto histórico del umbral del siglo XXI, la ciencia proyecta una fe muy grande, una fe que se dirige al ser humano y a su capacidad de reorganizar las prioridades que culminen en acciones concretas, permitiendo la construcción de un mundo más justo y equilibrado. Como afirma Frei Betto (2001), uno de los grandes errores de la modernidad es pensar que la razón humana resolverá todos los problemas.

PALABRAS-CLAVE

Clima – variabilidad – cambio – ritmo.

it can be stated that there are three major vectors of the contemporary knowledge: the physics of materials (nanotechnology), the human genoma (and of the life in general) and climatic changes (natural and anthropic). In the specific case of climatic processes, the issue of land appropriation forms by social and economical agents becomes especially important, once these processes interfere directly in the changing terrestrial atmosphere within short and middle terms. The technological arsenal addressed to this area of knowledge has been generating more speculations and, in a certain way, demonstrated more limitations, than other areas. Thus, we return to the three most fundamental climatologic concepts, that involve extremely complex processes and dynamics and that have been generating enormous controversies in the academic environment: change, variability and rhythm. The limitations of science do not mean a widespread disbelief in the power of scientific knowledge continuously moving forward, prospering and surprising us. It means that, to think about science in the historical context of the threshold of the 21st century brings to surface an even larger faith but a faith addressed to the human beings and their capacity to re-ordinate priorities. These will culminate in concrete actions that allow for the construction of a fairer and more balanced world. As Frei Betto (2001) states, one of the great misunderstandings of modern times is to think that human reason would solve all the problems.

KEY WORDS

climate – variability – change – rhythm.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático¹

João Afonso Zavattini

Professor do Departamento de Geografia do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas da Unesp/RC
Correio eletrônico: zavattini@rc.unesp.br

Resumo

O principal objetivo desta contribuição é revelar a abrangência temporal e espacial dos estudos do ritmo do clima no Brasil, tendo por base as teses e as dissertações produzidas nos programas paulistas de pós-graduação entre 1971 e 2000 e, também, o “Inventário das Obras com Análise Rítmica”, elaborado por Zavattini (2001, p. 356-367). Além disso, são resgatadas algumas obras clássicas do Prof. Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro – semeador do ritmo climático no país – e, nas considerações finais, é realizado um contraponto com uma obra sua em particular (Monteiro, 1969), na qual tenta prever o desenrolar dos estudos climatológicos nacionais, aproveitando para recomendar temas básicos de pesquisa, muitos deles ainda hoje inéditos.

Palavras-chave

Ritmo climático – Brasil – clima – tempo – espaço.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 65-100	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------

Considerações iniciais: um depoimento necessário

Após efetuar, durante o primeiro semestre de 2001, um extenso levantamento da produção em Climatologia Geográfica e tendo composto uma espécie de inventário das teses e dissertações elaboradas entre 1971 e 2000, nos programas paulistas de pós-graduação,² pude concluir que, ao longo dos vinte primeiros anos de minha carreira universitária, transcorridos entre os anos de 1981 e 2000, superestimei a penetração do paradigma da análise rítmica (Monteiro, 1971). Isto porque se, por um lado, sempre o tenha utilizado nas pesquisas de cunho acadêmico (Zavatini, 1983; 1990) e também tenha incentivado a sua aplicação em várias outras (André, 2001; Boin, 2000; Flores, 1995; Menardi Júnior, 2000; dentre outros), por outro lado, creio que deveria tê-lo divulgado ainda mais, tentando melhor detalhar o seu potencial. Além disso, reconhecendo o porte dessa contribuição preconizada pelo professor Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, ousou dizer que ela deveria ter sido melhor compreendida, bem como mereceria maior destaque e utilização, pois o espectro para suas aplicações é muito amplo, embora nem todas as oportunidades estejam sendo devidamente aproveitadas.

É fato que, para tanto, é necessário possuir torna-se imprescindível uma boa base de meteorologia sinótica, especialmente uma boa base de informações sobre a circulação atmosférica geral e regional. Caso contrário, torna-se fica muito difícil trabalhar com o paradigma da análise rítmica. É certo, também, que para fazer a propalada transposição de partituras – do instrumento de sopro para o de corda, segundo Monteiro (1969, p. 7)³ – é preciso ter uma grande dose de paciência, de inventividade e de coragem, tanto no identificar a dinâmica dos grandes sistemas atmosféricos, como no compreender o jogo das massas de ar e dos tipos de tempo, cujas atuações ao longo de diferentes anos-padrão definem cadeias rítmicas – ou seqüências rítmicas – responsáveis pelo caráter pluvial, térmico etc. de tais anos.

A visualização desses encadeamentos atmosféricos depende, basicamente, das respostas locais colhidas nas variações diárias e horárias dos elementos do clima (medições em superfície: estações e postos meteorológicos), nas cartas sinóticas do tempo (pressões reduzidas ao nível do mar e, se necessário, as dos principais níveis isobáricos) e nas imagens fornecidas por satélites meteorológicos. No entanto, interpretar e conjugar toda essa gama de informações,

1. Trabalho baseado na tese de livre-docência *O paradigma do ritmo na Climatologia Geográfica Brasileira (Teses e dissertações dos programas paulistas de pós-graduação – 1971-2000)*, defendida aos 13 de março de 2002, no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp – Câmpus de Rio Claro. A ser publicado, com ligeiras modificações de título e conteúdo, na *Revista Geografia*, Ageteo, Rio Claro-SP.

2. Universidade Estadual Paulista – Unesp (Rio Claro e Presidente Prudente) – e Universidade de São Paulo – USP (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas).

3. Ao comentar obra anterior (Monteiro, 1963), na qual procurou “...ênfatizar a importância da circulação atmosférica como fundamento à caracterização do clima regional”, esse autor revela ter recorrido “...à já valiosa contribuição dos meteorologistas brasileiros como fundamento à dinâmica da circulação.” É quando expõe que “Agindo sob ponto de vista geográfico, procuramos esquematizar ali os grandes tipos de estados atmosféricos ocorrentes na região, segundo os mecanismos da circulação em suas variações sazonais.” Além disso, acrescenta Monteiro, “Naquela tarefa de compilação procuramos fazer trabalho comparável àquele do músico que transpõe uma partitura destinada a um instrumento de sopro para um instrumento de corda. *Tal diferença de natureza instrumental parece-nos, sem exagero, refletir as diferenças de alcance e propósitos entre Geografia e Meteorologia* (grifo nosso).” (Monteiro, 1969, p. 7)

e, a partir daí, vislumbrar o ritmo de sucessão das massas de ar e dos tipos de tempo, isto é, a própria dinâmica atmosférica, é uma ação de caráter eminentemente geográfico, embora se esteja a lidar com informações predominantemente meteorológicas. E, sem esse arcabouço, é propriamente impossível praticar uma análise rítmica em Climatologia.

Pelo fato de ter superestimado a penetração do paradigma da análise rítmica – opinião que se modificaria tanto em função dos resultados obtidos no citado levantamento como, também, graças aos apontados pelo *“Inventário das Obras com Análise Rítmica – Período 1971-2000 – Teses e Dissertações em Climatologia Geográfica da USP e Unesp”* (Zavattini, 2001, p. 356-367) –, gostaria de explicitar a frustração de constatar que, se de uma parte, a evolução do pensamento geográfico no Brasil pode e deve ser considerada grande, de outra parte, os progressos no campo da Climatologia Geográfica poderiam ter sido maiores do que os até hoje alcançados. Isto porque a aplicação do conceito fundamental de clima – o ritmo –, que remonta a Sorre, passa por Pédelaborde e alcança Monteiro e, por consequência, a Geografia no Brasil, a partir de meados dos anos 60, ainda é muito acanhada.

O semeador do ritmo climático no Brasil: Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro

É desnecessário revelar como se deu a adoção do conceito sorreano de clima porque esse assunto, sobejamente tratado por Monteiro ao longo dos anos sessenta e setenta, já mereceu os devidos destaques em sua tese de livre-docência (Monteiro, 1975), da mesma forma que em outras obras mais recentes (Monteiro, 1991; 1999).

O que é preciso mostrar é a maneira como o paradigma do ritmo climático foi se firmando na produção do professor Monteiro,⁴ transformando-o, ousadas à parte, num semeador de idéias, sendo que estas encontrariam um campo fértil e preparado para tal, isto é, a Climatologia Geográfica – principalmente a praticada no Estado de São Paulo ao longo das citadas décadas.

A respeito de sua produção na década de 60, os trechos selecionados e a seguir transcritos notabilizam a busca de um novo paradigma, confirmam a necessidade e a importância do ritmo nos estudos climatológicos e, por consequência, revelam o encaminhamento que o autor daria à proposta de análise rítmica, mais tarde sistematizada (Monteiro, 1971).

No primeiro segmento, é possível observar que, embora a tônica do artigo se volte à necessidade de uma base genética para as classificações climáticas, valorizando a aplicação do método dinâmico das massas de ar e dos tipos de tempo, no contraponto que o autor faz com as limitações do método analítico-separativo, o paradigma do ritmo, em toda a sua expressão, faz o “pano de fundo” daquele debate.

“Se a finalidade precípua do método geográfico é a explicação do fenômeno climático, se esta compreensão só pode ser obtida através da circulação atmosférica regional, regulada pelos centros de ação térmicos ou dinâmicos que, embora distribuídos zonalmente na superfície do globo, são células cuja circulação e com ito, sob a ação dos fatores geográficos, se definem

4. Assunto abordado em outras oportunidades (Zavattini, 1996; 1998; 2000; Zavattini, 2000).

na escala regional, este objetivo só poderá ser alcançado através do *método dinâmico*. Como então, partir da análise separada dos elementos de um clima local, compreender uma gênese e sobretudo proceder a uma classificação? Este problema, focalizado na *orientação analítica tradicional*, baseada em índices numéricos, em dados médios que, mascarando os valores máximos e mínimos, e mesmo aqueles menos ocasionais, que apesar disto existem e se sucedem segundo *uma pulsação e um ritmo próprio* (grifos nossos), nos fornece apenas algo de descritivo.” (Monteiro, 1962, p. 30-31)

No trecho que vem a seguir, o debate continua, mas a ênfase recai na análise geográfica de seqüências de cartas do tempo. É mostrada a importância do arsenal à época disponível, basicamente constituído por cartas sinóticas meteorológicas – que representam superfícies isobáricas – e que são comparadas com as fotografias aéreas, pois ambas representam agrações do real (cenas ou momentos). Entretanto, como bem alerta o autor, as mudanças dos estados atmosféricos não são comparáveis à dinâmica morfológica do relevo terrestre. Discussões à parte, é nitidamente perceptível, nesse artigo, a idéia das cadeias rítmicas (ou seqüências), que são impossíveis de serem captadas somente através dos registros dos valores dos elementos climáticos obtidos em superfície. Além do mais, são os encadeamentos atmosféricos que propiciam a integração dos fatos climáticos com os demais fatos geográficos, como bem explica Monteiro.

“Se um levantamento aerofotográfico de uma área pode servir durante um lapso considerável de tempo como um dos elementos de análise da morfologia da mesma, as cartas do tempo – pela mutabilidade do fenômeno – não assumem a mesma validade. Mas, desde que presas a uma determinada área, constituem o veículo que permite compreender o *ritmo habitual*. Desde que se tenha compreendido, através da análise da circulação atmosférica secundária, o ritmo habitual de sucessão anual dos estados atmosféricos, a análise de *seqüências de cartas de tempo* pode representar, para o geógrafo, um grande instrumento de compreensão. A possibilidade de estabelecer conexões simultâneas entre diferentes fatos climáticos e suas combinações com outros fatos das grandes massas da terra – *naquela figuração espacial que é a seqüência em foco* – fez superar, de muito, a utilização de uma fria tabela de dados numéricos da mesma maneira que *a compreensão do ritmo ultrapassa a utilização de um quadro de dados inscritos em ‘normais climatológicas’*” (grifos nossos). (Monteiro, 1963, p. 172-173).

O terceiro segmento, transcrito a seguir, foi retirado da obra em que Monteiro parte da teoria à prática, mostrando como utilizar as cartas do tempo e delas extrair os índices de participação das massas de ar, em diferentes pontos do espaço. Mais que isso, o autor revela como praticar uma classificação climática de base genética, usando os citados índices de participação, inferidos da circulação atmosférica regional, e apoiando-se em segmento temporal homogêneo. Uma vez mais, o paradigma do ritmo serve de linha mestra, revelando a importância da análise dinâmica da atmosfera, na descoberta das afinidades rítmicas, no nível regional da escala climática.

“*Só podemos atingir a expressão regional, pela análise qualitativa dos elementos, análise essa que é obtida através da correlação desses elementos e das suas variações dentro de um período homogêneo de tempo. A análise qualitativa é, assim, obtida pela consideração do ritmo, já que a preocupação geográfica deve ser a sucessão habitual dos estados atmosféricos.* Se a escala

zonal generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a escala local diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, a *escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica*” (grifos nossos). (Monteiro, 1964, p. 60-61).

Os trechos que se seguirão, foram extraídos de uma obra clássica de Monteiro, realizada em 1964, na antiga Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, embora só tenha sido editada em 1973, pela Universidade de São Paulo. Trata-se do atlas *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo*, cuja tiragem logo se esgotou. A comunidade geográfica, que a ele não tinha acesso há mais de uma década, finalmente pôde contar com uma nova versão integral, agora em meio digital,⁵ cujos cinquenta primeiros exemplares foram distribuídos, gratuitamente, durante o 4.º Simpósio de Climatologia Geográfica, ocorrido em dezembro de 2000, no Rio de Janeiro.

Aqui são usados apenas dois segmentos, fundamentais para o que se quer demonstrar. Trata-se do seguinte: entre 1961 e 1964 – período de feitura do atlas –, Monteiro já havia adotado o paradigma do ritmo e, a partir dele, já preconizava a análise rítmica em Climatologia. Apesar disso, o conciso artigo de 1971 (“Análise Rítmica em Climatologia”) é muito mais conhecido, pois ali as idéias sobre o paradigma estão bem sistematizadas, na forma de regras que mais adiante serão apresentadas. Já no atlas – uma obra imensa –, embora existam inúmeras menções ao paradigma, as idéias encontram-se mais dispersas, dado o seu volume. Compreende-se, assim, a maior penetração do artigo – hoje também esgotado – cujo formato facilitava a consulta, em detrimento do atlas, cujas dimensões, nada portáteis, tornavam-no quase impraticável no dia-a-dia universitário, não bastasse ter-se esgotado há anos.

O primeiro segmento selecionado do atlas foi retirado, propositadamente, do item Conclusões (segundo parágrafo),⁶ pois revela o quanto Monteiro já se importava com o estudo do ritmo climático e como lhe era clara a idéia do uso de anos-padrão na análise rítmica; esta última tida pelo autor como viga mestra da citada obra. A transcrição é a seguinte:

“O corpo principal deste estudo é o tratamento do ritmo, realizado na ‘Série B’ (...) Em toda a análise quantitativa realizada na ‘Série C’ (...), desdobrada nos mais variados aspectos, a abordagem do fenômeno pluvial esteve presa ao caráter da análise rítmica. Foi esta preocupação básica que nos levou a decompor sempre a análise da variação quantitativa do fenômeno através do tempo. A variação sazonal sempre se superpôs à distribuição anual. A seleção e análise detalhada das chuvas segundo anos-padrão obtidos através de meticulosa procura dentro do período utilizado foi um meio mais eficiente ainda no tratamento rítmico. A ‘Série A’ (...), revestida de caráter eminentemente didático, teve apenas o objetivo de conduzir mais comodamente o leitor menos afeito ao tratamento dinâmico do clima à análise rítmica que serviu de viga mestra à obra realizada” (grifos nossos). (Monteiro, 2000, CD-ROM)

O outro segmento dessa obra magistral, aqui transcrito, foi extraído da “Série B” (“A sucessão anual dos tipos de tempo e a distribuição das chuvas”, item I – “Análise Rítmica”)

5. CD-ROM (Versão 1.0), Rio Claro, 2000, elaborado pelo Grupo de Pesquisa “Climatologia Geográfica” (Unesp/CNPq), com o apoio da Associação de Geografia Teorética – Ageteo.

6. Como aqui está sendo utilizada a versão em CD-ROM, não há como mencionar a página.

– os dois primeiros parágrafos⁷ –, tida pelo autor como o cerne do atlas. Nesse trecho, Monteiro avança na conceituação do ritmo climático, evidenciando os termos: articulações dos tipos de tempo, pulsação e dinamismo rítmicos, quase que antecipando os resultados que obteria, em 1967, com a conclusão de sua tese de doutorado (Monteiro, 1969). Eis a referida transcrição:

“Após a caracterização dos tipos de tempo fundamentais sobre o território paulista (‘Série A’ do menu ‘Índice’) é necessário analisar as *articulações* desses mecanismos através do ano. Só assim penetramos na concepção de *ritmo*; perscrutaremos sua *pulsação* e seu *dinamismo* e poderemos nos dar conta de que a maior ou menor incidência de chuvas tem íntimas relações com a pulsação deste ritmo. Esta preocupação foi básica para o presente estudo, na sua tentativa de abordagem genética do fenômeno pluvial. Talvez seja nossa contribuição de maior interesse ao problema na atualidade e sobretudo às suas *perspectivas futuras*. Tal objetivo levou-nos a um *tratamento em profundidade que deu corpo à preparação de uma tese especial (1)*,⁸ onde é feita ênfase sobre o contexto metodológico. Aqui nesta série, conforme explicação dada no submenu ‘Introdução’ do menu ‘Índice’, limitamo-nos a expor os resultados seguidos de explicação restrita, essencial à compreensão” (grifos nossos). (Monteiro, 2000, CD-ROM).

Antes de analisar o artigo de 1971, de fundamental importância à compreensão do paradigma da análise rítmica, apenas para respeitar a seqüência cronológica das obras, convém destacar, *en passant*, que a tese de doutorado de Monteiro, realizada entre 1965 e 1967, pode ser considerada como o auge da produção do autor, na perspectiva daquele paradigma. O seu subtítulo – *Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil* – é, propriamente, revelador daquela fase.

Nessa tese, há um trecho que vem se tornando clássico citar, especialmente sua última frase, que pode ser classificada como lapidar. Ele também é referência porque trata do confronto entre a análise geográfica do autor e a análise meteorológica de Pédelaborde e Vulquim, conforme segue:

“*Acreditamos que a abordagem alcança o nível geográfico quando colocamos a análise dos tipos de tempo em seqüência contínua. Embora nas mais diferentes escalas de tempo ou espaço – desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões representativos da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região, até a análise episódica de um fenômeno local – será necessária a continuidade da seqüência. Por coerência com a noção de ‘sucessão’ de que se reveste o caráter geográfico do clima. Porque só o encadeamento dos estados atmosféricos mostra os ‘tipos’ esquematizados na análise meteorológica precedente, em suas perspectivas reais, revestidos de suas infinitas gradações e facetas. Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a seqüência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica*” (grifos nossos). (Monteiro, 1969, p. 13)

7. Como aqui está sendo utilizada a versão em CD-ROM, não há como mencionar a página.

8. Nota de rodapé do autor: “(1) MONTEIRO, C. A. de Figueiredo – ‘A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)’ – Instituto de Geografia – USP – Série Teses e Monografias n.º 1 – 68 pp. Ilust. – São Paulo – 1969”. (CD-ROM).

Finalizando esse rápido panorama do que foi produzido pelo professor Monteiro, ao longo dos anos 60, é necessário se debruçar sobre a tão mencionada “Análise Rítmica em Climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho” (Monteiro, 1971). Ela representou, durante os anos 70, uma verdadeira cartilha para as teses e dissertações que vingariam na Universidade de São Paulo, quase todas orientadas pelo Professor Carlos Augusto.

A leitura desse artigo de 1971 deixa patente a toda a maturidade e a plenitude científicas atingidas pelo autor, que buscava um novo paradigma para os estudos climatológicos no Brasil. O êxito é tão evidente que se traduz em normas, ali apresentadas, e que permanecem, ainda hoje, válidas e fundamentais. A clareza e a precisão dessas regras representam o papel de prumo em várias pesquisas sobre a realidade climática brasileira, no escopo da Geografia. Elas apontam para o que segue e que não será grifado pela simples razão de que teria de sê-lo por inteiro:

“O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.” (Monteiro, 1971, p. 9)

“Só a análise rítmica detalhada ao nível de ‘tempo’, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região.” (Monteiro, 1971, p. 12)

“Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissolúvelmente ligados à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define.” (Monteiro, 1971, p. 13)

No encerramento deste item, são utilizadas as próprias palavras do semeador do ritmo que, quatro anos após o mencionado artigo de 1971 – por ocasião de sua tese de livre-docência, concluída em 1975 –, assim se pronunciou sobre o novo paradigma dos estudos geográficos do clima no Brasil:

“Enquanto para Pédelaborde o paradigma (que certamente não é o *estado médio* da atmosfera, o que o aproxima de Sorre), seria ‘a totalidade dos tipos de tempo’, para mim é o *ritmo*, ou seja, o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados.” (Monteiro, 1976, p. 30)

O tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático no Brasil: uma tentativa de representação de seis décadas de análises rítmicas (1941-2000)

O “Inventário das Obras com Análise Rítmica – Período 1971-2000 – Teses e Dissertações em Climatologia Geográfica da USP e Unesp” (Zavattini, 2001, p. 356-367) foi construído a partir das informações obtidas no levantamento e na avaliação crítica de cento e oito obras, tendo por base o uso ou não do paradigma em foco e, conseqüentemente, o emprego ou não do conceito de ritmo climático. Desta forma, convém esclarecer, somente das obras que verdadeiramente utilizaram o mencionado paradigma é que foram extraídas as informações de *onde*, *quando*, *como* e *por que* a análise rítmica foi empregada, imprescindíveis à montagem daquele inventário. O objetivo era o de alcançar uma visão sintética da produção paulista em Climatologia Geográfica, buscando enxergar os espaços eleitos pelas teses e dissertações, ou seja, a abrangência geográfica dessa produção científica em nível de pós-graduação. Também era o de verificar, nessas mesmas obras, a presença do tempo, tanto o meteorológico como o cronológico.

Como o citado inventário (Zavattini, 2001, p. 356-367) não possibilita uma visão conjunta dos períodos estudados do ponto de vista rítmico e, menos ainda, das áreas eleitas pelo paradigma, pois é outro o seu objetivo; com as informações temporais, nele contidas, foram construídos cinco quadros cronológicos (Quadros 1 a 5), cobrindo desde a década de 40 até a de 90. Embora ocupem muito espaço nesta contribuição, são apresentados com as respectivas descrições, no intuito de garantir a suficiente compreensão da abrangência temporal das obras inventariadas. Além do mais, com o objetivo de alcançar uma visão espacial da referida produção, foi elaborado um cartograma procurando desvendar, dentro do território nacional, a “geografia” dos estudos do ritmo climático (Figura 1), do qual derivou um segundo, seu corolário, também apresentado, que revela detalhes do espaço brasileiro privilegiado pelo paradigma (Figura 2). Nessa tarefa de ilustrar o tempo e o espaço, contidos nos estudos do ritmo climático, pôde-se contar com a inestimável colaboração do Dr. Marcos Norberto Boin, a quem são dirigidos os mais sinceros agradecimentos.

Desta forma, a partir das informações temporais e espaciais contidas naquele inventário, foram extraídos os períodos em que a análise rítmica foi aplicada de modo contínuo (meses e anos) ou de maneira episódica, isto é, em estudos rítmicos envolvendo alguns dias ou poucas semanas. Contudo, considerando que os intervalos temporais daqueles cinco quadros – cuja apresentação já foi justificada – foram organizados numa base mensal e tendo em conta que são modestas as possibilidades de representar períodos inferiores a um mês em página impressa, é solicitada a devida compreensão dos autores das obras em que foram representadas. Afinal, no formato original previsto para a tese de livre-docência (Zavattini, 2001) e da maneira como a mesma foi realizada, era visada apenas uma avaliação crítica do uso do paradigma. Além do mais, havia a expectativa de que o resultado final apontasse tão-somente para um inventário da análise rítmica, ou seja, não estavam previstas ilustrações cartográficas dos estudos do ritmo do clima no Brasil, menos ainda das suas variáveis espaço e tempo (cronológico).

Uma outra advertência a ser feita é quanto à impossibilidade de traduzir graficamente – com fidelidade absoluta – as séries temporais tratadas do ponto de vista rítmico. Tal tipo de cartografia somente seria alcançado se fossem usadas outras escalas de representação, incompatíveis com os propósitos originais daquela tese e, até mesmo, dos desta contribuição. Assim, quando o caso exigir maior precisão sobre a abrangência temporal do paradigma, é recomendável que se recorra àquele inventário, constante do capítulo 2 da tese mencionada, ou, ainda, em persistindo as dúvidas, que cada uma das sessenta e três obras – sintetizadas no inventário – sejam então consultadas. Quanto às séries temporais de dados climáticos das demais obras – não incluídas no inventário porque não utilizaram a análise rítmica – será preciso recorrer diretamente a cada uma delas, pois as informações lá contidas – por terem sido tratadas sob a ótica da climatologia tradicional e com os recursos estatísticos – acabaram apontando para as normais do clima e não para o seu ritmo. Por esse motivo e, também, para não descaracterizar o escopo da investigação original, foram deixadas de lado, mantendo-se o foco do estudo apenas sobre as obras ligadas, de fato, ao paradigma da análise rítmica.

No entanto, para não se prender apenas ao inventário realizado e no intuito de construir um panorama mais abrangente dos estudos do ritmo climático realizados no Brasil – visto que não foi possível levantar toda a produção brasileira –, foram então incluídas, tanto nos quadros cronológicos decenais – que constam da referida tese – quanto nos dois cartogramas mencionados (Figuras 1 e 2), duas obras produzidas pelo professor Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, mais precisamente o atlas da dinâmica climática e das chuvas no Estado de São Paulo (Monteiro, 1973; 2000) e a sua tese de doutorado, sobre os usos polares em invernos de ritmo pluvial contrastantes, estudados a partir de um eixo traçado ao longo da costa litorânea brasileira (Monteiro, 1969). Isto porque são obras tidas como clássicas – consagradas desde que vieram à luz – e, à parte esses fatos, são pesquisas inconfundivelmente basilares para a Climatologia Geográfica Brasileira.

Da mesma forma, também foi considerado oportuno incluir – tanto nos quadros cronológicos quanto nos cartogramas – o tratamento rítmico presente na “Série Climatologia”, do extinto Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, cujo Laboratório de Climatologia esteve, durante um bom número de anos, sob a direção do professor Monteiro. Como toda essa produção não se encontra mais à disposição dos interessados, pois se esgotou antes mesmo de o instituto acabar, justifica-se assim a sua inclusão nas pretendidas cronologia e cartografia do ritmo climático, cujos comentários são apresentados a seguir.

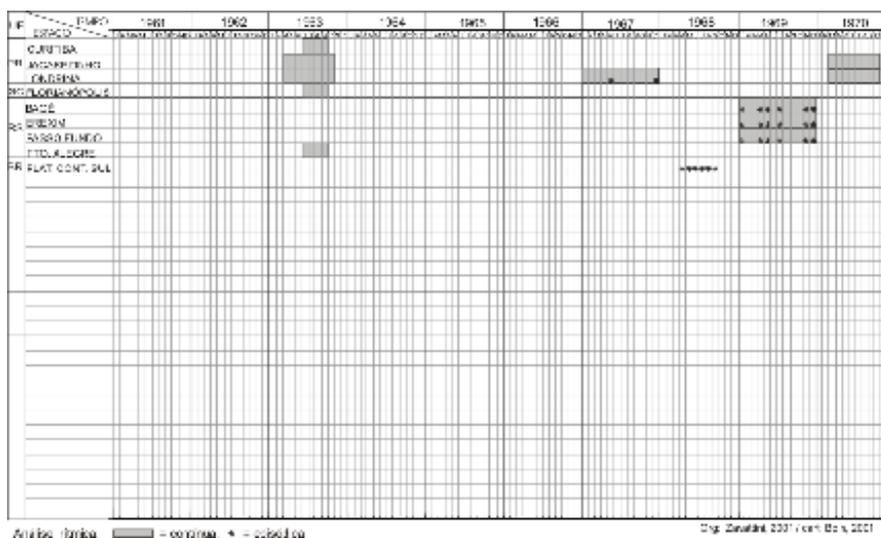
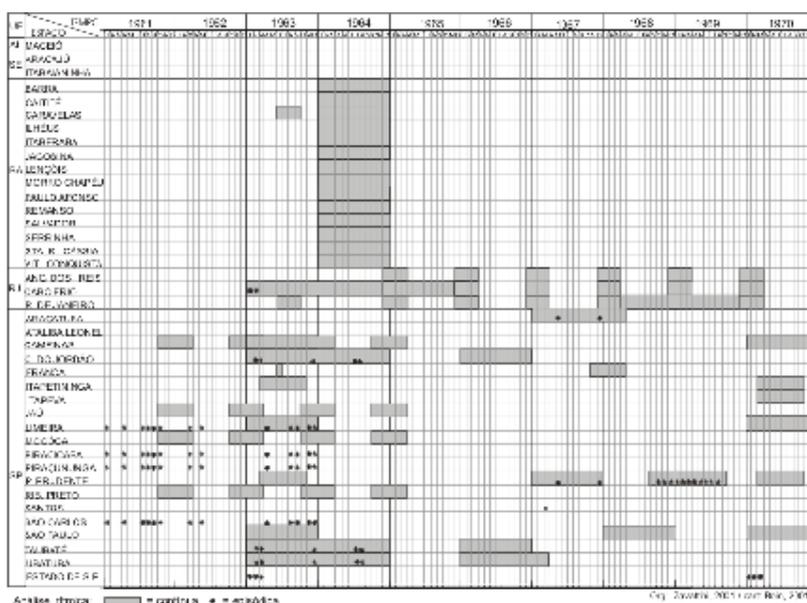
A abrangência temporal dos estudos do ritmo do clima no Brasil

As *décadas de 40 e de 50* (Quadro 1) foram pouco estudadas do ponto de vista do paradigma da análise rítmica. Na primeira década, apenas o ano de 1944 foi investigado em seu ritmo, mesmo assim, apenas no âmbito do estado de São Paulo.

Já os anos integrantes da década de 50 começam a ser analisados tanto na Bahia quanto em São Paulo. Neste estado, inclusive, aparecem as análises episódicas. Entretanto, os anos estudados no estado nordestino (1953 e 1958) não coincidem com os estudados em território paulista (1944, 1952 e 1956), impossibilitando uma visão mais ampla do ritmo do clima no

análises rítmicas. É também procedente mostrar que, em território paulista, muitas cidades foram distinguidas por tais análises, destacando-se as localidades de Campinas, Limeira, São Paulo, Presidente Prudente, Campos do Jordão, Taubaté e Ubatuba. Dentre os autores que contribuíram com estudos de caráter ininterrupto sobre a *década de 60*, podem ser mencionados: Conti (1975), Tarifa (1973), Tavares (1974) e Zavattini (1983).

Quadro 2
Cronologia do ritmo do clima no Brasil – década de 60



Além disso, dois estudos de caráter contínuo – porém inferiores a doze meses e aplicados a áreas previamente delimitadas – devem aqui ser lembrados: o de Câmara (1977), sobre o calendário do trigo na Bacia do Paranapanema (SP/PR), e a tese de doutorado de

Tarifa (1975), sobre os fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no território paulista, ambos de grande importância. Já as análises episódicas, praticadas sobre anos da *década de 60* e relativas ao estado de São Paulo, detiveram-se preferencialmente sobre a Bacia do Corumbataí (SP), graças à obra de Brino (1973). É também sobre anos dessa mesma década que começam a surgir as preocupações de caráter rítmico voltadas para o Sul do país. No estado do Paraná, a cidade de Londrina é a preferida (Câmara, 1977; Zavattini, 1983), enquanto que no Rio Grande do Sul destaca-se o eixo composto pelas localidades de Erechim, Passo Fundo e Bagé, enfocado por Piran (1982). Quanto à análise rítmica do inverno de 1963, que prestigiou – dentre outras cidades – as capitais dos estados sulinos, a mesma deveu-se à tese de doutorado de Monteiro (1969), cujas análises foram baseadas num transepto.

Em síntese, considerando-se que os estudos climáticos dos anos de 1963 e de 1964 – os mais prestigiados pelas análises contínuas do ritmo dentro da *década de 60* – abarcaram somente uma parcela do território nacional, é possível afirmar que ainda não é nesse lapso que o país pode ser visto de maneira abrangente e homogênea, em termos do ritmo do clima.

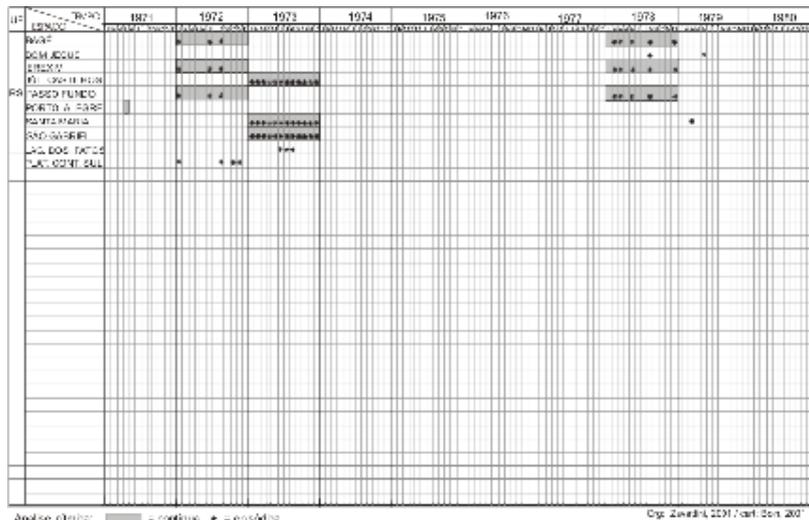
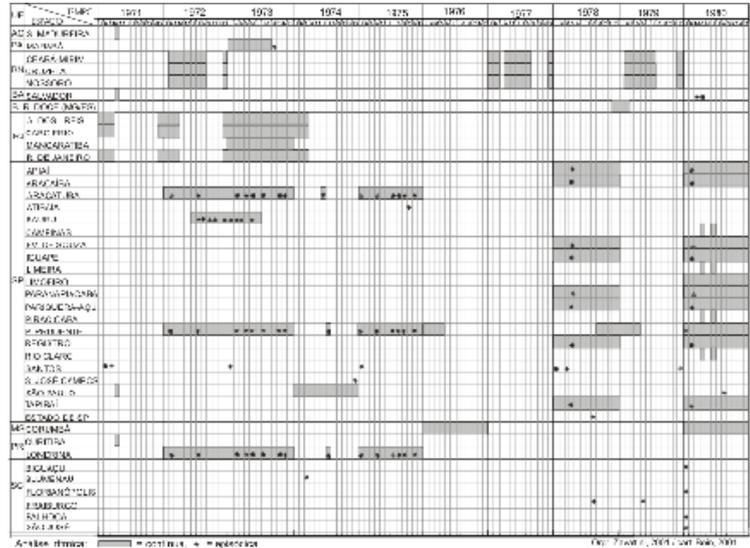
Os estudos sobre a *década de 70* (Quadro 3) revelaram-se os mais ecléticos de todos, tanto pela variedade de anos escolhidos quanto pela quantidade de localidades envolvidas nos estudos do ritmo do clima, assim como pela diversidade de análises empregadas. Pode-se até mesmo afirmar que as análises praticadas sobre os anos dessa década apresentam um caráter único se comparadas com o resultado das demais. O maior destaque fica por conta do ano de 1973, estudado de forma contínua no Norte (Marabá/PA), no Sudeste (estados de São Paulo e do Rio de Janeiro) e no Sul do país (centro do Rio Grande do Sul). A seguir, destaca-se o ano de 1972, analisado nos estados do Rio Grande do Norte, de São Paulo, do Paraná e do Rio Grande do Sul. Ainda se destaca o ano de 1978, pesquisado nos territórios paulista e gaúcho, bem como o ano de 1980, bastante enfocado dentro do território paulista. Foi também com base em anos da *década de 70* que as análises rítmicas episódicas proliferaram, muitas delas acopladas aos estudos de caráter contínuo (Navarro, 1990; Zavattini, 1983).

No Nordeste, mais precisamente no estado do Rio Grande do Norte, o destaque fica por conta do trabalho de Souza (1985). O Rio de Janeiro permanece sob o domínio das obras de Barbière (1975; 1981). No Sul do país, os estudos rítmicos comparativos de Piran (1982) e de Sartori (1979) passam a esquadrihar o clima em território gaúcho, ambos elaborados com base em eixos.

A propósito de comparações rítmicas, merece destaque a publicação n.º 4 da “Série Climatologia” (IG/USP), sobre uma pesquisa executada por Titarelli (1972), envolvendo as localidades de Sena Madureira (AC), Salvador (BA), São Paulo (SP), Curitiba (PR) e Porto Alegre (RS). Nele é feito o acompanhamento da evolução de uma onda de frio pelo Brasil afora, durante o mês de abril de 1971.

Ainda merecem destaque os trabalhos de Navarro (1990), sobre as chuvas orográficas no litoral paulista; de Zavattini (1983), que através de um eixo estuda uma zona de transição climática; além do original estudo de Ribeiro (1975), no qual é enfocada a relação entre os tipos de tempo e o consumo urbano de água (Bauru, SP). Nos estudos sobre a *década de 70*, Presidente Prudente (SP) foi a cidade mais analisada do ponto de vista do ritmo climático (Zavattini, 1983; Barrios, 1987), vindo a seguir as localidades de Araçatuba (SP) e Londrina (PR), pesquisadas por Zavattini (1983).

Quadro 3
Cronologia do ritmo do clima no Brasil – década de 70



É também sobre anos da *década de 70* que – pela primeira vez – episódios de precipitação nível ocorridos em 1978 e 1979, no Sul do Brasil, são distinguidos pelo paradigma do ritmo (Souza, 1997). Ainda com base nos anos de 1978 e 1980, Gonçalves (1993) estuda, de forma contínua, o ritmo climático no Pantanal de Mato Grosso do Sul; enquanto Herrmann (1998), para o ano de 1980, de forma episódica e na perspectiva rítmica, analisa o clima na região metropolitana de Florianópolis (SC). O ecletismo das análises realizadas sobre essa década também está presente nos seus dois últimos anos, prestigiados com os estudos pioneiros sobre as ilhas de calor: em Santa Maria (RS), graças à pesquisa de Sartori (1979); e em Salvador (BA), por obra de Sampaio (1981).

1985 – graças a Malagutti (1993). Há, também, um estudo do ritmo climático na Bacia do Piracicaba (SP) que abrange vários meses de anos contidos na *década de 80*, bem como dois meses do ano de 1980 (que encerra à década de 70) e um mês do ano de 1992 (que pertence à década de 90), realizado por Menardi Júnior (2000).

Estudos episódicos abarcando vários anos da *década de 80* também privilegiaram a capital paulista e foram praticados por Alves Filho (1996), Castro (1993), Lombardo (1985) e Sakamoto (1994), autores que trataram de diversos aspectos do ritmo do clima urbano da metrópole: impacto pluvial, chuva ácida, ilha de calor, configuração do céu etc. Análises episódicas também foram a tônica dos estudos praticados sobre anos dessa mesma década – em diversos pontos da Região Sul do Brasil –, embora o estado do Paraná tenha sido agraciado com os estudos rítmicos contínuos de Deffune (1990), Gutjahr (1993) e Zavatini (1990). No entanto, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, a realidade das pesquisas efetuadas sobre a *década de 80* aponta apenas para os estudos pontuais periódicos nas área metropolitanas de Porto Alegre e de Florianópolis, respectivamente realizados por Danni (1987) e Herrmann (1998), ou ainda, para os episódios de neve, analisados por Souza (1997). Sobre os anos do *lapso 1981/90*, não foram feitas, para o Sul do país, análises rítmicas de períodos superiores a um mês.

Finalmente, adentrando a *década de 90* (Quadro 5), novas características dos estudos do ritmo do clima no Brasil tornam-se visíveis. Em primeiro lugar, praticamente desaparecem as investigações de caráter contínuo anual, com exceção da tese de doutorado de Souza (1998) para o Nordeste, cobrindo os anos de 1993 e de 1995.

Outro fato marcante nos estudos envolvendo anos da *década de 90* é a quantidade de análises episódicas que privilegiam tanto o território paulista, praticadas por Amorim (2000), Castro (1995), Cruz (1995), Nodari (2000), Pitton (1997) e Vecchia (1997), quanto o paranaense, executadas por Danni-Oliveira (1999), Mendonça (1994) e Santos (1996). São trabalhos constituídos, em sua maioria, por análises rítmicas aplicadas ao clima urbano de cidades interioranas e da capital. As localidades paulistas mais prestigiadas por esses estudos foram Rio Claro e São Paulo. No estado do Paraná, as mais pesquisadas foram Curitiba e Londrina.

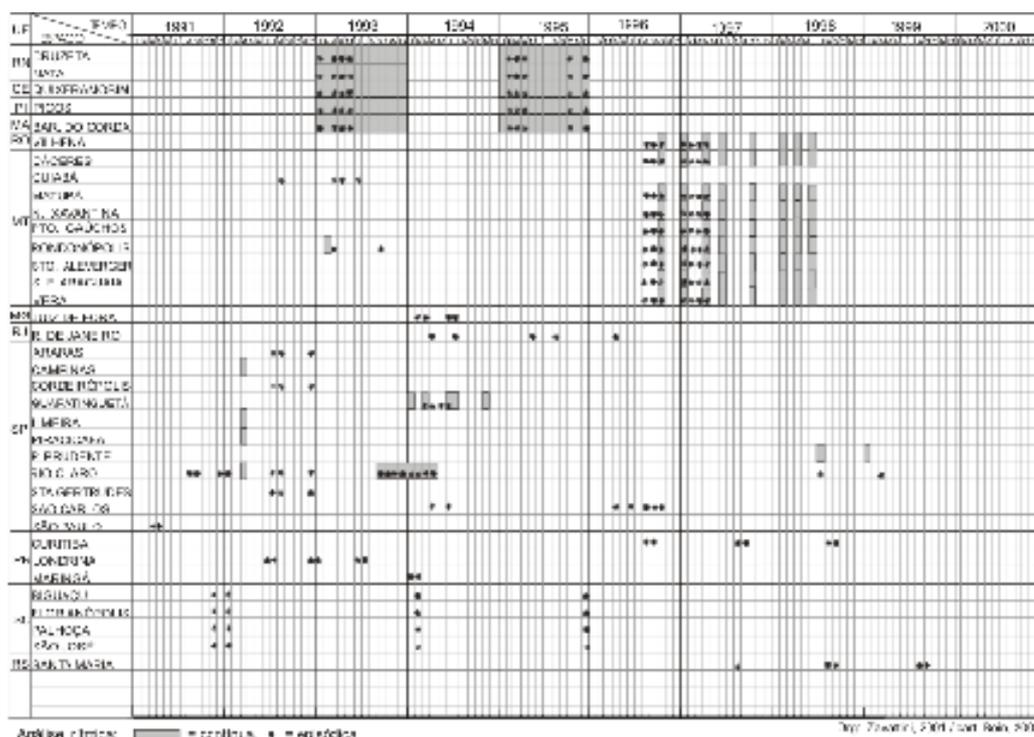
Estudos dessa mesma natureza, elegendo anos da *década de 90*, também foram praticados em outros pontos do território brasileiro, tais como no Rio de Janeiro (RJ) por Brandão (1996) e em Juiz de Fora (MG) por Martins (1996).

O estado de Mato Grosso foi duplamente prestigiado por abordagens rítmicas episódicas do clima urbano: pela de Maitelli (1994), para a capital Cuiabá, cujas análises cobrem um dia do ano de 1992 e três do de 1993; e pela de Sette (2000), para Rondonópolis, que cobre vários dias dos anos de 1996 e 1997. O ritmo climático nesse estado do Centro-Oeste do Brasil também foi analisado por Sette (2000), que enfocou a dinâmica atmosférica e pluvial em vários meses dos anos de 1996, 1997 e 1998. Para a região metropolitana de Florianópolis (SC), Herrmann (1998) prosseguiu estudando episódios que se distribuíram até meados da *década de 90*. O estudo mais original realizado sobre a *década de 90* ficou a cargo de Sartori (2000), cuja tese de doutorado, sobre *Clima e Percepção*, enfatizou os efeitos/as sensações do *Vento Norte* na/da população urbana e rural do município de Santa Maria (RS).

Com base na descrição efetuada – *um balanço cronológico dos estudos do ritmo do clima no Brasil abrangendo o lapso 1941/2000* –, é possível afirmar que ainda não foi atingida uma

visão de conjunto confiável sobre assunto deveras fundamental à Climatologia Geográfica. Isto porque os períodos até agora estudados não se concatenam no espaço, deixando vários trechos do país – que é imenso, um quase continente – ainda descobertos do paradigma da análise rítmica.

Quadro 5
Cronologia do ritmo do clima no Brasil – década de 90



Talvez o biênio 1972/73 ou o ano de 1978 ou o triênio 1983/85 pudessem funcionar como os períodos que mais se aproximaram do padrão ideal para uma visão ampla e, ao mesmo tempo, sintética do ritmo do clima no Brasil, visto terem sido os anos mais estudados em diferentes porções do território nacional. Ou, quem sabe, seja possível também supor que o triênio 1983/85 já seja suficiente para funcionar como exemplo (ou amostra) de lapso em que foi possível captar o ritmo do clima em todo o Brasil, pois o ano de 1983 foi bastante chuvoso em grande parcela do país – houve a manifestação do *El Niño* – e 1985 foi um ano de grande estiagem. Já no ano de 1984, como as chuvas não foram nem excessivas nem escassas ou ausentes, o ritmo climático no Brasil talvez tenha sido do tipo habitual. Nos outros dois anos desse triênio, isto é, em 1983 e 1985, o ritmo foi, sem dúvida, excepcional. Resta, contudo, delimitar mais precisamente até onde, dentro do país, tais características do ritmo climático se manifestaram, ou seja, delimitar as áreas através das afinidades rítmicas regionais e sub-regionais, o que exigiria tempo e cautela, pois são fatos sobre os quais ainda são necessárias muitas ponderações.

Tudo o que foi até então apontado serve para mostrar as dificuldades de compreender, nos dias de hoje e com base nas teses e dissertações em Climatologia Geográfica – produzidas na USP e na Unesp entre 1971-2000 –, o ritmo do clima no Brasil. Tal fato não se repete quando apenas o estado de São Paulo é focalizado, pois o estado já é detentor de respeitáveis séries rítmicas, devidamente analisadas, capazes de dar conta dessa questão, tanto no âmbito do seu território propriamente dito quanto no de suas adjacências. Teria havido, pelo Brasil afora, uma produção assemelhada à da USP e Unesp, capaz de captar o ritmo de sucessão dos tipos de tempo no país ou em regiões dele, mesmo que para tanto fosse necessário agregá-la à paulista? Sobre essa indagação nada podemos afirmar, ao menos no presente momento. Apenas cremos, sinceramente, que será preciso avaliar mais amíúde as séries temporais rítmicas aqui apresentadas. Mas, por ora, o que foi feito era o que estava ao alcance.

É chegado o momento de verificar a dimensão que os fatos narrados adquirem ao serem então cartografados, primeiro tomando por base o país como um todo e depois numa representação mais detalhada, destacando apenas a área mais privilegiada pelos estudos do ritmo do clima no lapso 1941/2000.

A abrangência espacial dos estudos do ritmo do clima no Brasil

Os dados de abrangência espacial – também extraídos do “Inventário das Obras com Análise Rítmica” elaborado por Zavattini (2001, p. 356-367) – foram utilizados para que, uma vez cartografados, revelassem os espaços climáticos estudados do ponto de vista rítmico ou, em outras palavras, revelassem o mapa – ou a “geografia” – do ritmo climático no país.

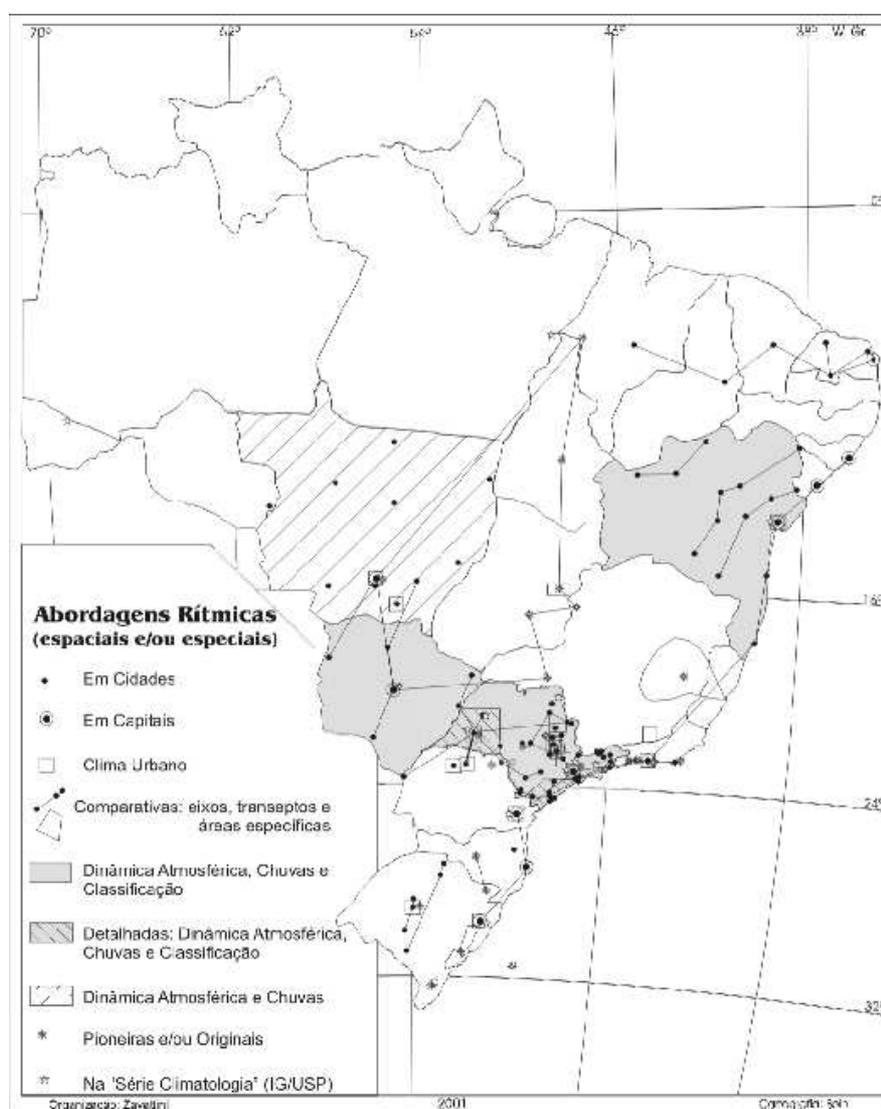
Os cartogramas a seguir apresentados e comentados (Figuras 1 e 2) são, propriamente, o produto desse primeiro esforço cartográfico. Teria sido possível juntar, numa só representação, o tempo e o espaço dos estudos do ritmo do clima no Brasil. Entretanto, essa tarefa demandaria um período adicional, além de fugir, por completo, dos propósitos da tese originalmente realizada e dos deste artigo. Por isso, optou-se por deixá-la para uma outra oportunidade, isto é, caso venha a ser necessária. Porém, neste momento, é preferível narrar o que de mais candente pôde ser observado nos dois cartogramas.

Primeiramente, é fato notório, o estado de São Paulo encontra-se muito bem estudado pelo paradigma. A costa brasileira também parece ter sido bastante prestigiada. Três unidades da federação possuem classificações climáticas obtidas com base no paradigma da análise rítmica: Bahia, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Esta última unidade federativa já conta, inclusive, com detalhamentos rítmicos da classificação climática que, particularmente, esquadrinham bons trechos do seu território (Figura 1).

Notamos, ainda, pelo Brasil afora, que são inúmeros os estudos realizados com base em comparações rítmicas (eixos, transeptos, áreas-teste etc.), assim como o são aqueles voltados para os estudos do ritmo do clima urbano, estes já mais concentrados nas regiões Sudeste e Sul. As análises rítmicas da “Série Climatologia” (IG/USP) não se restringiram apenas a estudar o espaço paulista, pois alcançaram – de forma episódica – as terras do Norte e do Nordeste do país. Além disso, muitas foram as áreas do território nacional que puderam contar com aplicações pioneiras e ou originais do paradigma, embora, uma vez mais, o estado de São Paulo tenha sido o preferido.

Entretanto, são também evidentes os enormes vazios rítmicos em nosso país. Desde o Sul, passando pelo Sudeste e Centro-Oeste, até serem alcançadas as baixas latitudes do Norte e do Nordeste, muito ainda está para ser realizado. Sobre o estado de Santa Catarina, por exemplo, só foram efetuados estudos episódicos específicos: neve no planalto, impacto pluvial na região metropolitana de Florianópolis, inundações em Blumenau etc. Neste aspecto, o Rio Grande do Sul está melhor aquinhado, pois possui estudos contínuos do ritmo, assim como análises episódicas, além de pesquisas sobre clima urbano, neve etc. O estado do Paraná, por sua vez, ainda se apresenta como um campo aberto à investigação rítmica, especialmente os vales dos rios Iguazu e Ivai (porções sul, central e oeste do estado), embora também não existam pesquisas que contemplem o seu litoral (Figura 1).

Figura 1
O ritmo do clima no território brasileiro



Em terras do Sudeste, causa surpresa constatar que é quase total a ausência de estudos do ritmo climático para os estados de Minas Gerais e do Espírito Santo e até mesmo para o interior do estado do Rio de Janeiro, já distinguido com estudos litorâneos e, ou urbanos. No Centro-Oeste do Brasil, a situação é razoavelmente satisfatória. Isto porque essa região possui uma classificação climática para parcela considerável do seu território – o estado de Mato Grosso do Sul –, assim como detém as informações básicas sobre a dinâmica atmosférica e pluvial atuante no estado de Mato Grosso. Além disso, esse estado já é possuidor de alguns estudos do ritmo do clima urbano. Apenas Goiás ficou à margem dos estudos rítmicos. No entanto, se considerada a tentativa de Fonzar (1990) de caracterizar o clima dos cerrados brasileiros, Goiás estaria na categoria de estado já pesquisado do ponto de vista do ritmo climático – ao menos de forma episódica – e, seguindo este raciocínio, o estado de Tocantins – pertencente à Região Norte – também estaria sob idênticas condições.

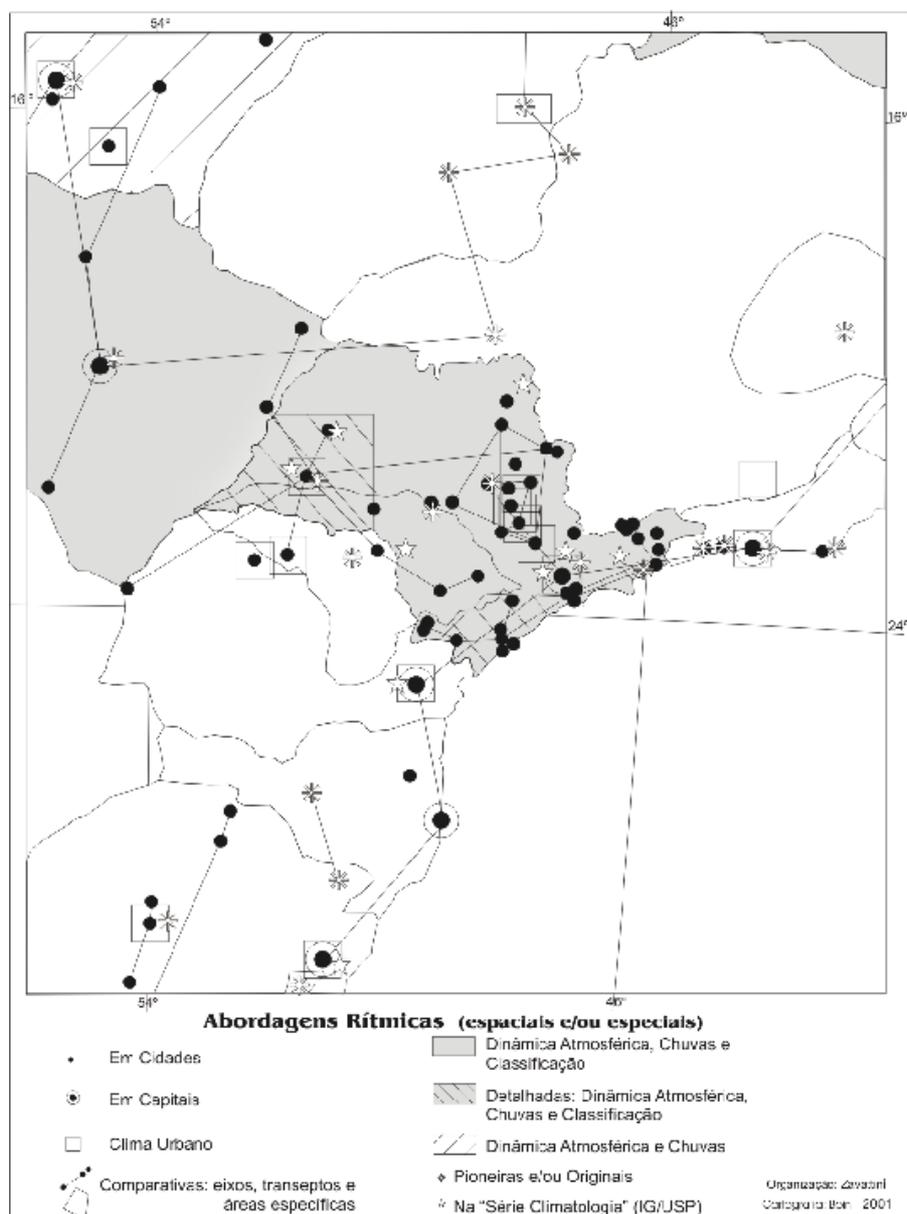
De qualquer maneira, é preciso reconhecer, a Região Norte é a verdadeira representante do vazio há pouco mencionado, pois são raros os estudos do ritmo sobre ela. Os poucos existentes são, propriamente, de caráter episódico e pontual, prestigiando as localidades de Sena Madureira (AC), Porto Nacional (TO), Vilhena (RO) e Marabá (PA). Todavia, é necessário ressaltar que, para esta última localidade, já foi realizado um estudo de clima urbano surpreendente, pois vem acompanhado por uma análise rítmica que cobre os oito primeiros meses do ano de 1973, fato inusitado para esse imenso vazio nortista (Figura 1).

Sobre o Nordeste do Brasil, poderiam ser feitas afirmações geograficamente óbvias como, por exemplo, de que se trata de uma “terra de contrastes”. E isso é bem a verdade quando pensamos na aplicação que o paradigma da análise rítmica teve por lá, pois, se de um lado, o estado da Bahia mereceu uma classificação climática de base genética, de outro lado, mais nenhum estado nordestino foi assim distinguido.

Se é fato que os remotos anos das décadas de 40, 50 e 60 – conforme a cronologia efetuada – apresentam estudos rítmicos contínuos voltados para substancial porção do Nordeste – caso do Atlas da Bahia – também não podemos esconder que, desde então, só os anos da década de noventa voltaram a ser analisados ininterruptamente – e apenas no eixo Natal(RN)-Cruzeta(RN)-Picos(PI)-Quixeramobim(CE)-Barra do Corda(MA). Isto significa que os estudos climáticos baseados no ritmo climático e voltados para os anos oitenta e noventa não foram aplicados a nenhuma outra área nordestina.

Por duas ocasiões, pesquisas baseadas em longos transeptos comparativos (Monteiro, 1969; Titarelli, 1972) privilegiaram a costa baiana e Salvador (BA), urbe que também conta com estudo rítmico do seu clima. No entanto, a extensão completa da imensa faixa litorânea nordestina nunca foi integralmente estudada, menos ainda suas importantes capitais, isto para não falar dos intensos contrastes rítmicos que existem entre a zona da mata, o agreste e o sertão. Eles possibilitam belíssimos estudos climáticos, que poderiam ser feitos através de eixos – dispostos no sentido dos paralelos –, cobrindo áreas específicas de interesse regional. Entretanto, nada disso foi realizado. Assim, também é fácil de se convencer que, do ponto de vista do paradigma em foco, muitos estudos ainda poderiam ser realizados para a Região Nordeste do país. Já Brasília (DF) – a capital federal – momentaneamente será posta de lado, pois ela será tratada nas considerações finais. Por ora, é conveniente analisar o cartograma de detalhe (Figura 2).

Figura 2
O espaço privilegiado pelo paradigma do ritmo



Nessa figura, está representada a área que, dentro do país, foi a mais prestigiada pelo paradigma, não bastasse tratar-se de espaço muito interessante do ponto de vista geográfico, pois é onde se dá o contato trópico/extra-trópico, num pulsar cadenciado do ritmo climático ao longo das terras paulistas e paranaenses. Coincidências de natureza climática e geográfica à parte, as teses e as dissertações da USP e Unesp deram-lhe distinta preferência, com ênfase para o estado de São Paulo. E é por essa unidade federativa que a análise começa.

Sem nenhuma dúvida, é possível afirmar que o ritmo climático no litoral paulista já é conhecido, bem como o existente na Depressão Periférica e, ainda, o que se faz presente no Planalto Ocidental, mais precisamente no Oeste Paulista, todos eles suficientemente analisados. Dentro da Depressão Periférica – que possui um rosário de cidades médias dispostas ao longo de seus eixos rodoviários (vias Anhangüera, Bandeirantes e Washington Luís) –, podemos também notar que já foram efetuados inúmeros estudos rítmicos do clima urbano. O Vale do Paraíba e a Serra da Mantiqueira também já possuem análises baseadas no paradigma (Figura 2).

Quanto aos estudos realizados por meio de transeptos, eles praticamente atravessam todo o território paulista, à exceção de sua porção norte-noroeste. Esta parte do estado, por sinal, ao contrário do que ocorreu com aquela litorânea, encontra-se quase abandonada pelo paradigma. Se, no litoral, proliferaram as análises rítmicas, a ausência das mesmas no norte-noroeste do estado de São Paulo chega a extravasar por terras mineiras e goianas. Em contrapartida, o extravasamento que se dá em direção ao norte do Paraná é qualitativamente inverso, revelando estudos do ritmo na Bacia do Paranapanema e em duas importantes capitais regionais: Maringá e Londrina (Figura 2).

Da mesma forma, o avançar da classificação climática paulista de base genética pelo estado de Mato Grosso do Sul forneceu uma visão contínua do ritmo climático no contato trópico/extra-trópico, sendo que dentro do Estado de São Paulo essa zona de transição climática mereceu, inclusive, estudos de detalhe em suas extremidades oriental e ocidental.

Finalmente, não seria possível deixar de destacar que a metrópole paulistana encontra-se bastante prestigiada pelas análises rítmicas, que vêm estudando diversos aspectos do seu clima urbano, sobre os quais já tivemos a oportunidade de manifestação.

O cartograma apresentado (Figura 2) ainda permite visualizar – com um pouco mais de detalhe – alguns fatos já apontados na descrição da Figura 1, que cobre todo o território nacional, principalmente aqueles relativos aos vazios rítmicos no Paraná, em Santa Catarina, no Rio de Janeiro, em Minas Gerais e em Goiás. Vemos, também, com clareza, o proliferar dos estudos rítmicos do clima urbano, realizados tanto para diversas capitais estaduais (Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Cuiabá) quanto para inúmeras cidades de porte médio e pequeno: Santa Maria (RS), Maringá (PR), Londrina (PR); Presidente Prudente (SP), Campinas (SP), Araras (SP), Rio Claro (SP), Cordeirópolis (SP), Santa Gertrudes (SP), Juiz de Fora (MG) e Rondonópolis (MT).

Após esse tratamento temporal e espacial dos estudos do ritmo do clima no Brasil, nas Regiões Sudeste e Sul e no estado de São Paulo e adjacências, é chegada a hora das derradeiras considerações.

Considerações finais

Como as chances de se manifestar sobre *onde* e *quando* a prática do paradigma da análise rítmica se deu já foram suficientemente aproveitadas, bem como foi possível apontar *quais* são as porções do território brasileiro que permanecem desprestigiadas, agora, no encerrar desta contribuição, a opção será pelo resgate de uma série de idéias do Mestre Carlos Augusto, aventadas no encerramento de sua tese de doutorado (Monteiro, 1969). Essa obra, inclusive,

já serviu para exemplificar o modelo de avaliação do uso paradigma, aplicado a todas as teses e dissertações em Climatologia Geográfica produzidas na USP e na Unesp, entre 1971 e 2000, conforme Zavattini (2001). Aqui, a bem da verdade, o que vai ser feito é muito mais um contraponto do que, propriamente, um resgate.

É oportuno recorrer a essa estratégia para poder revelar as intenções de pesquisa que Monteiro julgava válidas no final da década de 60 – portanto há mais de trinta anos – baseado no paradigma da análise rítmica em Climatologia, naturalmente. Além do mais, são proposições feitas pelo semeador do ritmo e, como agora, as safras decenais já foram reunidas, avaliadas, inventariadas e cartografadas (Zavattini, 2001), é propícia a ocasião para o contraponto.

Em 1967, ao finalizar sua tese, o eminente Geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro dava-lhe o sugestivo subtítulo *Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*, e tentava prever como se desenrolariam os estudos climáticos no país. Assim, acabaria elaborando suas considerações finais sob o rótulo de “Novas Perspectivas – a melhoria das análises rítmicas no futuro e uma programação para a climatologia brasileira”. Ainda hoje essas considerações são oportunas e absolutamente necessárias, principalmente porque boa parte das sugestões oferecidas pelo Mestre, naquela ocasião, permanecem à espera de concretização.

O professor Carlos Augusto, no encerramento dessa tese, embora se desculpando por julgar que a ocasião não se apresentava como das mais apropriadas para a emissão das opiniões a seguir mostradas, procurava justificar-se, alegando que esse seu trabalho prendia-se a outros que o antecediam, motivo pelo qual ele gostaria de “...projetá-lo para o futuro, numa continuação da corrente de investigações climatológicas necessária à geografia brasileira.” (Monteiro, 1969, p. 61). Assim, prossegue o professor, um desejo dessa natureza, “*que poderá parecer descabido no âmbito de uma obra deste tipo, justifica-se pela necessidade que sentimos de transmitir a outros uma tarefa que, cada vez mais, reclama o trabalho em múltiplas equipes. Não se trata, absolutamente, de uma pretensão de querer fornecer uma receita capaz de, pela sua multiplicação resolver os problemas dos conhecimentos climatológicos em nosso país. Acima de tudo, haverá a necessidade de desenvolver, ampliar, corrigir e melhorar o que aqui apresentamos. Os recursos técnicos se nos afiguram sob belas perspectivas de melhoria.*” (Monteiro, 1969, p. 61)

Ponderando sobre suas palavras e sobre o que foi colhido na avaliação das teses e dissertações em Climatologia Geográfica produzidas na USP e na Unesp, no interregno de três décadas (1971-2000), e ainda considerando algumas obras tidas como “clássicas” na Climatologia Geográfica, é possível constatar que, infelizmente, a única vez em que uma equipe se reuniu para produzir uma obra climatológica foi por ocasião da confecção do Atlas da Bahia, no qual o professor Monteiro teve uma participação reconhecidamente fundamental. Desde então, desconhece-se a existência de qualquer esforço desse tipo ou ao menos assemelhado.

Como a recente pesquisa de Zavattini (2001) proporciona uma atualização suficiente da produção nacional em Climatologia Geográfica e não havendo nenhuma obra que, mesmo palidamente, possa ser considerada produção de equipe, lamentamos o contraponto, mas a idéia lançada há tanto tempo ainda não se concretizou, apesar de todo o aparato tecnológico hoje à disposição. Sobre um fato, todavia, o professor Carlos Augusto conseguiu precisar claramente, qual seja, o das melhorias técnicas que os gráficos de análise rítmica passariam a apresentar, conforme segue.

“Repetindo o que dissemos no segundo capítulo deste trabalho, acreditamos que as análises dinâmicas devem constituir o programa de pesquisa na climatologia brasileira nos próximos anos. Há que mobilizar recursos mais eficientes e cômodos à realização destas análises. A microfilmagem de seqüências de cartas de tempo oferecerá maior facilidade de trabalho, ao mesmo tempo que a massa de dados poderá facilmente ser trabalhada com o concurso de computadores eletrônicos. O cálculo do índice de participação dos sistemas atmosféricos aqui testado em escala pequena, poderá ser ampliado com grande proveito, desde que se faça uma adequada programação eletrônica. Todos os recursos disponíveis devem ser mobilizados, não se devendo esquecer o acervo que já existe, fornecido pelos satélites meteorológicos. A geografia, acompanhando o passo das demais ciências, deve incorporar inovações e recursos tecnológicos à sua análise, vivendo o presente e projetando-se para o futuro, em vez de acorrentar-se ao passado.” (Monteiro, 1969, p. 61)

Neste contraponto, é necessário revelar, novamente, que as análises dinâmicas não privilegiaram todo o território nacional, conforme já mencionado. Quanto aos recursos oferecidos pela microfilmagem de cartas do tempo, é lamentável informar, mas, segundo fontes seguras, há muitos anos que o Instituto Nacional de Meteorologia não executa a microfilmagem das cartas sinóticas que elabora. Além disso, é preciso considerar que o acesso às imagens de satélites meteorológicos – cujo considerável acervo pertence ao Inpe – é muito oneroso aos pesquisadores das universidades públicas, não bastasse que aos geógrafos a tarefa de obtenção dessas imagens não costuma ser muito simples e, tampouco, agradável.

No tocante aos computadores, estes vieram, realmente, para facilitar as pesquisas na Geografia e, em particular, na Climatologia Geográfica. Porém, como é “típico” do usuário de eletrodomésticos que primeiro liga o aparelho e depois, se necessário, consulta o manual, também com relação aos microcomputadores – tão banalizados que se tornaram simples eletrodomésticos – e ao seu uso na pesquisa, a história se repete. Assim, primeiro tenta-se “domesticá-los” (ou “submetê-los”) e, só depois, quando não se consegue, recorre-se aos cursos apropriados. Um outro fato, esse mais grave, é que no meio universitário existe uma nítida predileção – e a Geografia não escapa dela – por programas estrangeiros. Recria-se, assim, nos tempos de hoje, o que desde há muito se conhece, isto é, o colonialismo cultural. Desta maneira, a maioria dos recursos computacionais aportados e utilizados reproduz modelos de fora, quase sempre desvinculados da realidade geográfica e climática do Brasil, naturalmente. E isso é duplamente lamentável, pois a história do colonialismo vai se perpetuando, numa “eterna repetição”, e tudo o que resta a fazer é, infelizmente, assistir ao fato, ainda uma vez, na esperança que de algo mude.

Até mesmo quem já teve a chance de elaborar, na década de oitenta, programas computacionais específicos para estudos climáticos regionais (cálculo dos índices de participação dos sistemas atmosféricos e construção dos gráficos de análise rítmica, dentre outros), continua a ser ignorado a esse respeito, caso, por exemplo, de Zavattini e Flores (1988a; 1988b; 1990). Existem, ainda, estórias mais pitorescas. Mas, deixando de lado o que poderia parecer um desagradável lamentar – e é bom esclarecer que não tratamos disso, em absoluto, pois bem sabemos o significado da pesquisa universitária – retomemos, sem mais delongas, o necessário contraponto que vinha sendo efetuado.

O professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, naquela mencionada obra, prossegue mostrando que: “As necessidades de melhoria nos conhecimentos climatológicos do Brasil estão a demandar uma aplicação de análises regionais, especialmente na zona intertropical, na qual se inclui a maioria do nosso território” (Monteiro, 1969, p. 61), principiando, então, os dois derradeiros itens de sua tese, intitulados “Análises Regionais” e “Análises Episódicas”. Deles são extraídas algumas recomendações que, prosseguindo com a estratégia adotada, serão contrapostas à realidade captada pela investigação de Zavattini (2001). Sobre as “Análises Regionais” o professor Carlos Augusto é bastante incisivo:

“deverão ser feitas à base da sucessão anual, mostrando-se o ritmo de variação sazonal. Por ordem de prioridade, poderíamos sugerir três metas fundamentais:

1) Um programa de revisão do clima do NORDESTE, à base de aplicação de análises rítmicas regionais, em anos padrão selecionados ao longo de eixos representativos, a fim de que pudéssemos alcançar a essência mesma do problema climático da região: a extrema variabilidade de ritmos. Há várias décadas temos nos contentado em dar balanços quantitativos e em registrar índices de aridez. Mas as secas se alternam com enchentes vigorosas e inundações catastróficas, revelando, ao problema do aprovisionamento d’água, facetas muito diferentes daquelas de outras regiões deficitárias em água no globo. Apesar de um razoável levantamento dos mecanismos gerais de circulação regional, legado por SERRA há já vários anos, não sabemos ainda quais os termos precisos da participação da convergência dos aliseos ou da equatorial continental no teor de chuvas da região, bem como da influência direta e efetiva da Frente Polar no aumento da pluviosidade.” (Monteiro, 1969, p. 62)

Como já constatamos, à exceção do Atlas Climatológico da Bahia (Bahia/Seplantec/ Ceplab, 1978) e dos estudos de Souza (1985; 1998) para o Rio Grande do Norte e para o extremo norte da Região Nordeste, o país continua à espera de novas investigações. No segundo tópico das recomendações sobre as análises regionais que deveriam ser aplicadas ao Brasil, o professor Monteiro aponta para “2) *A vastidão da AMAZÔNIA [, que] não deverá ficar à mercê da remotíssima possibilidade de aumento de sua rede de observações meteorológicas. Com as poucas estações já existentes, é possível fazer-se algumas análises rítmicas, bastando para isto que os anos-padrão escolhidos possam ser os mesmos dos dados disponíveis fornecidos pelos satélites meteorológicos. O programa TIROS, aplicado à sondagem da faixa equatorial, já nos legou preciosos dados que devem ser utilizados. Se a rede de observações na Amazônia implica numa plotagem deficiente e precária, e o traçado da convergência dos aliseos é problemático, as fotos tomadas por aqueles satélites, revelando os sistemas de nuvens, é capaz de localizar, com precisão, aquele importantíssimo sistema da zona equatorial. Qualquer amostragem aproveitando estes dados será sumamente importante. Um intercâmbio com os países do extremo norte do continente sul-americano seria de grande proveito à melhor caracterização climática da Amazônia Brasileira, para a qual se voltam, atualmente, tantas atenções e promessas.” (Monteiro, 1969, p. 62)*

Uma vez mais é necessário revelar que as evidências indicam outras direções. O grande vazio de estudos rítmicos sobre o Norte do Brasil já está suficientemente demonstrado no primeiro cartograma apresentado (Figura 1), que, por sua vez, também revela que a única obra

com análise rítmica contínua (quase anual) realizada para essa porção brasileira é pontual – estudo do clima urbano de Marabá (PA) – e foi obra de esforço conjunto (Monteiro; Tarifa, 1977). Portanto, não é mais preciso tratar desse assunto. É preferível lembrar que, embora os satélites meteorológicos tenham se multiplicado, o acervo de imagens pertence ao Inpe, e sobre isso também já se falamos, ainda há pouco.

O que vale a pena destacar é que se outrora havia problemas com o traçado da Convergência Intertropical, conforme apontava o autor, agora eles existem, propriamente, com o traçado das isóbaras, isto é, com o traçado de *todos* os núcleos de pressão, tão necessários à identificação dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a América do Sul e, naturalmente, sobre o território nacional. Esse problema passou a ocorrer desde que o Instituto Nacional de Meteorologia parou de microfilmear as suas cartas sinóticas diárias. Além disso, também como já foi dito, porque o acesso ao acervo de imagens meteorológicas do Inpe não é dos mais simples. Assim, diante dessas dificuldades, as análises rítmicas passaram a utilizar as cartas do tempo confeccionadas pela Marinha do Brasil, de fácil obtenção e muito adequadas para a identificação dos sistemas de pressão no mar, porém, como é compreensível, possuidoras de uma “frouxidão” isobárica continental que chega a preocupar. E, lamentavelmente, muitos têm sido os trabalhos a se valerem desse tipo de carta sinótica, que continua sendo executada sem interrupções e, talvez, na atualidade, seja o único instrumento sinótico disponível e acessível aos geógrafos.

Quanto ao intercâmbio com os vizinhos países do norte da América do Sul, conforme sugeria o Mestre, bem como sobre as atenções e promessas que a Amazônia despertava dentro e fora do país, pelo visto, tudo está como em 1967, quando o professor Carlos Augusto concluiu sua tese, ora usada como contraponto aos estudos do ritmo do clima no Brasil.

Ainda há, por parte do referido professor, uma última sugestão de ordem regional para a análise rítmica. Trata-se da importância de se estudar uma ampla área de nosso território, aquela dominada pelo regime pluviométrico típico do “Brasil Central”, com chuvas concentradas na primavera/verão e praticamente ausentes durante o semestre de outono/inverno. Sobre esse fato ele diria: “3) *As necessidades de melhores esclarecimentos sobre a transição das áreas de período seco, definidos em cerca de seis meses, para aquelas quase permanentemente úmidas, o interesse e atualidade do ‘cerrado’, estão a exigir análises rítmicas ao longo de eixos que, partindo do litoral, atravessem o PLANALTO CENTRAL, até a Amazônia. A este propósito, lembraríamos a necessidade da inclusão de BRASÍLIA neste eixo. Além de sua condição de capital e de centro de área prioritária ao desenvolvimento e sua próxima condição de posto-chave nas recepções meteorológicas do hemisfério sul, já conta com quase um decênio de bons dados do Serviço de Climatologia, da Diretoria de Rotas Aéreas.*” (Monteiro, 1969, p. 62)

Novamente, embora seja uma tarefa desagradável, é preciso mostrar que dessas recomendações quase nada se concretizou. Mesmo porque, embora exista um trabalho sobre o cerrado brasileiro, a área que ele envolve – o Brasil Central – deixa de lado tanto o litoral quanto a Amazônia, não bastasse o fato de que a análise rítmica nele executada tão somente privilegiou alguns períodos do ano de 1984, conforme apontado. Brasília, que se encontra incluída nessa obra, continua aguardando um estudo mais específico. Afinal, se em 1967 o professor Monteiro já mostrava a sua importância como capital e pólo de desenvolvimento no interior do país, hoje, quando a cidade já agrega mais de dois milhões de habitantes entre o seu plano-piloto e as adjacências, passa da hora um estudo que procure focar aspectos específicos

do seu clima urbano, bem como aqueles relacionados ao conforto humano e às doenças dos aparelhos respiratório e cardiovascular, pois é público e notório que a longa estiagem de meio de ano (abril a setembro), representativa do ritmo climático habitual daquela região, afeta, sobremaneira, o ritmo de vida dos que lá residem, trabalham, estudam, se divertem, enfim, vivem nessa capital.

Finalmente, é procedente observar quais eram as recomendações que o Mestre julgava importantes, à época, sobre as “Análises Episódicas”. Iniciando esse derradeiro item de sua tese de doutorado, o autor expõe que: “Por toda a parte, onde a disponibilidade de recursos permitisse, deveriam ser realizadas amostragens locais pela análise episódica, onde a natureza calamitosa seria um fácil guia na escolha” (Monteiro, 1969, p. 63). Sobre esse assunto, com base nos quadros cronológicos e nos cartogramas construídos e comentados por Zavattini (2001), podemos afirmar, com segurança, que houve grande aceitação dessas idéias.

Contudo, é visível a preferência dos enfoques episódicos pelas cidades, geralmente relacionados a problemas ambientais urbanos (enchentes, deslizamentos de encostas, impactos pluviiais etc.). No entanto, apesar dessa predileção pelo urbano, não devemos esquecer que o estudo episódico pioneiro mais remoto que foi resgatado foi o de Cruz (1972), sobre escorregamentos na Serra de Caraguatubá, no litoral paulista. E que, desde então, sobre as áreas serranas, o ritmo atmosférico e a pluviosidade – na interface climatologia/geomorfologia – não mais despertaram o interesse dos estudos geográficos.

Entretanto, convém reforçar, notamos que a presença de análises rítmicas episódicas foi se tornando quase uma prática permanente naquelas obras com análises de caráter contínuo (anuais, semestrais etc.), o que representou uma grande contribuição do paradigma ao conhecimento do clima em território nacional. Neste sentido, estudos episódicos praticados em bacias hidrográficas diversas também viriam a colaborar para essa ampliação de conhecimento em Climatologia Geográfica.

Uma outra recomendação do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, voltada às análises episódicas, precisa ser aqui lembrada, pois a sua importância é fundamental. Trata-se da abordagem que, por necessidade intrínseca, deve detalhar o tempo atmosférico e o tempo cronológico. Todavia, o levantamento geral com cento e oito obras (Zavattini, 2001) revelou que sua prática, conforme sugerido pelo professor Monteiro, não é muito freqüente, embora devesse ser inerente a todo estudo envolvendo episódios climáticos intensos (excepcionais ou calamitosos). Segundo o Mestre *“A diminuição da escala na abordagem episódica deverá ser, forçosamente, acompanhada por um desdobramento da análise. Em apenas alguns dias é possível, e mesmo imprescindível, analisar a seqüência diária do tempo, desdobrada em suas quatro cartas sinóticas, do mesmo modo que os elementos devem ser considerados em unidades horárias de observação; as chuvas serão estudadas em sua ocorrência real, sendo imprescindível o registro pluviográfico. É preciso não esquecer que estas análises episódicas, para serem geográficas, deverão enfatizar as correlações dos fenômenos acima dos fenômenos propriamente ditos. Além da grande repercussão através de suas implicações humanas, elas estão fadadas a fornecer preciosos elementos quantitativos, de grande alcance geomorfológico. Estes dados extremos têm grande importância na caracterização das sistemas morfoclimáticos vigentes, nos moldes daqueles preconizados por Cailleux e Tricart, em sua morfologia climática (Cailleux e Tricart, 1958).”* (Monteiro, 1969, p. 63)

Deparando-se com essas indicações e já quase ao final desta contribuição, ocorre mencionar que, além daquela obra de Cruz, há pouco citada, também nas de Conti (1973) e de Navarro (1990) esse tipo de detalhamento recomendado esteve presente, sendo que ambas enfocaram os efeitos orográficos na gênese pluvial. Há, ainda, outras mais recentes que também se utilizaram desse tipo de tratamento – que desdobra a informação –, dentre as quais se destacam as de Santos (1996) e Herrmann (1998), ambas sobre problemas climáticos e geomorfológicos catarinenses (repercussão de episódios pluviais intensos).

Destaca-se, também, a de Boin (2000), que decompõe, em minutos, as chuvas intensas no Oeste Paulista, de forma idêntica à dos pluviogramas, pois seu objetivo era alcançar a erosividade pluvial. Esta obra ainda se distingue pelo fato de seu autor ter acoplado à análise rítmica contínua (diária e horária) as análises de superfícies de tendência e de resíduos, o que lhe possibilitou uma visão tridimensional do espaço analisado (ritmo atmosférico, gênese pluvial e formas do relevo), isto é, uma visão geográfica que, por sua vez, permitiu-lhe construir cartogramas de grande impacto, nos quais detalha as unidades climáticas e aponta para as áreas de risco à erosão pluvial.

O professor Monteiro, já então concluindo sua tese de doutorado, passa a tecer uma série de considerações sobre o papel do paradigma da análise rítmica. Neste momento, apenas algumas serão utilizadas, pois muitas delas prendiam-se a um debate que, à época, fazia sentido – a dicotomia Geografia Física/Humana – e que hoje e aqui é preferível tangenciar, embora não possamos julgá-lo superado, pois esse assunto daria, sem dúvida alguma, uma belíssima tese no âmbito da Ciência Geográfica (ou a Geografia seria apenas uma disciplina?). Eis outro tema candente! Mas, deixando de lado esse debate, é oportuno recordar a opinião do professor Carlos Augusto sobre o paradigma, nessa obra executada entre 1965 e 1967, na qual dizia:

“A análise rítmica em climatologia apresenta-se aos geógrafos brasileiros do presente e do futuro imediato, como uma obrigação. Duas razões, igualmente importantes, assim o exigem. A primeira delas é uma questão de obediência metodológica. Num momento em que o geógrafo é considerado ‘historiador do presente’ e a geografia solenemente proclamada mais ‘ciência humana’ do que ‘ciência da terra’ (GEORGE e outros, 1966) é necessário comprovar a sua unidade e esclarecer que os grandes progressos reclamados no domínio social o são, e com muito mais razão, no domínio natural.” (Monteiro, 1969, p. 63)

Como podemos notar, para o professor Monteiro, o uso do paradigma nos estudos geográficos do clima não contribuiria para ampliar a dicotomia na Geografia mas, pelo contrário, servir-lhe-ia para dar mais unidade, o que sem dúvida alguma é fundamental. Consoante essa idéia e comparando os fatos sociais e econômicos com os naturais, o Mestre também sustentaria que estes *“não devem ser esquecidos, por mais fascinantes que sejam os fatos sociais; a complexidade e hierarquização das combinações de fatos geográficos deve ser percebida em sua harmonia. Os fatos naturais não são apenas um suporte à atividade humana, que é cada vez mais importante, mas devem se juntar aos outros do contexto geográfico, que os alemães tão bem designam de ZUSAMMENHANG. Não devemos esquecer que o mundo ‘super-desenvolvido’, do mesmo modo que aquele da ‘erosão normal’, se apresenta em cerca de apenas dez por cento da superfície do globo (...)”* (Monteiro, 1969, p. 64)

Com relação a essas questões – muito bem apontadas – e que não apenas revelam a falsa dicotomia da Geografia mas, também, o velho e rançoso colonialismo cultural que nela teima em sobreviver, o professor Monteiro ainda juntaria mais algumas, comparando, de maneira sutil, por exemplo, os tratamentos dados aos fatos climáticos em suas diferentes escalas de abordagem (temporais, espaciais, geográficas, meteorológicas, geológicas etc.), muitas vezes confundidas pela população e, até mesmo, por membros de nossa academia. É quando revela e afirma que:

“A situação climática atual é nossa preocupação e sua descrição geográfica é perfeitamente válida nos termos em que a colocamos. Se os fatos humanos são dotados de maior mobilidade na escala do tempo do que aqueles do domínio natural não devemos nos esquecer de que, dentre estes, os fatos relativos à atmosfera têm mobilidade especial. Embora a variação das situações climáticas na escala dos tempos geológicos seja lenta, as situações climáticas geográficas, atuais, são essencialmente dinâmicas e mutáveis.” (Monteiro, 1969, p. 64)

Finalmente, ao declinar a segunda razão pela qual acreditava que o uso do paradigma da análise rítmica em Climatologia devesse ser obrigatório, o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro explicaria tratar-se de *“uma dívida à cultura nacional. A geografia do Brasil é impregnada de ‘tropicalidade’ que decorre da posição de nosso país no globo. Não só o conhecimento do clima é necessário às tarefas de planejamento e valorização econômica, integradas na grande obra do desenvolvimento nacional, como também, na qualidade de mais extenso país intertropical do globo, temos obrigação de oferecer à geografia universal nossa contribuição neste domínio. Os mestres europeus, notadamente franceses, que se empenharam na implantação da ciência geográfica entre nós, legaram-nos ‘normas’ de trabalho. Os resultados devem advir da exata aplicação desta metodologia na análise de um problema cuja vivência é nossa, e a nós cabe a tarefa de analisá-la. Que o interesse dos nossos geógrafos empenhados nesta tarefa de análise não seja desvirtuado pelo exagero cientificista de preocupação de mensuração direta, que é tarefa do meteorologista. Devemos aproveitar o legado que estes já nos forneceram, o que, em que pese as dificuldades, foi obra gigantesca. Devemos deixar de lado os complexos pela falta de utilização de aparelhos e laboratórios em nossa ciência. Estes devem existir, mas são de natureza a não comprometer nossa metodologia e nossos propósitos de síntese, tarefa sem dúvida já bastante meritória.”* (Monteiro, 1969, p. 65)

Hoje, lendo o parágrafo acima, que encerrava uma tese realizada entre 1965/67 pelo semeador do ritmo e preconizador da análise rítmica em Climatologia, no âmbito da Geografia Brasileira, e considerando os resultados colhidos por Zavattini (2001), podemos ponderar sobre alguns pontos, estritamente ligados ao paradigma em foco, pois o trecho transcrito daria margem a muito mais.

Podemos afirmar, sem titubear, que o professor Monteiro, embora nada devesse, pagou a dívida, oferecendo normas de trabalho em Climatologia que podem, sem nenhum problema, ser aplicadas também fora do país, o que inverteria a “mão única” do velho colonialismo sob o qual vive a Geografia. Todavia, o uso do paradigma da análise é desconhecido rítmica em terras estrangeiras.

Se os discípulos do Mestre continuaram a contabilizar saldo positivo, essa já é uma outra questão. O capítulo 2 da tese de Zavattini (2001, p. 36-367) – no qual cento e oito obras levantadas são analisadas ao longo de mais de trezentas páginas – procura exatamente revelar a “contabilidade” do uso do paradigma (ou seu inventário). Essa primeira “operação” (ou procedimento) realizada, de exclusão por avaliação – pois não se tratava de uma simples subtração matemática – foi bastante favorável ao paradigma, apontando sessenta e três obras que, de uma forma ou de outra, o empregaram.

Entretanto, ao ser efetuada a segunda “operação”, de ordem temporal, tentando retratar por meio de quadros cronológicos decenais a abrangência do paradigma, ficou nítido que o cenário veio a piorar, pois apenas alguns anos foram amplamente estudados através da análise rítmica.

Quanto à terceira e derradeira “operação”, de base cartográfica e escopo geográfico, visando esboçar um panorama dos estudos do ritmo do clima em território brasileiro, o resultado espacial final desagradou, pois verificamos que apenas uma parcela do país foi favorecida pelo paradigma.

Finalmente, no que se refere ao desejo de levantar todas as obras nacionais que usaram o ritmo como paradigma, conforme explicitado no IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (Rio de Janeiro, dezembro de 2000), o que podemos informar é que não foi possível alcançá-lo. A esperança é que a contribuição oferecida venha, ao menos, servir como lenitivo aos que permaneceram na expectativa daquele anseio. E o que foi realizado, creiam, era o que se apresentava como exequível, embora uma equipe talvez pudesse ter feito muito mais.

Bibliografia

- ALVES FILHO, Ailton Pinto. *Episódios pluviais intensos na Região Metropolitana de São Paulo: uma avaliação no decênio 1982-1991*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1996. (Dissertação, Mestrado).
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2000. (Tese, Doutorado).
- AOUAD, Marilene dos Santos. *Tentativa de classificação climática para o estado da Bahia: uma análise quantitativa dos atributos locais associada à análise qualitativa do processo genético*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1978. (Dissertação, Mestrado).
- BAHIA. SEPLANTEC. CEPLAB. *Atlas climatológico do estado da Bahia: o clima como recurso natural básico à organização do espaço geográfico*. Salvador, 1978. (Documento Síntese).
- BARBIÉRE, Evandro Biassi. Ritmo Climático e Extração do Sal em Cabo Frio. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 37, n. 4, p. 23-109, out./dez.1975.
- BARBIÉRE, Evandro Biassi. O fator climático nos Sistemas Territoriais de Recreação: uma análise subsidiária ao planejamento na faixa litorânea do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 145-265, abr./jun.1981.

- BARRIOS, Neide Aparecida Zamuner. *A cotonicultura na região de Presidente Prudente. O regime pluviométrico e as variações de produção*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1987. (Dissertação, Mestrado).
- BOIN, Marcos Norberto. *Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000. (Tese, Doutorado).
- BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. *O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese, Doutorado).
- BRINO, Walter Cecilio. *Contribuição à definição climática da Bacia do Corumbataí e adjacências (SP), dando ênfase à caracterização dos tipos de tempo*. Rio Claro: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro (atual Unesp), 1973. (Tese, Doutorado).
- CÂMARA, Nely Severino. *Os insumos climáticos no sistema de produção do trigo no estado de São Paulo*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1977. (Dissertação, Mestrado).
- CASTRO, Agnelo Wellington Silveira. *Clima urbano: as precipitações pluviais em Rio Claro – SP*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1995. (Dissertação, Mestrado).
- CASTRO, Maria Glória da Silva. *A chuva ácida na cidade de São Paulo*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1993. (Dissertação, Mestrado).
- CONTI, José Bueno. *Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região Lesnordeste Paulista*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1975. (Teses e Monografias, 18).
- CRUZ, João Carlos Lautenschlaeger da. *Características térmicas da camada intra-urbana em Rio Claro (SP)*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1995. (Dissertação, Mestrado).
- CRUZ, Olga. *A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba – SP. Contribuição à Geomorfologia Litorânea Tropical*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1974. (Teses e Monografias, 11).
- DANNI, Inês Moresco. *Aspectos têmporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982 – contribuição ao estudo do clima urbano*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1987. (Dissertação, Mestrado).
- DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. *A cidade de Curitiba/PR e a poluição do ar – implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1999. (Tese, Doutorado).
- DEFFUNE, Gláucia. *Clima e uso da terra no norte e noroeste do Paraná – 1975/1986: subsídios ao planejamento regional*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia

- Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990. (Dissertação, Mestrado).
- FLORES, Edilson Ferreira. *Sistema de Informação Climatológica: desenvolvimento e inserção no Sistema de Informação Geográfica “Geo-Inf+Map”*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1995. (Dissertação, Mestrado).
- FONZAR, Benedicta Catharina. *Os principais campos de pressão da América do Sul e sua atuação na caracterização do clima dos cerrados (savanas) do Centro-Oeste do Brasil*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990. (Tese, Doutorado).
- GALLEGRO, Lucy Pinto. *Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: um ensaio em climatologia urbana*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1972. (Tese, Doutorado).
- GONÇALVES, Julio Cesar. *Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona oeste do Pantanal Sul-Matogrossense*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1993. (Dissertação, Mestrado).
- GUTJAHR, Mirian Ramos. *Crêterios relacionados à compartimentação climática de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Ribeira de Iguape*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1993. (Dissertação, Mestrado).
- HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. *Problemas geoambientais na faixa central do litoral catarinense*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1998. (Tese, Doutorado).
- LOMBARDO, Magda Adelaide. *Ilha de calor nas metrópoles – o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MAITELLI, Gilda Tomasini. *Uma abordagem tridimensional de clima urbano em Área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá-MT*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994. (Tese, Doutorado).
- MALAGUTTI, Marta. *Caracterização dos tipos de tempo e aplicação de índices de sensação de conforto humano nas estâncias climáticas do estado de São Paulo*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1993. (Dissertação, Mestrado).
- MARTINS, Luiz Alberto. *A temperatura do ar em Juiz de Fora-MG: in uências do sítio e da estrutura urbana*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1996. (Dissertação, Mestrado).
- MENARDI JÚNIOR, Ary. *Regime e ritmo das chuvas na Bacia do Rio Piracicaba: variações e impactos*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000. (Tese, Doutorado).

- MENDONÇA, Francisco de Assis. *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno* – proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994. (Tese, Doutorado).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional*. *Revista Geográfica*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44, jul./dez. 1962.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas de tempo: pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia. *Revista Geográfica*, Rio de Janeiro, v. 32, n. 58, p. 169-179, jan./jun. 1963.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. *Revista Geográfica*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 61, p. 59-69, jul./dez. 1964.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1969. (Teses e Monografias, 1).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1971. (Climatologia, 1).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo* – estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1973.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1976. (Teses e Monografias, 25).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Fatores climáticos na organização da agricultura nos países tropicais em desenvolvimento* – conjecturas sobre o caso brasileiro. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1981. (Climatologia, 10).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *O estudo geográfico do clima*. Florianópolis: Imprensa Universitária, 1999. (Cadernos Geográficos, 1)
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo*. Rio Claro: Unesp, Ageteo, 2000. 1 CD-ROM.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MARKUS, Eva; GOMES, Katharina Markhan Ferreira. *Comparação da pluviosidade nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul nos invernos de 1957 e 1963*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1971. (Climatologia, 3).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; TARIFA, José Roberto. *Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1977. (Climatologia, 7).
- NAVARRO, Eduardo de Almeida. *A orografia e seu papel na gênese das chuvas: estudo de área do litoral paulista*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto

- de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1990. (Dissertação, Mestrado).
- NODARI, Luciana Aparecida. *Variações térmicas ocorridas em dois conjuntos habitacionais de Rio Claro: o Santa Maria e o Vila Elizabeth*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000. (Dissertação, Mestrado).
- NUNES, Lucí Hidalgo. *Impacto pluvial na Serra do Paranapiacaba e Baixada Santista*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990. (Dissertação, Mestrado).
- PIRAN, Neide Lourdes. *Contribuição ao estado do clima de Erechim-RS*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1982. (Dissertação, Mestrado).
- PITTON, Sandra Elisa Contri. *As cidades como indicadoras de alterações térmicas*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997. (Tese, Doutorado).
- RIBEIRO, Antonio Giacomini. *O consumo de água em Bauru-SP: o tempo cronológico e o tempo meteorológico aplicados na elaboração de subsídios à previsão de demanda de água*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1975. (Dissertação, Mestrado).
- SAKAMOTO, Luiza Luciana Salvi. *Relações entre a temperatura do ar e a “configuração do céu” na área central da metrópole paulistana: análise de dois episódios diários*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994. (Dissertação, Mestrado).
- SAMPAIO, Antonio Heliodório Lima. *Correlações entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1981. (Dissertação, Mestrado).
- SANT’ANNA NETO, João Lima. *Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990. (Dissertação, Mestrado).
- SANTOS, Gilberto Friedenreich dos. *Vale do Garcia (Blumenau-SC): análise climato-geomorfológica e a repercussão dos episódios pluviais no espaço urbano*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese, Doutorado).
- SARTORI, Maria da Graça Barros. *O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1979. (Dissertação, Mestrado).
- SARTORI, Maria da Graça Barros. *Clima e percepção*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2000. (Tese, Doutorado).

- SETTE, Denise Maria. *O clima urbano de Rondonópolis-MT*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1996. (Dissertação, Mestrado).
- SETTE, Denise Maria. *O holorrítmo e as interações trópico-extratropical na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2000. (Tese, Doutorado).
- SEZERINO, Maria Lurdes. *As condições climáticas e o cultivo da maçã em São Joaquim – Santa Catarina*. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1982. (Dissertação, Mestrado).
- SOUZA, Cleonice Furtado de. *Ritmo climático e irregularidades pluviométricas no estado do Rio Grande do Norte: com repercussões nas atividades econômicas do sal marinho, algodão arbóreo e cana-de-açúcar*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1985. (Dissertação, Mestrado).
- SOUZA, Cleonice Furtado de. *Dinâmica climática e as chuvas no Nordeste brasileiro no Eixo Barra do Corda/MA – Natal/RN: relações com o fenômeno El Niño*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1998. (Tese, Doutorado).
- SOUZA, Rodolfo de Oliveira. *A ocorrência de neve em planaltos subtropicais: o caso do Sul do Brasil*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997. (Dissertação, Mestrado).
- TARIFA, José Roberto. *Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo Oeste Paulista: ensaio metodológico aplicado ao ano agrícola de 1968/1969*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1973. (Teses e Monografias, 8).
- TARIFA, José Roberto. *Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo: uma análise quantitativa do processo genético*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1975. (Teses e Monografias, 19).
- TAVARES, Antonio Carlos. *O clima local de Campinas: introdução ao estudo do clima urbano*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1974. (Dissertação, Mestrado).
- TITARELLI, Augusto Humberto Vairo. *A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1972. (Climatologia, 4).
- TOMÁS, Denis Dorighello. *Comportamento da umidade relativa do ar em centros urbanos: o exemplo da metrópole de São Paulo*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1999. (Dissertação, Mestrado).
- VECCHIA, Francisco. *Clima e ambiente construído. a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997. (Tese, Doutorado).

- ZAVATINI, João Afonso. *Variações do ritmo pluvial no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná (eixo Araçatuba-Presidente Prudente-Londrina)*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1983. (Dissertação, Mestrado).
- ZAVATINI, João Afonso. *A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990. (Tese, Doutorado).
- ZAVATINI, João Afonso. A Climatologia Brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático - desenvolvimento, progresso e perspectivas. *Boletim Climatológico*, Presidente Prudente, v. 1, n. 2, p. 11-20, nov. 1996.
- ZAVATINI, João Afonso. A Climatologia Geográfica Brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático. *Revista Geografia*, Rio Claro, v. 23, n. 3, p. 5-24, dez. 1998.
- ZAVATINI, João Afonso. Desenvolvimento e perspectivas da Climatologia Geográfica no Brasil: o enfoque dinâmico, a noção de ritmo climático e as mudanças climáticas. In: SANT'ANNA NETO, João Lima. ZAVATINI, João Afonso (orgs.). *Variabilidade e mudanças climáticas*. Maringá: Eduem, 2000. parte 4, p. 225-251.
- ZAVATTINI, João Afonso. O paradigma da análise rítmica e a Climatologia Brasileira. *Revista Geografia*, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, dez. 2000.
- ZAVATTINI, João Afonso. *O paradigma do ritmo na Climatologia Geográfica Brasileira: teses e dissertações dos programas paulistas de pós-graduação – 1971-2000*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2001. (Tese, Livre-docência em Climatologia).
- ZAVATINI, João Afonso. FLORES, Edilson Ferreira. O emprego da computação e da estatística em estudos de climatologia regional voltados para as variações do ritmo pluvial. In: SIMPÓSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 3., 1988a, Rio Claro. *Resumos...* Rio Claro: Unesp, 1988a. p. 125-129.
- ZAVATINI, João Afonso. FLORES, Edilson Ferreira. Construção do gráfico de análise rítmica via computador. In: SIMPÓSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 3., 1988b, Rio Claro. *Resumos...* Rio Claro: Unesp, 1988b. p. 130-133.
- ZAVATINI, João Afonso. FLORES, Edilson Ferreira. Gráfico de análise rítmica – aplicações e adaptações. In: SIMPÓSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 4., 1990, Rio Claro. *Resumos...* Rio Claro: Unesp, 1990. p. 13-15.

RESUMEN

El propósito principal de este trabajo es demostrar el alcance cronológico y espacial de los estudios brasileños sobre el ritmo climático, con base en las tesis climatológicas desarrolladas en las universidades de São Paulo (USP y UNESP) durante el período 1971/2000, y apoyado también en el “Inventario de las Obras Climatológicas Brasileñas con Análisis Rítmicos” de Zavattini (2001, p.356-367). Se rescatan también algunas contribuciones clásicas del Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro – el propagador del ritmo climático en Brasil – y en las consideraciones finales hace un contrapunto con una de sus contribuciones en particular (MONTEIRO, 1969), donde intenta predecir el desarrollo de los estudios brasileños sobre el ritmo climático. Recomienda también temas básicos de investigación científica, varios de ellos todavía no abordados hasta hoy.

PALABRAS-CLAVE

Brasil – ritmo climático – clima – tiempo – espacio.

ABSTRACT

The aim of this work is to point out the time and space scope of Brazilian climate studies based on both master course and doctorate dissertations produced between 1971 and 2000 in State Universities (USP, UNESP) of São Paulo, Brazil, as well as the “Inventory of Theses on Rhythmic Analyses”, gathered by Zavattini (2001, p.356-367). Besides, some classical contributions by PhD Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro – who first disseminated the concept of climatic rhythm in Brazil - are brought to stage and, in the final considerations, one of his researches is addressed in particular (MONTEIRO, 1969), in which he tries to predict the development of the studies on Brazilian climatic rhythm and also recommends basic themes for research, several of them not yet accomplished today.

KEY WORDS

Climatic rhythm – Brazil – climate – time – space.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global

Lucí Hidalgo Nunes

Instituto de Geociências – Unicamp

Correio eletrônico: luci@ige.unicamp.br

Resumo

A comunidade científica tem assinalado fortemente que importantes mudanças climáticas já estariam em curso no planeta. Todavia, deve-se ter em mente que alterações constantes são uma característica primária do planeta, registradas ao longo de toda a sua história. Assim, o ponto central da discussão atual sobre mudanças climáticas é a forma em que as atividades humanas têm modificado o equilíbrio planetário, incluindo alterações nos processos e em suas velocidades. O artigo discute brevemente como o atual aquecimento da atmosfera poderia estar superimposto às variações naturais. Avalia, também, o papel da tecnologia, que têm altos custos e é limitada em seus propósitos. Ainda, reforça que os modelos revelam um cenário dramático num futuro próximo. Estas questões são exemplificadas no artigo pela análise de como mudanças no uso da terra têm afetado os processos atmosféricos em diferentes escalas (global, regional a sub-regional e local).

Palavras-chave

Aquecimento global – alterações climáticas.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 101-110	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Introdução

Talvez o aspecto mais marcante do planeta Terra seja a sua dinâmica, ocorrente em todos os sistemas, ainda que em ordens de grandeza diferenciadas. Este fato é particularmente presente nos processos atmosféricos.

Em associação a essa dinâmica natural, está a capacidade humana em perturbar o sistema ambiental, evidenciada de modo incontestável nas últimas décadas, alterando o equilíbrio físico-químico do planeta, a superfície e a velocidade dos processos.

Essa modificação do ambiente global tem se dado de forma abrupta, ainda que os processos envolvidos sejam apenas parcialmente entendidos. Não se distinguem claramente as alterações antropogênicas daquelas de ordem natural (IPCC, 2001). Não se sabe, sequer, o quanto não se sabe.

É uma situação sem precedentes, pois é esperado que em uma geração o ambiente que sustenta a vida e os processos físicos vigentes mude mais rapidamente do que em qualquer outro período da história humana.

Essa alteração se dá de forma desigual, imprimindo tendências localizadas, que retem o modelo de desenvolvimento econômico e padrões de ocupação do espaço definidos em macroescala, mas cujas repercussões são mais claramente sentidas no nível local (Nunes, 2002b).

Uma série de fatos “comprovam mudanças significativas nas características climáticas em macro, meso e micro-escalas...” (Conti, 2000, p. 17). Assim, na seqüência, são apresentadas algumas informações gerais em três níveis escalares (zonal, regional a sub-regional e local) e como as transformações no ambiente têm repercutido no clima nesses níveis. Embora os controles atmosféricos de cada escala sejam distintos, os vários níveis escalares estão interligados, afetando-se indistintamente.

O nível zonal

A manutenção das formas animadas e inanimadas no planeta depende da constância do fluxo de energia que entra e sai do sistema, conhecido por balanço de radiação.

Qualquer superfície irradia calor, mas o comprimento de ondas e o fluxo de radiação dependem da temperatura absoluta do corpo que emite. O sol, cuja temperatura é de 6.000K (cerca de 5.700°C), emite entre 0,2 e 10 micrômetros, enquanto que a Terra (288K, 15°C), entre 4 e 50 micrômetros. Ademais, sendo a quantidade de radiação proporcional à 4ª potência da temperatura absoluta do corpo radiante, o sol emite muito mais do que a Terra. Estima-se que a quantidade de energia emitida pelo sol que é interceptada pelo planeta corresponda a menos de 1 sobre 2 bilionésimos do total. Embora ínfima em relação ao total emitido pelo sol (56×10^{26} cal/min), essa energia é o que permite a manutenção do nosso planeta (McKnight, 1996).

A quantidade de energia que chega do sol é chamada de constante solar, apesar de ela ter variações. A ciclicidade de 11 anos é a mais regular, mas apresenta alterações na escala de 80 anos ou mais. No início do século XVII, por exemplo, ela quase desapareceu, estando

associada à fase mais forte da “pequena idade do gelo”. Mudanças na translação e rotação da terra, na escala de milhares a milhões de anos, também afetam a forma como a energia solar é distribuída no tempo e no espaço (Ciclo de Milankovitch).

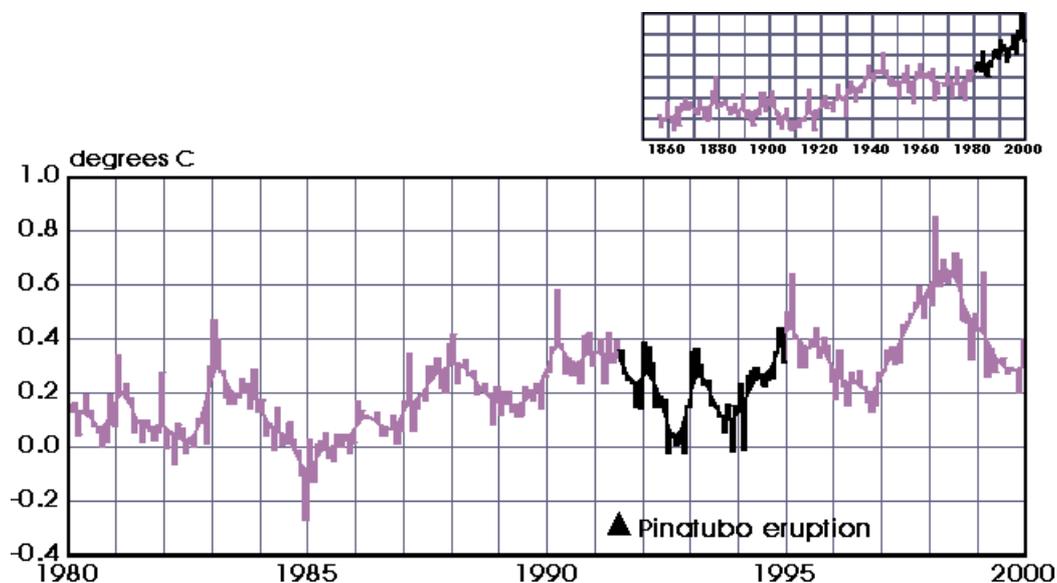
A maior parte dos constituintes da atmosfera é transparente à radiação emitida pelo sol, mas alguns gases como vapor d’água, ozônio e dióxido de carbono absorvem radiação de onda curta. Mudanças na quantidade desses elementos na atmosfera, portanto, podem afetar o quanto de calor radiante é absorvido.

O planeta vem se mantendo em equilíbrio radiante nos últimos séculos, o que significa que a quantidade de energia que entra e que sai do sistema Terra é igual. De outra maneira, ele estaria se aquecendo/resfriando, comprometendo a continuidade dos processos bióticos e abióticos, adaptados às condições climáticas vigentes.

Alterações naturais no balanço de radiação podem ocorrer devido à mudanças na umidade ou aumento de impurezas na atmosfera. Erupções vulcânicas, por exemplo, injetam grandes quantidades de poeira e gases como dióxido sulfúrico, que reduzem a quantidade de energia radiante que alcança a atmosfera por alguns meses. A Figura 1 ilustra esse fato:

Figura 1

Média global da temperatura mensal (1980-1999) destacando o efeito da erupção do Pinatubo em 1991. No gráfico superior, temperatura média global para um período maior



FONTE: Climate Research Unit, Universidade de East Anglia – <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/causecc/>

Entretanto, a comunidade científica vem alertando que a ação humana está interferindo no balanço de radiação. Mudanças no uso do solo e atividades diversas têm aumentado a proporção de gases que absorvem a radiação reemitida pelo planeta, aprisionando-a próxima à superfície terrestre, elevando a temperatura. É o chamado efeito estufa antropogênico.

Entre os gases de efeito estufa, que impedem que uma parcela da radiação emitida no planeta escape para o espaço, o mais comentado é o dióxido de carbono. Entretanto, outros são mais eficientes na promoção do efeito estufa, como o metano e o óxido nítrico, respectivamente 25 e 250 vezes mais potentes como gases de efeito estufa. Os cloro uorcarbonos (CFCs), que não existem naturalmente na atmosfera, superam em muito esses gases naturais: CFC-11 e CFC-12, respectivamente 17.500 e 20.000 vezes mais eficazes na retenção de energia no planeta (Simon; De Friers, 1992). Devido às atividades humanas, os atuais níveis de dióxido de carbono e metano da atmosfera são muito mais altos do que em qualquer outro período nos últimos 420.000 anos e suas concentrações continuam a crescer (Pages-IGBP Science 3, s/d).

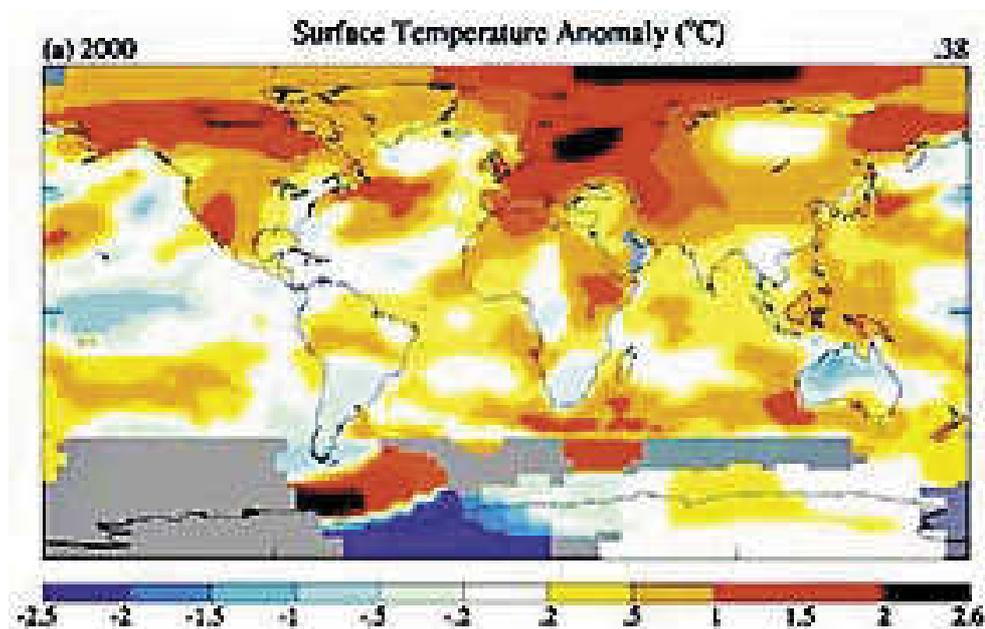
É importante sublinhar que o efeito estufa natural sempre existiu, sendo primordial para a manutenção das formas animadas e inanimadas do planeta. Entretanto, uma maior contribuição de gases de efeito estufa na atmosfera levaria ao rompimento do equilíbrio radiante do planeta.

As precipitações e principalmente a temperatura têm sido os principais indicadores de mudança climática, por ter-se mais dados disponíveis desses elementos do clima.

As figuras abaixo ilustram alterações desses elementos em anos recentes:

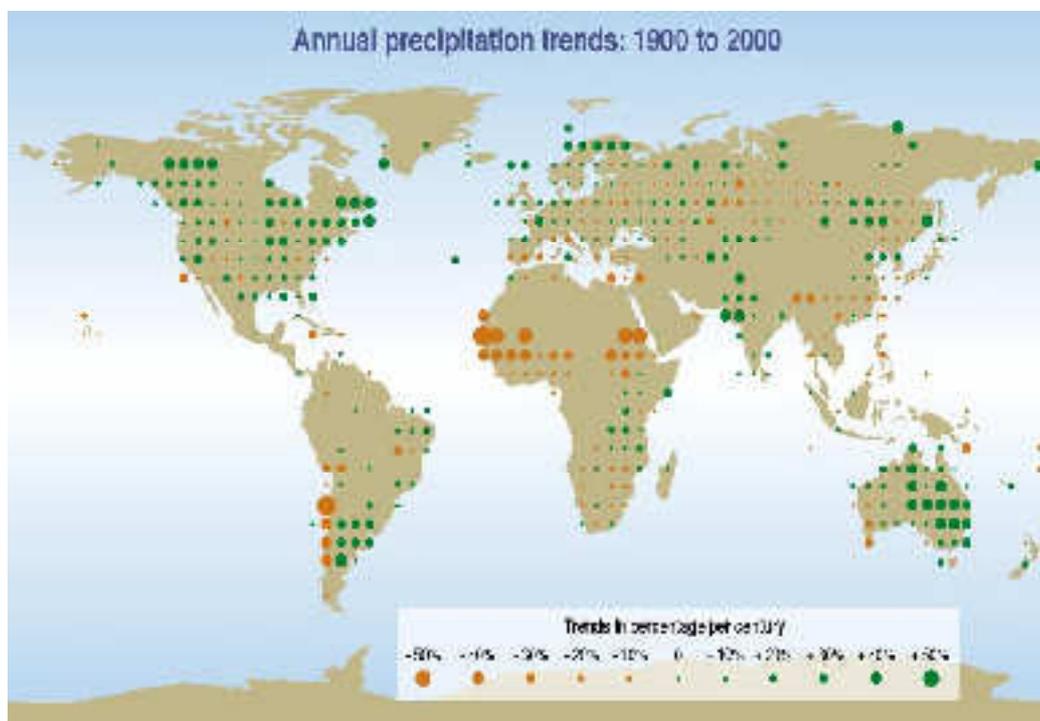
Figura 2

Anomalias da temperatura média anual (°C) de 2000 em relação ao período 1951-1980



FONTE: Global Climate Change Research Explorer – <http://www.exploratorium.edu/climate/primer/index.html>

Figura 3
Tendência anual da precipitação entre 1900 e 2000



FONTE: IPCC – <http://www.ipcc.ch/>

O nível regional a sub-regional

Seguindo o proposto por Monteiro (1976), adaptado ao propósito desta discussão, considera-se aqui como limites espaciais da escala regional grandezas da ordem de 10^4 milhões de Km, e sub-regional, 10^2 centenas de Km.

Alterações do clima regional a sub-regional ocorreriam a partir de mudanças nos controles atmosféricos que organizam essas escalas, qual sejam centros de ação e sistemas atmosféricos associados e atributos geográficos.

No passado histórico, há algumas evidências de alterações da circulação atmosférica. Pinturas em cavernas estimadas em 12.000 anos e depósitos de sedimentos retratam as condições ambientais de então, atestando que a atual área-core do Saara teria sido muito mais úmida. O ressecamento ocorrido poderia estar associado a alterações na circulação atmosférica, que teriam deslocado sistemas produtores de chuva, como a Zona de Convergência Intertropical. Aventa-se também que poderia ter acontecido uma pequena mudança na órbita terrestre, alterando a distribuição de energia solar na superfície do planeta (IGBP Science 4, 2001). Como agravante, teria contribuído o uso intensivo do solo nesse local naturalmente vulnerável, a partir de mudanças de valores socioculturais da população, que deixou de ser nômade, passando a se fixar no local.

Registro de anéis de árvores indicam que, há aproximadamente 800 anos, teria ocorrido expansão dos ventos de oeste nos platôs norte-americanos, com bloqueio das fontes de ar úmido (Bryson e Murray, 1977, Pages-IGBP Science 3, [20–]).

As recentes chuvas excepcionais de agosto de 2002 na Europa Central e Oriental estiveram associadas ao deslocamento mais para o sul da corrente do jato, com predominância de baixas pressões. Habitualmente, no verão dominam altas pressões, que se estendem dos Açores até o sul da Europa. Fortes ventos associados foram registrados no Atlântico e Europa Central (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin_0802/extra.html). Tal fato poderia ser uma anomalia temporária ou uma alteração permanente, com graves implicações, haja vista os extensivos prejuízos econômicos, com perdas de vidas humanas e de patrimônio histórico-cultural. Esse fato poderia ter ligação com alterações no uso do solo, adensamento urbano, mudanças no curso de diversos rios, desmatamentos e outras transformações que ocorrem há séculos no velho continente.

Estima-se que 18 a 20% das terras do globo tenham sido significativamente alteradas pela ação humana, especialmente a agricultura, que muda a capacidade de absorção e reflexão das superfícies. Para exemplificar: albedo de terra arada, 20%; de floresta de conífera, 12%. Com isso, é modificada a quantidade de calor radiante absorvido.

O nível local

Ainda seguindo a taxonomia de Monteiro (1976), o clima local compreende unidades de superfície de 10^2 centenas de Km, estando entre seus fatores de organização a ação antrópica. Sua abrangência abarca áreas metropolitanas, lugares onde se processam as maiores alterações na atmosfera.

A associação dos fatos atmosféricos aos demais atributos geográficos cria um ambiente climático especial, complexo e evolutivo (Monteiro, 1976). Nesses locais a interferência humana promove inúmeras transformações no ambiente atmosférico, como: alteração no balanço de energia primário, produção e consumo de energia secundária, canalização de águas com modificações na umidade, nebulosidade e precipitação, contaminação do ar e modificação da rugosidade, com perturbações na circulação convectiva e advectiva.

No entanto, os impactos são diferenciados, de acordo com a situação mais ou menos propícia para a dispersão de poluentes, que se relaciona aos sistemas atmosféricos dominantes e configuração do sítio urbano.

As ilhas de calor têm sido foco de inúmeras investigações no mundo inteiro, tendo em vista que as cidades são mais quentes que seus arredores, com maiores amplitudes após o pôr-do-sol e no inverno, e isotermas ao redor dos centros. Entre suas conseqüências estão: o surgimento de uma circulação peculiar, maior disponibilidade de material particulado e alterações na umidade, nebulosidade e precipitações. As implicações advindas são diversas: menor demanda de calefação em áreas mais frias, maior necessidade de refrigeração em centros urbanos tropicais, aumento de doenças respiratórias, transferência da população de mais alta renda para periferias – e, portanto, mudança no preço da terra –, características das habitações, proliferação de espécies mais adaptadas a esse ambiente (inclusive vetores de doenças), alteração no período de crescimento de várias espécies etc. (Moreno Garcia, 1999).

Destaca-se, ainda, a ocorrência de chuvas ácidas, a partir de reações químicas de alguns poluentes. Entre seus efeitos estão: a acidificação de lagos, a diminuição da visibilidade, problemas de saúde diversos e corrosão do patrimônio público e monumentos históricos. Seus efeitos podem se estender para muito além de suas áreas de origem por causa dos sistemas atmosféricos.

Interações entre as escalas

As conseqüências de certas alterações re etem-se na atmosfera em diferentes escalas. Salienta-se que "...as atividades humanas são tão presentes e profundas em suas conseqüências que elas afetam o planeta em escala global de maneiras complexas, interativas e aceleradas" (IGBP Science 4, 2001).

Tomando por base alterações no uso do solo em nível global, teleconexões do sistema climático modificariam padrões de circulação. Modelos globais sugerem que, se a cobertura da Amazônia for substituída por vegetação de menor porte, ocorrerão reajustes na circulação global. A queima de biomassa em áreas tropicais, que ocorre em associação às práticas agrícolas, tem também decorrências de grande extensão. O monóxido de carbono resultante – um gás oxidante com diversas implicações no sistema Terra – é carregado para locais remotos (IGBP Science 4, 2001), tendo em vista a circulação zonal e meridional em baixas latitudes bastante constante.

No nível regional a sub-regional, mudanças no uso do solo também têm seus impactos. Devido à dinâmica da atmosfera, muitos efeitos advindos de atividades industriais que em suas origens são locais, não ficam circunscritos ao seu entorno imediato. Para exemplificar: a chuva ácida produzida no norte da Inglaterra afeta a Noruega, chaminés muito altas no Canadá, construídas para evitar problemas de poluição local, faz com que haja transporte de materiais nocivos para os Estados Unidos através da circulação da alta atmosfera, muito mais forte e persistente (sem barreamentos naturais e/ou artificiais). Cingapura enfrenta, na atualidade, problemas sérios de doenças em sua população, pois partículas originadas da queima de florestas na Indonésia são carregadas para esse país pela circulação atmosférica (Tay, 2001).

No nível local, a queima de biomassa afeta a precipitação, ao produzir aerossóis de vários tamanhos. Os maiores funcionam como núcleos de condensação, mas os menores inibem as precipitações.

Considerações finais

Durante toda a existência do planeta, registrou-se sucessão de períodos mais quentes e mais frios. As conseqüências dessas alternâncias em termos de extensão e magnitude dependeram da rapidez e dispersão geográfica em que elas ocorreram.

Dessa forma, inédita seria no planeta a manutenção dos processos, tendo em vista que variações e mudanças são parte integrante dos seus sistemas.

O que está em discussão pela comunidade científica, meios políticos e em diversos outros setores da sociedade é a maneira como estão acontecendo diversas alterações, cujos reflexos já são sentidos de forma indubitável.

No dia-a-dia, observa-se o crescimento precoce de diversas espécies vegetais, eventos pluviométricos extremos em várias partes do globo, ondas de calor e de seca que assolam diversos locais e doenças associadas. Tudo isso sugere mudanças na variabilidade do clima. Essas ocorrências aumentam a vulnerabilidade da população frente às condições ambientais.

Algumas áreas do conhecimento vêm sendo implementadas a partir dessas constatações, como implicações no turismo (linha de pesquisa do Climatic Research Unity – CRU –, Universidade de East Anglia, Grã Bretanha) e seguros associados às perdas provocadas por eventos atmosféricos (linha de pesquisa do CRU e The International Institute for Applied Systems Analysis – IIASA –, Áustria).

Além disso, observando a evolução dos estudos, é patente a mudança de paradigma na condução das investigações científicas. Inicialmente, os estudos eram centrados num foco dominante; a partir dos meados da década de 80, a comunidade científica mundial estabeleceu programas com a participação de pesquisadores de áreas afins, com produtos de caráter mais interativo e abrangente (Nunes, 2002a).

O rápido avanço da capacidade computacional tem também direcionado os modelos de previsão para resoluções de maior detalhe, com a consideração de mais variáveis.

O aumento substancial de estudos projetados em escalas diversas tem evidenciado que as perspectivas num cenário em grande transformação não são muito alentadoras. Deve-se alertar que o papel dos recursos tecnológicos pode ser restrito na adaptação da sociedade face às mudanças climáticas, dado o alto custo e também porque os impactos são muito diferenciados de acordo com o lugar (Pages-IGBP Science 3, [20–]).

O geógrafo é um profissional capacitado para atuar “...nesse campo de articulação dos processos físicos e sócio-econômicos... pois sua formação favorece a análise com amplitude, profundidade e imparcialidade de componentes distintos em seus arranjos espaciais... Além disso, o tratamento geográfico da questão antevê a consideração de uma estrutura escalar interativa, que possibilite a interpretação articulada e dinâmica dos fatores concorrentes nas mudanças climáticas, que são de diversas ordens” (Nunes, 2002b).

Por fim, há de se alertar que “A popularização das questões climáticas tem sido rápida e acompanhada de certa mistificação e impropriedades científicas. Reveste-se de enorme carga afetiva, tendo em vista que os fenômenos atmosféricos interferem em todos os processos ocorrentes na litosfera, hidrosfera e biosfera, bem como nas atividades econômicas. O fato das pessoas literalmente sentirem os efeitos das condições do tempo atmosférico na pele, faz com que todos tenham uma falsa impressão de intimidade com esse tema.” (Nunes, 2002).

Agradecimento: Marcos Hidalgo Nunes, pela tradução para o espanhol do resumo.

Bibliografia

- BRYSON, R. A. MURRAY, T. A. *Climates of hunger: mankind and the world's changing weather*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1977. 171 p.
- CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: *Variabilidade e mudanças climáticas*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2000. p. 17-28.
- ENVIRONMENTAL variability and climate change*. PAGES. Stockholm: IGBP, [20-]. (IGBP Science Series, 3), 30 p.
- GLOBAL change and the earth system: a planet under pressure*. Stockholm: IGBP, 2001. (IGBP Science Series, 4), 32 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate change 2001 -The Scientific Basis – contribution of the Work Group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881 p.
- McKNIGHT, T. L. *Physical Geography – a landscape appreciation*. Upper Sade River: Prentice Hall, 1996. 612 p.
- MONTEIRO, C. A. de F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: IGEOG-USP, 1976. (Série Teses e Monografias, 25), 181 p.
- MORENO GARCIA, M. del C. *Climatología urbana*. Barcelona: Ediciones de la Universidad de Barcelona, 1999. 71 p.
- NUNES, L. H. Mudanças climáticas globais. In: BORTOLOZZI, A. (org.). *Debate ambiental: do conhecimento multidimensional à perspectiva de sustentabilidade*. Campinas: Nepam, 2002a. p. 9-16.
- NUNES, L. H. Aproximações sobre mudanças climáticas globais. *Revista Terra Livre*, v. 1, n.18, p. 179-184, 2002b.
- SIMON, C. DE FRIERS, R. S. *Uma terra, um futuro: o impacto das mudanças ambientais, na atmosfera, terra e água*. São Paulo: Makkron Books, 1992. 189 p.
- TAY, S. S. C. Fires and haze: the social and political framework of air pollution in Asia. In: GLOBAL CHANGE OPEN SCIENCE CONFERENCE, 2001, Amsterdam. *Abstracts...* Amsterdam, 2001. p. 2001.

Sítios especializados na internet

- Climate Prediction Center*: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/>
- Climatic Research Unity, University of East Anglia (CRU)*: <<http://www.cru.uea.ac.uk/extra.html>>
- Global Climate Change Research Explorer*: <<http://www.exploratorium.edu/climate/primer/index.html>>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*: <<http://www.ipcc.ch/>>
- The International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)*: <<http://www.iiasa.ac.at/>>

RESUMEN

La comunidad científica ha señalado insistentemente que en la Tierra ya estarían en marcha importantes cambios climáticos. Sin embargo, es necesario tener presente que las alteraciones constantes constituyen una característica primaria de la Tierra registrada a lo largo de toda su historia. Así, el punto central de la actual discusión sobre cambios climáticos es la forma en que las actividades humanas han modificado el equilibrio de la Tierra, incluyendo alteraciones en los procesos y su velocidad. Este artículo discute brevemente cómo el actual calentamiento de la atmósfera podría superponerse a los cambios naturales. Evalúa también el papel de la tecnología, que tiene alto costo y es limitada en sus propósitos, y todavía refuerza la condición dramática que los modelos pronostican para un futuro próximo. El artículo ejemplifica esas cuestiones analizando cómo los cambios en el uso de la Tierra han afectado los procesos atmosféricos en diferente escala (global, regional y local).

PALABRAS-CLAVE

Alteraciones climáticas – calentamiento global.

ABSTRACT

The scientific community has strongly emphasized that remarkable climate changes would be already in course in the planet. However, one must keep in mind that constant alterations are a primary characteristic of the planet, registered along its entire history. Thus, the central point in the current discussion about climate changes is the way in which the human activities have modified the planet equilibrium, including alterations in the processes and their velocities. The paper briefly discusses how the current warming would be superimposed on natural climate variations. It also sheds light on the limited role of technological improvements, which are expensive and target to very limited symptoms. It still reinforces that models reveal a dramatic scenario in a near future. These questions are exemplified by an analysis on how changes in the land use have affected the atmospheric processes at different scales (global, regional to sub-regional and local scales).

KEY WORDS

Climate Changes – global warming.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná

Maria Elisa Siqueira Silva

Sistema Meteorológico do Paraná - Simepar

Correio eletrônico: celisa@simepar.br

Alexandre K. Guetter

Sistema Meteorológico do Paraná - Simepar

Correio eletrônico: guetter@simepar.br

Resumo

Este documento recapitula os efeitos das mudanças climáticas globais ocorridas nas últimas décadas e aponta algumas alterações regionais, focalizando as observadas no estado do Paraná. O aumento da temperatura média global, associado possivelmente à ingestão antropogênica excessiva de gases do efeito estufa na atmosfera, leva o sistema climático a cenários indesejáveis. Regionalmente, observou-se que alguns municípios do estado do Paraná têm apresentado uma aceleração do ciclo hidrológico desde o início da década de 70, o que pode ser constatado através do aumento da frequência de chuvas mais intensas, do aumento de vazões médias e da ocorrência de estiagens com maior duração. Além de alterações diretas no ciclo hidrológico, a tendência de aumento de temperatura mínima e diminuição da temperatura máxima foi observada em Ponta Grossa. A identificação dos efeitos regionais aumenta o grau de adaptabilidade do sistema e auxilia a definição dos limites de interferência humana, de modo a minimizar os danos.

Palavras-chave

Mudanças climáticas – efeito estufa – escala regional – ciclo hidrológico – temperatura.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 111-126	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Introdução

As longas séries temporais reconstruídas a partir de dados geológicos indicam que variações climáticas intensas já ocorreram no passado. Essas mudanças ocorreram, em sua grande parte, na ausência dos seres humanos, podendo ser chamadas de mudanças climáticas naturais. A compreensão das mudanças naturais é um desafio e um problema importante que auxilia a previsão das mudanças climáticas naturais e daquelas provocadas pela ação do homem. Se o conjunto formado pela atmosfera, oceano e superfície da Terra é definido como sistema climático, as variações da constante solar, as variações na órbita da Terra ao redor do sol e as erupções vulcânicas são consideradas forçantes externas ao sistema que podem alterar o clima. Por outro lado, o homem também provoca a alteração climática. O efeito estufa que aquece a superfície da Terra é consequência da absorção eficiente de radiação infravermelha por constituintes atmosféricos. Como resultado da ação do homem, a concentração de alguns dos gases do efeito estufa natural tem aumentado e, desta forma, um efeito estufa adicional produzido pelo homem tem sido introduzido na atmosfera. A intensificação do efeito estufa provoca o aquecimento da superfície da Terra. Quando os efeitos de *feed back* internos ao sistema climático são levados em conta, torna-se claro que as atividades humanas estão conduzindo uma mudança climática global que pode produzir variações muito intensas na temperatura da superfície da Terra, que durariam por milhões de anos (Hartman, 1994). É um grande desafio da climatologia global prever as mudanças climáticas com detalhe adequado e antecedência suficiente para permitir à humanidade ajustar seu comportamento e evitar as piores consequências de tais mudanças.

Globalmente, tem-se definido as características das mudanças climáticas observadas e apontado suas possíveis consequências e impactos sociais. Cada região do globo apresenta mudanças distintas, com variações no volume e distribuição espacial da precipitação, aumento da temperatura, elevação do nível do mar e demais efeitos causados pelas mudanças climáticas. Este texto pretende expor sucintamente o entendimento atual que se tem sobre as mudanças globais, as tendências de concentração dos gases do efeito estufa e de variáveis climáticas estimadas por modelos climáticos, as possíveis consequências ambientais decorrentes de tais mudanças e as mudanças regionais ocorridas na América do Sul, mais especificamente aquelas percebidas no estado do Paraná. Este documento corresponde ao conteúdo da palestra proferida durante o V Simpósio de Geografia, ocorrido em dezembro de 2002, em Curitiba-PR.

Observações globais

As mudanças mais importantes para o clima e induzidas pelo homem no meio ambiente incluem a composição gasosa da atmosfera, a quantidade e tipo de aerossóis e a condição da superfície da Terra. Os gases do efeito estufa com longo tempo de vida e que parecem estar sendo influenciados diretamente pela ação do homem incluem o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e os halocarbonos. A evolução da concentração dos três primeiros gases citados e o tempo de vida de cada um deles, desde o período pré-industrial

até 1994, estão indicados na Tabela 1. Todos apresentam aumento da concentração com o decorrer do tempo, contribuindo para a intensificação do efeito estufa. O tempo de vida indica o tempo no qual a atmosfera sofrerá a influência de cada um destes gases. Portanto, verifica-se que o CO₂ é um gás com grande potencial para alterar as condições da atmosfera.

Tabela 1
Evolução da concentração de CO₂, CH₄ e N₂O

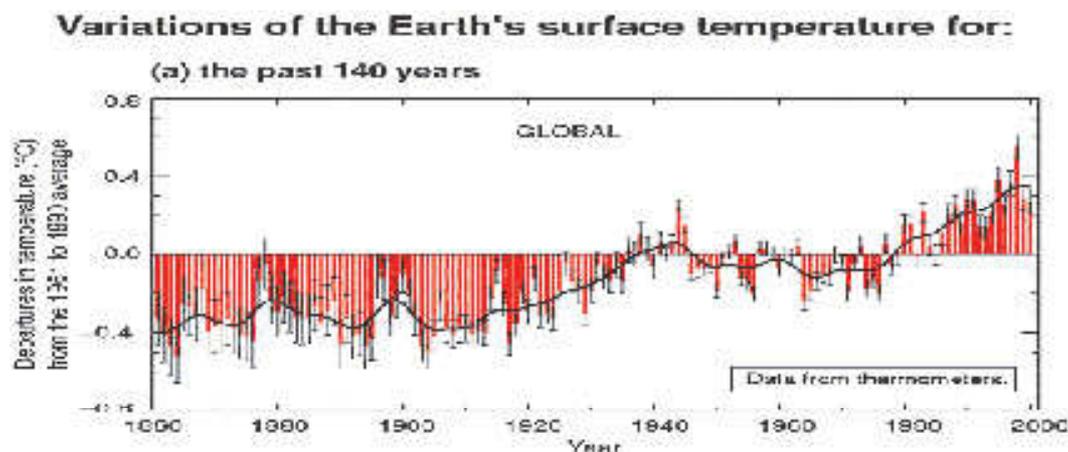
	CO ₂ (ppmv)	CH ₄ (ppbv)	N ₂ O (ppbv)
Concentração no período pré-industrial	280	700	275
Concentração em 1994	353	1720	312
Tempo de vida na atmosfera (anos)	50-200	12	120

Segundo as observações e as informações contidas nos relatórios elaborados pelo IPCC (1994; 2001), observa-se que o clima mudou no último século. A temperatura média global aumentou entre 0,5 e 1°C (vide Figura 1); o nível do mar subiu 10 a 25 cm; a precipitação global sobre os continentes aumentou cerca de 1%. A Figura 1 indica a variação da anomalia da temperatura da superfície com relação à média para o período de 1961 a 1990. A partir de estudos climáticos, tem-se projetado até 2100 um aumento médio global da temperatura da superfície de 2°C, o que pode variar regionalmente entre 1 e 3,5°C. Para o nível do mar, projeta-se um aumento médio de 50 cm, podendo variar regionalmente entre 15 e 95 cm. Projeta-se também a intensificação das chuvas sobre os continentes.

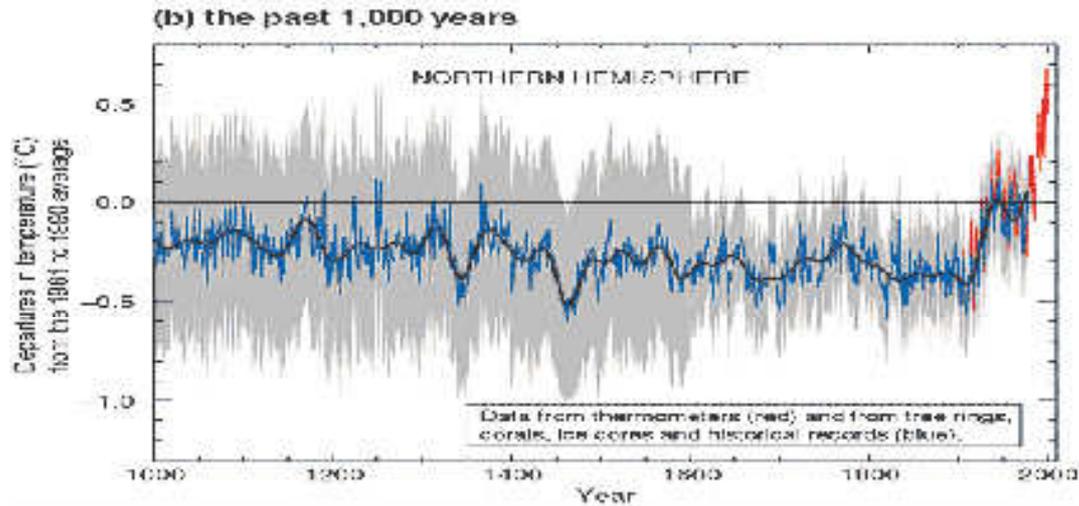
Figura 1

Anomalia da temperatura da superfície da Terra – (a) para todo o globo e (b) para o Hemisfério Norte –, com relação à média obtida para o período de 1961 a 1990. A série temporal mostrada no quadro (a) considera o período a partir de 1860 enquanto a série mostrada no quadro (b) considera um período de 1000 anos.

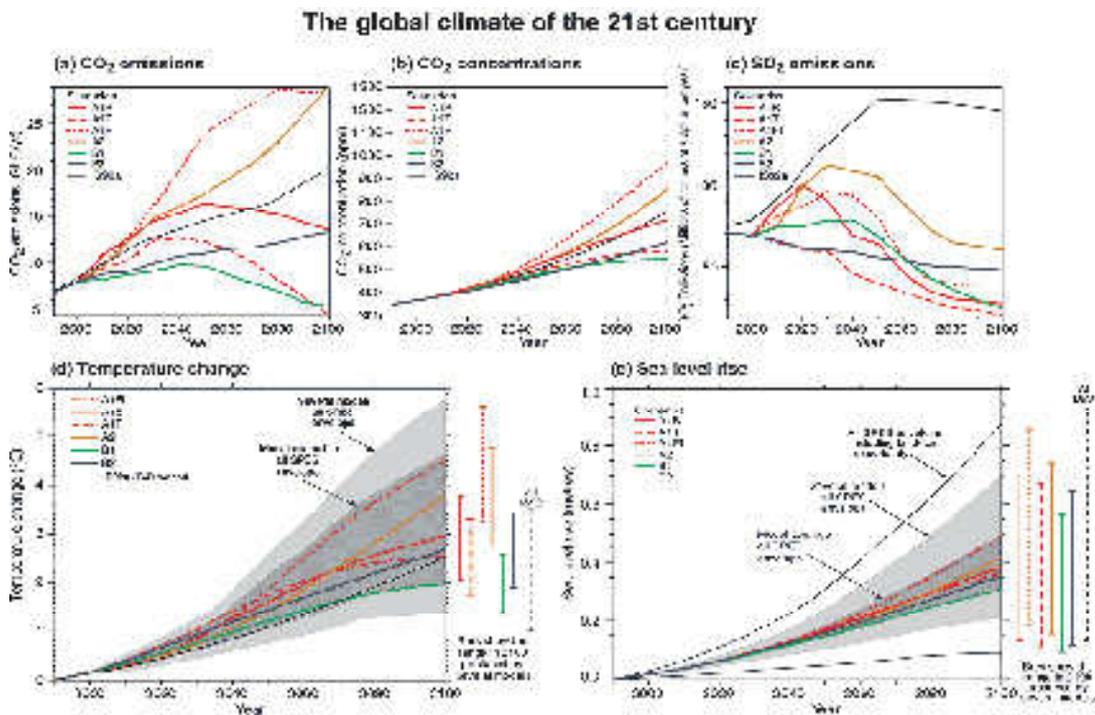
A cor cinza indica a confiabilidade do dado



FONTE: IPCC (2001).



A Figura 2 mostra a evolução da emissão e concentração de CO₂, da emissão de SO₂, da variação da temperatura global da superfície da Terra e do nível do mar obtidos por estimativas de vários modelos climáticos.



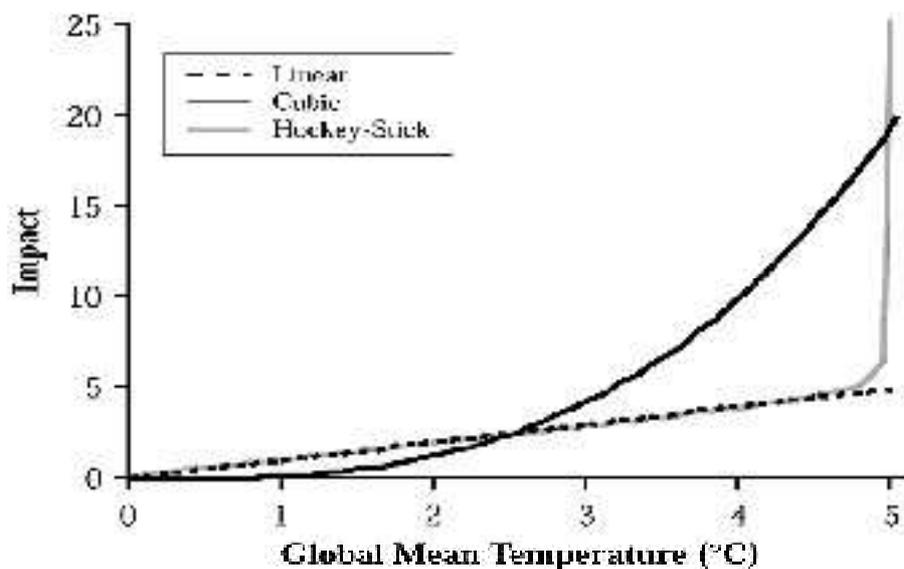
O clima global do século 21 dependerá das mudanças naturais e da resposta do sistema climático às atividades humanas. Modelos climáticos projetam impactos para várias variáveis climáticas – tal como o aumento na temperatura da superfície do globo e do nível do mar

– a vários cenários de gases do efeito estufa e outras emissões antropogênicas. (a) mostra a emissão de CO₂ para seis cenários ilustrativos; (b) mostra a projeção das concentrações de CO₂; (c) mostra as emissões antropogênicas de SO₂; (d) e (e) mostram as projeções de temperatura e nível do mar, respectivamente. Note-se que o aquecimento e o nível do mar a partir dessas emissões poderiam continuar bem além do ano 2100

A alteração persistente da temperatura global tem potencial para provocar impactos nos sistemas ecológicos naturais e sistemas socioeconômicos. Espera-se que estes sistemas, de alguma forma, adaptem-se às mudanças climáticas. Por outro lado, estudos científicos indicam uma menor taxa de adaptação dos sistemas ecológicos naturais do que a taxa prevista para ocorrência das mudanças climáticas. O aumento da concentração dos gases do efeito estufa aumenta a magnitude da interferência no sistema climático, aumentando a probabilidade de ocorrência de diversos impactos decorrentes das mudanças climáticas (IPCC, 2001). A Figura 3 mostra o impacto associado à variação da temperatura de acordo com três modelos diferentes: linear, cúbico e de Hockey-Stick. Quanto maior a variação da temperatura, maior o impacto agregado sentido pelo sistema climático. O modelo de Hockey-Stick apresenta uma dependência aproximadamente linear até uma variação de 5°C na temperatura da superfície. Para valores maiores do que este limite, prevê-se que as alterações sofridas pelo sistema climático sejam extremamente intensas.

Figura 3

Impacto causado no sistema climático a partir do modelo linear, cúbico e de Hockey-Stick



FONTE: IPCC (2001).

O impacto na agricultura, especialmente na produtividade e na demanda por irrigação; os impactos florestais, como a mudança da composição e da distribuição das florestas, saúde da vegetação e sua produtividade; os impactos nos recursos hídricos, como mudanças no abastecimento d'água, qualidade e demanda da água; os impactos nas áreas costeiras, como

erosão das praias, inundação de manguezais e o custo na defesa das comunidades costeiras; os impactos nas espécies biológicas e nas áreas naturais, como mudanças de áreas ecológicas, perda de habitats e de espécies; e impactos na saúde, tais como mortalidade relacionada ao clima, incidência de doenças infecciosas e doenças respiratórias decorrentes da qualidade do ar são alguns exemplos dos impactos decorrentes das mudanças climáticas que exemplificam a grande vulnerabilidade associada aos sistemas naturais.

Observações regionais

De forma geral, na América Latina tem-se observado uma grande variedade de alterações que podem ser resultantes não só da variabilidade climática natural como da interferência humana no sistema. Tem-se notado variações principalmente no ciclo hidrológico e na temperatura média.

Aparentemente o ciclo hidrológico tem apresentado variações no decorrer dos anos nessa região. De acordo com dados do IPCC (2002), tem-se detectado uma redução de 20% das áreas de geleiras no Peru. O Chile e a Argentina também mostram diminuição das áreas de geleiras associada a uma diminuição do escoamento superficial. Os rios das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil mostram tendências negativas de vazão; no entanto, esta diminuição também está relacionada aos processos de manejo e irrigação do solo. Segundo Marengo et al. (1998), a precipitação na região Amazônica (parte norte e sul) apresenta variações multidecadais. Entre 1950 e 1976, foi detectado um período úmido na Amazônia e, desde 1977, a umidade tem diminuído. Contudo, os autores comentam que esta diminuição na umidade não parece estar relacionada aos efeitos do desmatamento ocorridos na região, podendo ser resposta de variação climática mais profunda. O setor Andino da América Latina delimitado pelos paralelos em 20° S e 40° S apresenta um ciclo hidrológico particular. Grande parte da precipitação ocorre na forma de neve durante o inverno, sendo acumulada nas regiões mais altas. O umedecimento das planícies e áreas mais baixas desta região ocorre durante o verão, através do derretimento da neve nas regiões altas e o posterior escoamento da água para as partes mais baixas. Desta forma, alterações no regime da precipitação provocariam forte impacto socioeconômico local.

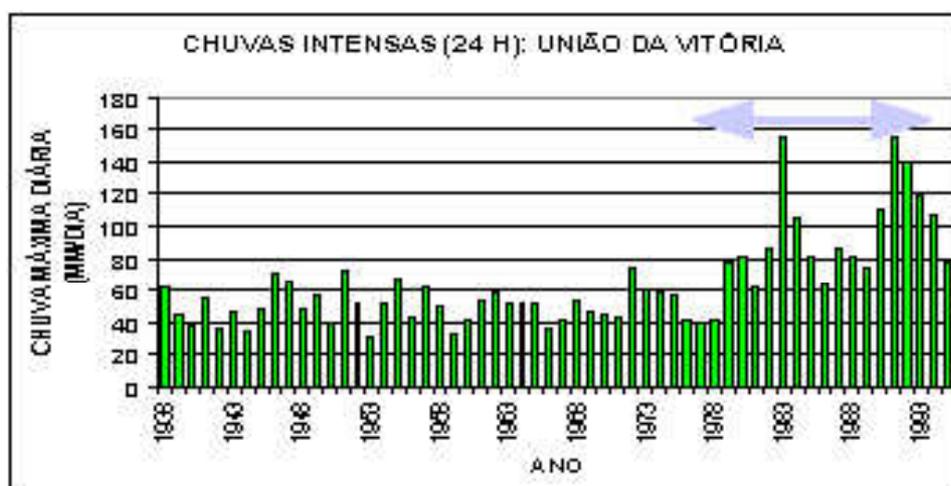
As regiões Sul e Sudeste do Brasil têm apresentado um aquecimento sistemático desde o início do século 20 (Sansigolo et al., 1992), o que deve estar associado à crescente urbanização. O aquecimento sistemático do Atlântico Sul desde 1950, tal como aponta Venegas et al. (1996; 1998), é outro fator que contribuiria para o aumento da temperatura nessas regiões. Segundo estudos realizados por Victoria et al. (1998), a região Amazônica apresentou um aumento de temperatura de 0,63°C num intervalo de 100 anos. A região ao sul de 50° S apresenta uma tendência de aquecimento, segundo o IPCC (2002), e regiões do Chile e da Argentina mostram taxas de aquecimento variando entre 1,2 e 3,0°C em 100 anos. A série temporal de temperatura para a América do Sul evidencia a presença de um degrau em meados dos anos 70, apontando uma elevação da temperatura média (IPCC, 2002). De acordo com Tremberth (1990), este aumento de temperatura pode estar associado à rápida variação da climatologia do Oceano Pacífico.

Tem-se observado mudanças na circulação atmosférica de grande escala. Nos últimos

20 anos, Marengo e Rogers (2000) observaram um menor número de frentes frias no sul do Brasil durante o inverno, o que foi associado à variação na posição média do anticiclone do Atlântico Sul. Nas regiões de latitudes médias da América do Sul, observaram-se mudanças na circulação zonal e variações interdecadais (IPCC, 2002). A circulação atmosférica de inverno esteve mais fraca entre 1939 e 1949 e mais intensa entre 1967 e 1977. Segundo Minetti e Sierra (1989), a circulação de nordeste, associada ao anticiclone subtropical do Atlântico Sul, intensificou-se após 1954 na região do Paraguai, no sul do Brasil, no Uruguai e no nordeste da Argentina.

Numa resolução espacial maior, o estado do Paraná tem apresentado, em diversos aspectos, mudanças ligadas ao ciclo hidrológico e à temperatura. As figuras seguintes indicam as alterações climáticas observadas em algumas regiões do estado. Através da Figura 4, observa-se que o município de União da Vitória (PR) tem apresentado gradativamente um aumento na intensidade das chuvas máximas diárias desde meados da década de 1970.

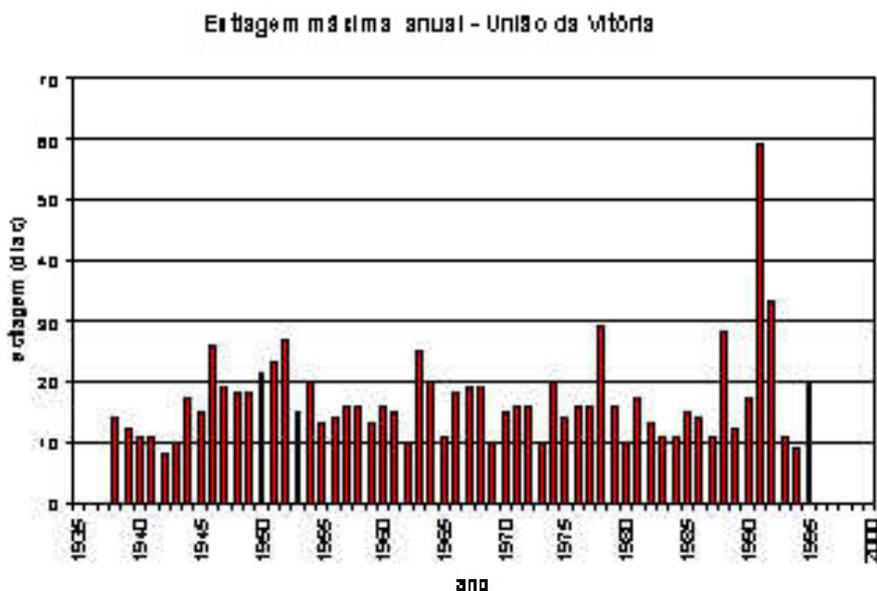
Figura 4
Chuvas mais intensas em União da Vitória (PR), de 1938 a 1995



FONTE: Guetter (1998).

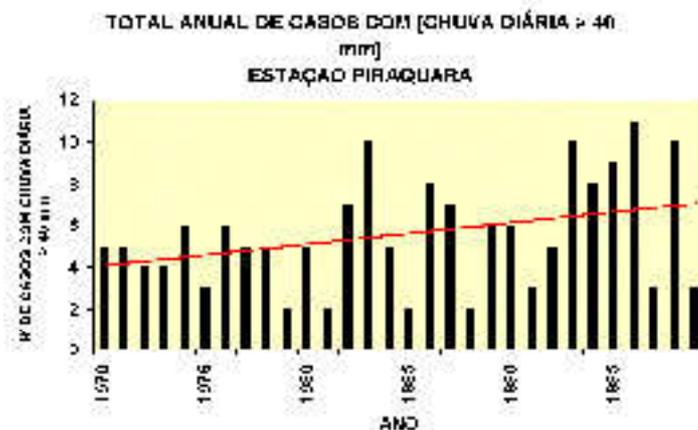
Pela Figura 5, observa-se que esse mesmo município mostra um aumento do período de estiagens. A partir das informações contidas nestas observações, nota-se a intensificação de eventos extremos na região.

Figura 5
 Número de dias com estiagem em União da Vitória (PR), de 1938 a 1995



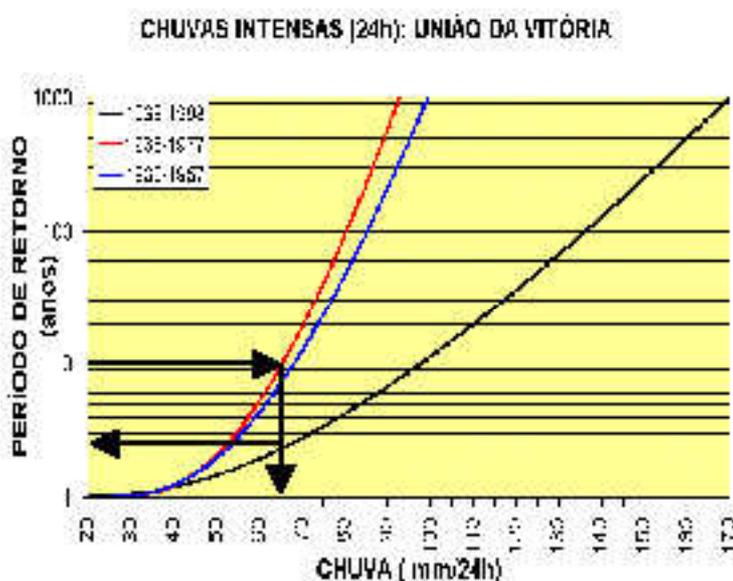
A série temporal de precipitação para o município de Piraquara (PR), Figura 6, evidencia o aumento de número de casos com chuva diária mais intensa do que 40 mm, a partir de 1970. Este exemplo identifica o aumento da frequência de eventos extremos no estado do Paraná.

Figura 6
 Número de casos com chuva diária superior a 40 mm em Piraquara (PR)



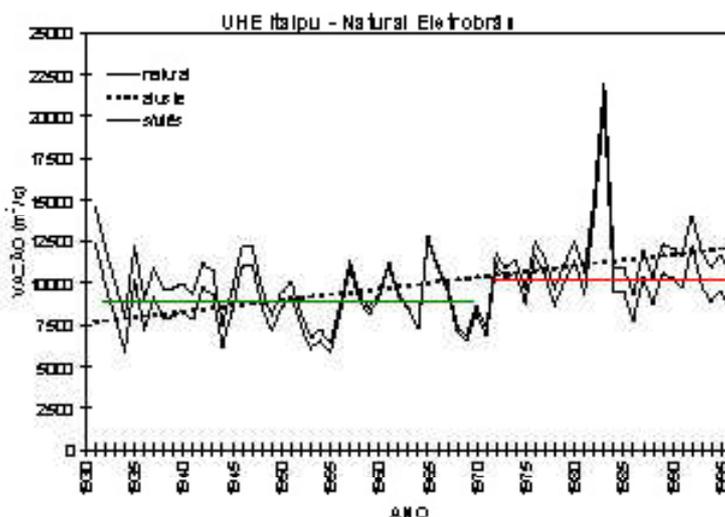
A consideração da existência da mudança climática é importante não só para possibilitar condições de adaptação da sociedade às mudanças, para possibilitar a compreensão dos aspectos físicos relacionados a ela, mas também para que as estimativas realizadas a partir das observações existentes sejam fidedignas às condições reais. A Figura 7 apresenta estimativas do período de retorno de um determinado evento de chuva para o município de União da Vitória (PR) a partir de três séries temporais distintas. A curva preta indica a estimativa do período de retorno obtida para a série de 1938 a 1998 e as outras duas curvas indicam as estimativas para séries menores: de 1938 a 1957 (3) e de 1938 a 1977 (2). Através destes resultados, verifica-se que a consideração de uma série temporal maior (curva 1), que inclui valores de precipitação mais recentes (mais intensos, por sua vez), fornece um período de retorno para eventos extremos bem menor do que no caso de séries menores (2 e 3). Exemplificando, o período de retorno calculado com base na série temporal maior para uma precipitação de 65 mm/dia é de 2 a 3 anos. Entretanto, a estimativa realizada a partir das séries menores indica que a mesma intensidade de chuva diária (65 mm) deve ocorrer dentro de aproximadamente 10 anos. Portanto, a consideração de observações recentes, decorrentes de mudanças climáticas, leva à maior precisão nas estimativas de precipitação.

Figura 7
Período de retorno de eventos extremos de chuva em União da Vitória (PR)



A análise da série temporal de vazão mensal dos rios na região central da América do Sul mostra uma variação brusca a partir da década de 1970. A Figura 8 evidencia o degrau climático existente na série temporal de vazão (1938 a 1995) em Itaipu (Guetter, 2002). Este aumento de vazão pode estar associado a mudanças climáticas ocorridas no Oceano Pacífico e ao aquecimento observado no Oceano Atlântico Sul, tal como apontado anteriormente.

Figura 8
Vazão de Itaipu para o período de 1935 a 1995



FONTE: Guetter e Prates (2002).

A Tabela 2 confirma as informações contidas na figura anterior, evidenciando a variação sofrida pela vazão do rio Paraná em dois períodos distintos: antes e depois de 1971. Observa-se que, na média anual, a vazão aumentou 36% entre os dois períodos analisados. O aumento da resolução temporal permite observar que a vazão apresentou aumento em todos os trimestres do ano, sendo que os períodos de julho a setembro e de outubro a dezembro apresentaram os maiores índices (45% e 53%, respectivamente). Além do aumento médio da vazão, o desvio padrão trimestral das séries analisadas apresentou um aumento, indicando maior variabilidade da intensidade da vazão. A exceção fica por conta do primeiro trimestre do ano (janeiro a março), que apresentou uma diminuição na variabilidade de intensidade da vazão durante o período de 1972 a 2000, se comparado ao período anterior, de 1941 a 1971.

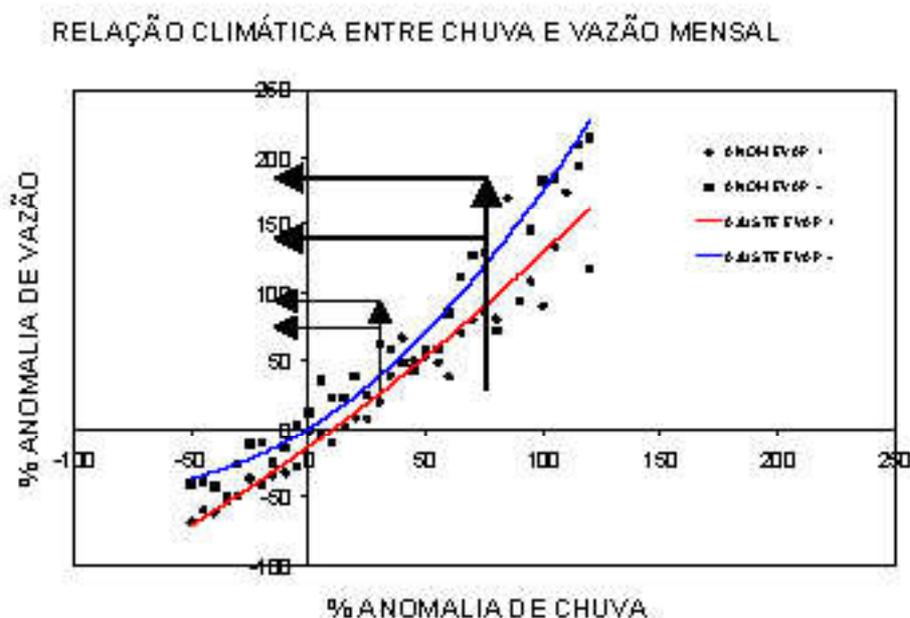
Tabela 2

Variação da vazão (m^3/s) do rio Paraná (Itaipu) entre os períodos: 1941-1971 e 1972-2000

Resolução	Atributo Estatístico	Período 1941-1971	Período 1972-2000	Taxa de Variação
Anual	Média	325.9	442.5	+36%
	Desvio padrão	64.6	56.1	-----
Jan./Fev./Mar.	Média	126.3	159.8	+30%
	Desvio padrão	35.6	22.0	-38%
Abr./Maio./Jun.	Média	81.7	106.1	+30%
	Desvio padrão	18.4	21.8	-----
Jul./Ago./Set.	Média	50.5	73.5	+45%
	Desvio padrão	14.9	14.6	-----
Out./Nov./Dez.	Média	67.4	103.1	+53%
	Desvio padrão	15.1	22.4	+48%

Na escala mensal, a relação entre a anomalia da precipitação e a anomalia da vazão dos rios é expressa em forma exponencial, ou seja, uma pequena anomalia da precipitação é suficiente para gerar uma anomalia de vazão maior. A Figura 9 apresenta esta associação entre as anomalias, onde as curvas A e B representam dois ajustes distintos para a evapotranspiração. Este gráfico indica que um aumento de 30% na precipitação provocaria um aumento de 40% na vazão. Por outro lado, um aumento de 75% na precipitação provocaria um aumento de 130% na vazão. Assim, um aumento intenso da precipitação decorrente de mudanças climáticas (naturais ou antropogênicas) influenciaria sobremaneira a intensidade da vazão.

Figura 9
Relação entre a anomalia mensal de chuva e de vazão de rios



A medida da vazão indica o volume de água que escoia em determinado ponto, num intervalo de tempo e pode ser expressa em m^3/s . O aumento da vazão indica que o tempo de exposição de um mesmo volume de água tem diminuído. A Figura 10 mostra a evolução temporal (1978-1992) da vazão e da evapotranspiração observadas no Rio Negro (PR). Nota-se um gradativo aumento da vazão normalizada pela precipitação e uma diminuição da evapotranspiração.

Além da identificação de variações no ciclo hidrológico, tal como a intensificação localizada da precipitação, o aumento do número de dias com chuva forte, o aumento da vazão e conseqüente diminuição da evapotranspiração, a temperatura máxima e mínima apresentaram variações no decorrer das últimas quatro décadas. O município de Ponta Grossa (PR) apresenta uma tendência de aumento da temperatura mínima e diminuição da temperatura máxima desde 1954, conforme observado através das Figuras 11 e 12. Esta alteração pode estar associada a um aumento gradativo e regionalizado da nebulosidade. Durante a noite,

o aumento da nebulosidade contribui para a diminuição da quantidade de radiação de onda longa emitida para o espaço, aumentando a temperatura mínima. Em contrapartida, durante o dia, o aumento da nebulosidade contribui para que uma quantidade menor de radiação de onda curta alcance o sistema Terra-atmosfera, diminuindo a temperatura máxima.

Figura 10
Evolução temporal da vazão (curva B) e da evapotranspiração (curva A) em Rio Negro (PR) de 1978 a 1992

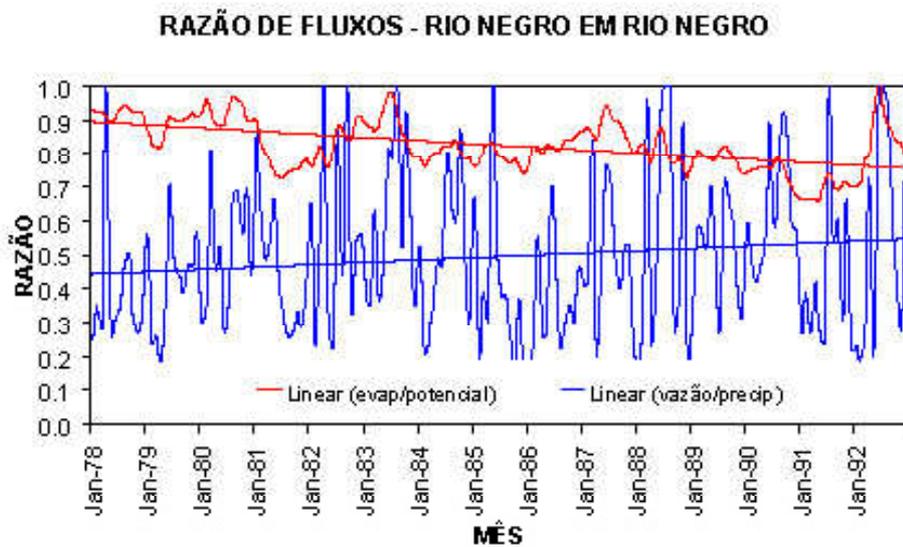


Figura 11
Evolução temporal da temperatura mínima em Ponta Grossa (PR), 1954 a 1996

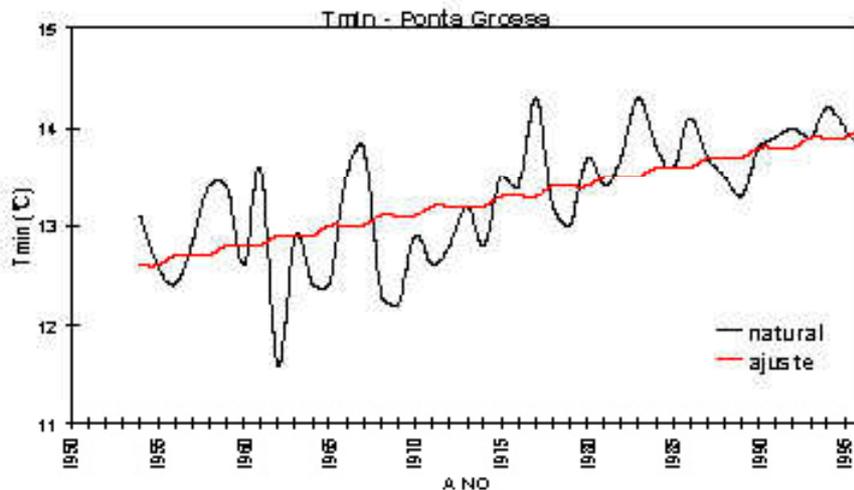


Figura 12
Evolução temporal da temperatura máxima em Ponta Grossa (PR), 1954 a 1996

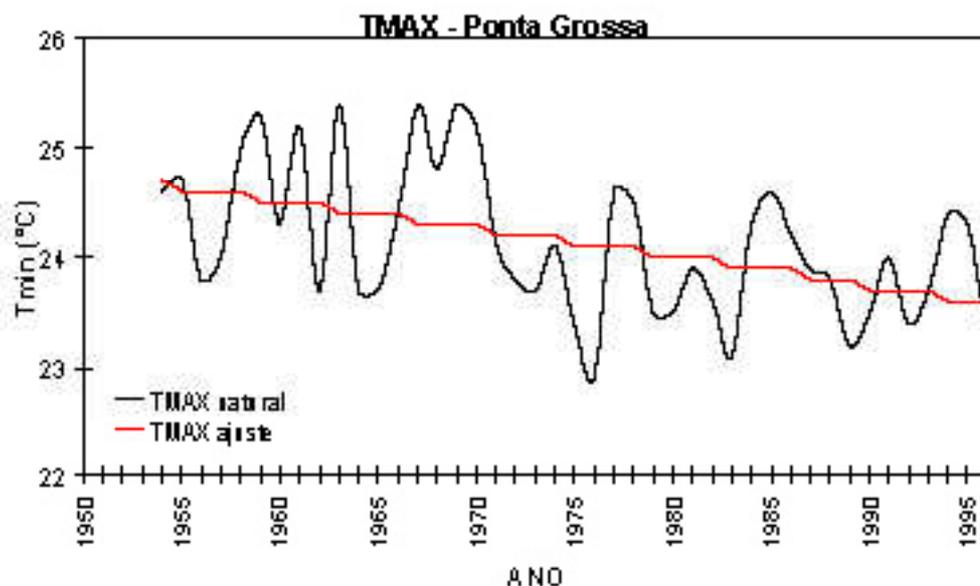
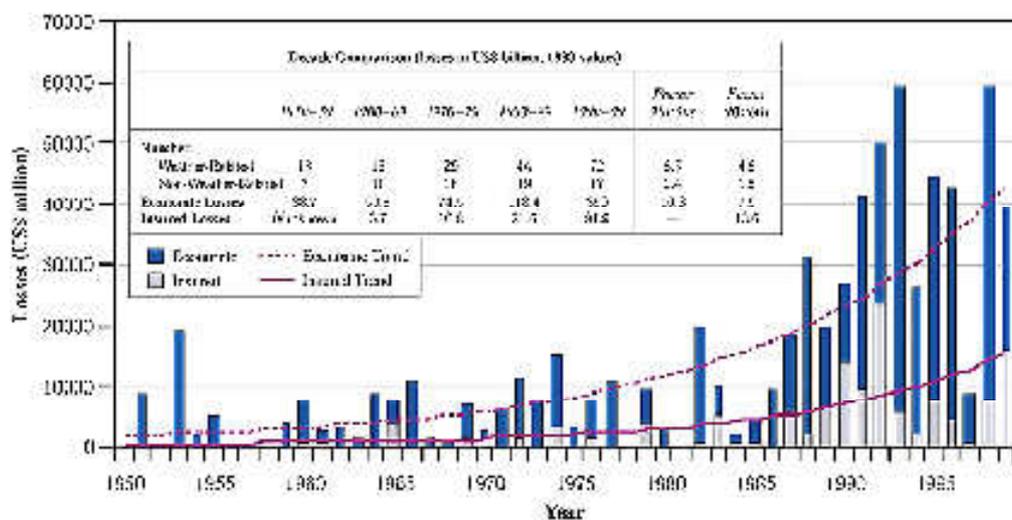


Figura 13

Evolução temporal do custo associado aos eventos de tempo. O custo dos eventos de tempo catastróficos tem exibido uma tendência de rápido crescimento nas últimas décadas. As perdas econômicas anuais devido a grandes eventos aumentaram 10, 3 vezes de US\$ 4 bilhões ano⁻¹ na década de 50 para US\$ 40 bilhões ano⁻¹ na década de 90



FONTE: IPCC (2001).

Conclusões

Este documento pretende recapitular os efeitos das mudanças climáticas globais ocorridas nas últimas décadas e apontar algumas alterações regionais, indicando aquelas observadas no estado do Paraná. Globalmente, existe um aumento da temperatura média associado possivelmente à ingestão antropogênica excessiva de gases do efeito estufa na atmosfera. Como exemplo do impacto socioeconômico que as mudanças climáticas podem provocar, os custos cumulativos estimados para defesa contra a elevação do nível do mar em 50 cm estão estimados em US\$ 30-40 bilhões nos EUA (IPCC, 2002). Estudos indicam que uma pequena variação na temperatura média está associada a incertezas na ocorrência de danos agregados; por outro lado, uma grande variação da temperatura está associada à alta confiabilidade de aumento dos danos. O gráfico seguinte mostra a evolução temporal do custo, em milhões de dólares, associado a eventos de tempo ou não. Observa-se que o número de eventos de tempo que causam algum tipo de dano tem aumentado com o tempo se comparado com os eventos não relacionados ao tempo.

Regionalmente, observou-se que alguns municípios do estado do Paraná têm apresentado uma aceleração do ciclo hidrológico desde o início da década de 70, o que pode ser constatado através do aumento da frequência de chuvas mais intensas, do aumento de vazões médias e da ocorrência de estiagens com maior duração. Além de alterações diretas no ciclo hidrológico, a tendência de aumento de temperatura mínima e diminuição da temperatura máxima é observada em Ponta Grossa. As mudanças na precipitação e na evaporação podem afetar diretamente o suprimento de água, a qualidade da água e da água potável. Os usos da água como fonte de energia elétrica, de irrigação e pesca são também afetados indiretamente. A maior frequência de chuvas intensas e a própria intensificação de eventos extremos aumenta a probabilidade de ocorrência de enchentes em centros urbanos. Em áreas rurais, a intensificação do escoamento contribui para o aumento de secas mais severas.

As ações integradas da sociedade (científicas e políticas) devem considerar os efeitos causados pelas mudanças climáticas de forma a proporcionar maior adaptabilidade, diminuindo assim a vulnerabilidade do sistema. A identificação dos efeitos regionais direciona mais efetivamente essas ações, pois considera uma escala espacial mais apropriada das alterações sofridas. Além dos esforços direcionados à adaptabilidade do sistema às mudanças climáticas, é necessário identificar os limites de interferência humana com o objetivo de minimizar os danos e possibilitar a adaptação.

Bibliografia

- GUETTER, A. K. Associação entre a temperatura mínima no Paraná e o Niño-3. In: CBMET, 10., 1998, Brasília. *Anais...* Brasília, DF., 1998.
- GUETTER, A. K. PRATES, E. Degrau climático nas séries de vazões das bacias brasileiras. In: CBMET, 12., 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu, PR, 2002.
- HARTMAN, D. *Global Physical Climatology*. San Diego: Academic Press, 1994. 411 p.
- IPCC. *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working

- Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- IPCC. *Climate change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 339 p.
- MARENGO, J. TOMASELLA, J. UVO, C. Long-term stream flow and rainfall fluctuations in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil and northwest Peru. *Journal of Geophysical Research*, n. 103, p. 1775-1783, 1998.
- MARENGO, J. ROGERS, J. Cold front and polar air outbreaks in the Americas during modern climate assessments and impacts, and some past climate evidences. In: MARGRAF, V. (ed.). *Present and Past Inter-Hemispheric Climate Linkages in the Americas and Their Societal Effects*. Berlin: Springer-Verlag, 2000.
- MINETTI, J. L. SIERRA, E. M. The influence of general circulation patterns on humid and dry years in the Cuyo Andean region of Argentina. *International Journal of Climatology*, n. 9, p. 55-69, 1989.
- SANSIGOLO, C., RODRIGUEZ, R. ETCHICHURY, P. Tendências nas temperaturas médias do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7., 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1992. p. 367-371. In Portuguese.
- TRENBERTH, K. Z. Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere. *Bulletin of the American Meteorological Society*, n. 71, p. 988-993, 1990.
- VENEGAS, S. MYSAK, L. STRAUB, N. Atmosphere-ocean coupled variability in the south Atlantic. *Journal of Climate*, n. 10, p. 2904-2920, 1998.
- VENEGAS, S. MYSAK, L. STRAUB, N. Evidence for interannual and interdecadal climate variability in the south Atlantic. *Geophysical Research Letters*, n. 23, p. 2673-2676, 1996.
- VICTORIA, R et al. Surface air temperature variations in the Amazon region and its border during this century. *Journal of Climate*, n. 11, p. 1105-1110, 1998.

RESUMEN

Este documento recapitula los efectos de los cambios climáticos globales registrados en las últimas décadas, y señala algunas alteraciones regionales, enfocando las observadas en el estado de Paraná. El aumento del promedio de la temperatura global, posiblemente asociado a la excesiva ingestión antropogénica de los gases del efecto invernadero conduce el sistema climático a escenarios indeseables. Regionalmente se observó que algunos municipios del estado de Paraná han presentado, desde comienzos de la década del 70, una aceleración del ciclo hidrológico que puede constatarse por el aumento de la frecuencia de lluvias más intensas, del aumento de los caudales promedio y de la presencia de secas de menor duración. Aparte de las alteraciones directas del ciclo hidrológico, la tendencia al aumento de la temperatura mínima y la disminución de la máxima fueron observadas en Ponta Grossa. La identificación de los efectos regionales aumenta el grado de adaptabilidad del sistema y ayuda a definir los límites de la interferencia humana, de manera de minimizar los perjuicios.

PALABRAS-CLAVE

Cambios climáticos – efecto invernadero – escala regional – ciclo hidrológico – temperatura.

ABSTRACT

This paper reviews the effects of global climate changes observed in the last decades. It also points out some regional changes, focusing on what is observed in the Paraná state (PR). The global raise of the mean temperature, possibly related to the over emission of anthropogenic greenhouse gases, leads the climate system to unwelcome scenarios. Regionally, some places in Paraná present, since the seventies, an accelerated hydrologic cycle, what is shown by a higher frequency of heavy rains, longer draught seasons and increased mean runoffs. Besides the direct changes in hydrologic cycle, a trend of raising minimum temperature while lowering maximum temperature can be observed in Ponta Grossa (PR). Identifying regional effects drives to an increase in the adaptability system level and helps to define the human interference limits, minimizing damages.

KEY WORDS

Climate changes – greenhouse effect – region scale – hydrologic cycle – temperature.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Algumas considerações sobre o aquecimento global e suas repercussões

Maria Elisa Zanella Veríssimo

Professora Ms do Departamento de Geografia - UFC
Doutoranda em Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR
Correio eletrônico: elizane@ufc.br

Resumo

Nas últimas décadas, tem-se constatado através de pesquisas científicas relacionadas ao clima e áreas afins, um aumento progressivo da temperatura do ar, que se manifesta em escala local, regional e global. Contudo, ainda não se conhece bem qual é o grau de participação de fatores relacionados às atividades humanas e de fatores naturais quando trata-se de alterações nas temperaturas globais, mas várias interpretações e explicações surgem junto à comunidade científica. Para alguns pesquisadores, o principal responsável é o homem, que, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, vem alterando a composição da atmosfera, contribuindo para o aumento do efeito estufa planetário, enquanto, para outros, as alterações estão relacionadas a fatores naturais, já que modificações climáticas sempre aconteceram no passado, vinculadas a ciclos estabelecidos por movimentos terrestres. Entretanto, a maioria dos estudiosos concorda com a idéia de que tanto atividades humanas quanto fatores naturais influenciam nessas modificações. Este artigo faz algumas considerações sobre essas diferentes interpretações e as repercussões das alterações climáticas na superfície terrestre.

Palavras-chave

Aquecimento global – efeito estufa – radiação solar – temperatura atmosférica.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p.137-143	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------

Introdução

Inúmeras pesquisas realizadas por estudiosos do clima e áreas afins têm demonstrado, através de registros históricos, um aumento progressivo da temperatura atmosférica, principalmente a partir da segunda metade do século passado. Ela vem se manifestando tanto em escala local, relacionada principalmente ao maior aquecimento dos espaços urbanos, agrícolas etc., como em escala regional e global.

Contudo, ainda são muitas as incertezas sobre a participação de fatores relacionados às atividades humanas e de fatores naturais quando se trata de mudanças nas temperaturas globais, pois várias interpretações são colocadas por estudiosos desta área. Para alguns pesquisadores, o aquecimento global tem como principal responsável o homem, que através da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, vem provocando alterações nas características da atmosfera. Para outros, o aumento está relacionado a fatores naturais, devido aos movimentos terrestres e atividades cíclicas do sol que afetam diretamente a quantidade de energia solar recebida no sistema Terra-atmosfera. Entretanto, para a maioria dos estudiosos, tanto atividades humanas quanto fatores naturais estariam influenciando nas alterações do clima em nível global.

Para um maior entendimento do aquecimento global, faz-se necessário inicialmente considerar alguns aspectos relacionados à radiação solar recebida, já que ela é a principal fonte de energia primária no sistema Terra-atmosfera.

De acordo com Ayoade (1996), 99,97% da energia recebida na Terra provém do sol, que chega ao planeta na forma de ondas eletromagnéticas e se distribui de forma desigual na superfície, sendo que, do total irradiado, 99% são de ondas curtas. A distribuição desigual da energia recebida na superfície terrestre deve-se a vários elementos que a influenciam diretamente, tais como a latitude, a época do ano, a hora do dia, o relevo, o tipo de superfície, entre outros.

A maior parte das ondas curtas passa através da atmosfera e parte delas é absorvida pela superfície terrestre que a aquece. A Terra aquecida torna-se fonte de energia de ondas longas.

A atmosfera, pela sua composição, permite a passagem da energia de ondas curtas, mas absorve grande parte da energia de ondas longas, resultando no efeito estufa, que é um fenômeno natural e necessário, pois do contrário as temperaturas sobre a superfície terrestre não possibilitariam o desenvolvimento da vida da forma como ela existe e se distribui na superfície terrestre. Os gases que constituem a atmosfera e que contribuem para o efeito estufa absorvendo a radiação de ondas longas são principalmente o vapor d'água, com concentração variável no tempo e no espaço, seguido pelo gás carbônico (CO_2). Tem-se ainda o metano (CH_4), o ozônio (O_3), o óxido nitroso (N_2O) e os compostos de cloro e carbono (CFC) (Molion, 2001).

Desses gases, o que causa maior polêmica é o CO_2 , já que seu aumento na atmosfera tem sido considerado o principal causador do efeito estufa intensificado, pois sua concentração cresceu 25% nos últimos 150 anos, sendo este crescimento atribuído às emissões pelas atividades humanas, principalmente pela queima de combustíveis fósseis (carvão e o petróleo) e pelas constantes queimadas de florestas.

Tendo em vista a tendência de aumento desses gases na atmosfera, inúmeros estudos vêm sendo elaborados prevendo e analisando os níveis de aquecimento para o futuro, bem como

suas conseqüências diretas e indiretas no planeta. Alternativas para controlar o efeito estufa também vêm sendo propostas. O seqüestro de carbono, por exemplo, é uma forma prevista no protocolo de Kyoto para reduzir os gases na atmosfera, principalmente o CO₂.

O aquecimento global e suas repercussões

Há várias décadas, os estudos já vêm demonstrando que o acúmulo, principalmente de CO₂, bloqueia a radiação infravermelha terrestre, intensificando o efeito estufa e contribuindo para o aumento da temperatura do planeta (Conti, 1998).

Diversas pesquisas têm evidenciado que as temperaturas médias da terra apresentam tendência à elevação. De acordo com as previsões, em 2030, a temperatura média da terra será de 1,5 a 4,5°C superior à atual (Legget, 1992), sendo que a principal causa é atribuída ao aumento gradual dos níveis de gases estufa na atmosfera, causado em sua maioria pelas atividades humana. Todavia, apesar dos valores apontarem apenas a elevação média global da temperatura, esta não ocorrerá de forma homogênea em toda superfície terrestre. Os estudos prevêem que algumas áreas sofrerão mudanças maiores que outras. Contudo, não há local no planeta isento das suas conseqüências.

Em estudo elaborado pela Academia de Ciências dos Estados Unidos (Schneider, 1992), foram apontados os principais efeitos de um possível aquecimento na atmosfera. São eles:

- . Elevação das temperaturas médias da superfície da ordem de 1,5 a 4,5 °C;
- . Tendência a um aumento global das precipitações a partir da elevação nos níveis de vapor d'água presentes na atmosfera, contudo algumas regiões poderão ser afetadas pela diminuição nos seus índices;
- . Derretimento de gelo no mar;
- . Aumento do nível do mar causado pelo derretimento de geleiras e pela expansão térmica do volume de água. As estimativas são de que o nível subirá de 10 a 30 cm;
- . Resfriamento estratosférico causado pela retenção de radiação na baixa atmosfera e pela diminuição da retenção de radiação ultravioleta, devido à redução da camada de ozônio.

Além dos efeitos diretos do aquecimento global, existem os indiretos, tais como o empobrecimento da biota, com extinção de algumas espécies animais e vegetais, o aumento da aridez dos solos etc. As regiões que tenderiam a sofrer as maiores modificações seriam as áridas e semi-áridas e principalmente as planícies costeiras com a invasão marinha. A saúde humana também seria influenciada, pois doenças tropicais ganhariam outras regiões, já que vários agentes patogênicos (vírus, bactérias e fungos), além de animais vetores (mosquitos, por exemplo), se espalhariam por novas regiões geográficas, dada as novas condições de temperatura e umidade. Com relação à invasão marinha, há que se destacar que a maior concentração populacional e principalmente urbana, localiza-se nas planícies costeiras e, dessa maneira, todas as atividades humanas seriam afetadas.

Um exemplo de estudo que evidencia um aumento da temperatura global foi realizado por Nogarolli e Mendonça (2002), comparando a sua evolução em Iguape (SP) e Curitiba (PR). Os

autores observaram que, a partir de 1940, as cidades passaram a evidenciar um aquecimento progressivo da temperatura, confirmando nas duas cidades a ocorrência do aquecimento global, pois tal aumento ocorre indiferentemente aos níveis de preservação ambiental, urbanização e industrialização, distintos nessas cidades.

O aquecimento global, se de fato estabelecido, pode ter sua ação potencializada pelos seus próprios efeitos. Dessa forma, o efeito pode contribuir para a aceleração dos processos que o causaram (retroalimentação positiva) ou acaba por contribuir na redução da causa (retroalimentação negativa). Apesar de muitos estudos levarem em conta estas retroalimentações, os seus resultados representam apenas hipóteses sobre os efeitos causados pelo aquecimento global e seus impactos ainda são muito incertos. Um exemplo de retroalimentação positiva seria a elevação nos níveis de vapor d'água na atmosfera causada pela maior evaporação, sendo que este aumento potencializaria o efeito estufa. Um exemplo de retroalimentação negativa seria a possibilidade de melhoria na fotossíntese e o maior crescimento das plantas, promovido pelo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera. Assim, as plantas aumentariam sua biomassa, levando a um maior consumo de dióxido de carbono da atmosfera (Lagget, 1992, citado por Nogarolli, 2000).

Apesar da maioria dos estudiosos concordar com a tendência de um aumento global da temperatura, existem correntes científicas que discordam da teoria do aquecimento global. Para alguns cientistas, o planeta inclusive estaria caminhando para uma nova era glacial, pois prevê-se que está se encerrando um ciclo de maior aquecimento iniciado no fim da última glaciação, há 10 mil anos (Conti, 1998). Esta hipótese se baseia nas atividades cíclicas do sol e nos movimentos cíclicos da terra, quando ocorrem alterações nos índices de radiação solar recebidos no planeta.

Conforme menciona Isla (1998), as variações da órbita terrestre em relação ao sol (conhecidas como ciclos de Milankovitch) conseguiram explicar variações climáticas de diferentes graus, que foram registradas em seqüências micropaleontológicas marinhas. Para ele, “as relações dos isótopos de oxigênio presentes nos carbonatos de organismos marinhos (*Cycladophora davisiana*), permitem estabelecer estádios isotópicos com os que se tem reconstruído os intervalos glaciais e interglaciais. Estas variações se ajustam razoavelmente bem aos ciclos orbitais” (p. 59). Segundo o autor, sobrepostos a estes ciclos orbitais, reconhecem-se os originados pelas manchas solares, que afetam o clima e têm dado uma explicação, por exemplo, ao fenômeno denominado “pequena idade do gelo”, que aconteceu entre os séculos XV e XIX.

Outros cientistas consideram a influência do vulcanismo nas alterações climáticas. Para Molion (1994), as variações ocorridas na temperatura são melhor explicadas a partir dos vulcões. Esse autor esclarece que tais alterações podem ter escala decenal ou até secular. Quando há uma intensa atividade vulcânica, com elevadas quantidades de aerossóis lançados na atmosfera, ocorre uma diminuição nas temperaturas da superfície terrestre devido à maior reflexão da radiação solar na alta atmosfera. Em seu estudo, o autor apresenta um acompanhamento de erupções vulcânicas associadas às variações na temperatura planetária no mesmo período. Para ele, os anos entre 1810 e 1900, chegando a 1920, apresentaram uma tendência à redução da temperatura justamente por ter tido intensa atividade vulcânica; entre 1900 e 1950 as atividades dos vulcões foram insignificantes, respondendo, portanto, a atmosfera terrestre com um aumento da temperatura média. A partir da década de 1950,

voltaram as atividades vulcânicas, porém com pouca intensidade, a contribuir na redução da temperatura. Complementa que a maior parcela do aquecimento global ocorreu antes da década de 1950, quando os níveis de consumo de combustíveis fósseis eram notadamente menores que na atualidade (Molion, 1994, citado por Nogarolli, 2000).

Ao analisar os resultados observados por Phil Jones, Molion (2001) faz as seguintes considerações:

“...os desvios da temperatura média global do ar próximo à superfície, com relação à média do período 1961-1990, aumentaram cerca de 0,56°C desde 1850, ou seja, no limite inferior da previsão dos MCG (modelos matemáticos de simulação do clima global). Vê-se que, entre 1920 e 1945, a temperatura aumentou 0,37°C, entre 1945 e 1978 diminuiu 0,14°C e, entre 1978 e 1999, voltou a aumentar 0,32°C. O primeiro período de aquecimento (1920-1945) coincide com o período em que a atividade vulcânica foi a mais fraca dos últimos 400 anos. Neste período, o albedo planetário diminuiu, entrou mais energia solar e o sistema se aqueceu. Portanto, o primeiro período de aquecimento, cerca de 0,4°C, pode ser real e ter acontecido naturalmente devido a redução do albedo planetário. (...) O segundo período de aquecimento, entre 1978 e 1999, é o que está causando maior polêmica, pois ele não foi verificado em todas as partes do mundo.(...) É possível que esse segundo aquecimento não seja real, resultando de influências espúrias como, por exemplo, mudanças de instrumentos de observação ou sua falta de manutenção, mudanças do ambiente circundante à estação climatológica ou mesmo sua relocação. Dentre essas influências, merece destaque o efeito de urbanização, também chamado de ilha de calor”(p. 8-9).

De acordo com Isla (1998), algumas interpretações dos aumentos da temperatura atmosférica em latitudes do Hemisfério Norte se realizaram em localidades onde se possuíam registros de dados prolongados. Essas estações meteorológicas antigas estão hoje englobadas em núcleos urbanos, transformados em ilhas de calor. Comparando imagens de satélites processadas segundo o índice de vegetação normalizado (NDVI) de diferentes épocas, notou-se uma diminuição das áreas verdes nas imediações das estações das localidades utilizadas. Isso sugere que o aumento pode estar relacionado às mudanças ocorridas no entorno das estações meteorológicas.

Caso esteja havendo um aquecimento global, o que de fato é colocado pela maioria dos pesquisadores, ele poderá ocasionar efeitos muito sérios. Entretanto, a maioria dos estudiosos ainda aponta muitas incertezas em suas análises, o que os leva a prosseguir em estudos para melhor compreender a dinâmica natural do clima e os processos complexos que envolvem o aquecimento global. Conforme menciona Isla:

“...não podemos negar que o homem está alterando significativamente os ciclos biogeoquímicos. Porém (...) em muitos casos não conhecemos os antecedentes para discriminar os efeitos naturais dos antropogênicos. Em relação ao ciclo do Carbono (aquecimento global), não conhecemos sua produtividade atual, a do passado, nem os efeitos reguladores do oceano superficial e profundo” (1998, p. 64).

Apesar das inúmeras incertezas que ainda envolvem o aquecimento global, algumas alternativas têm sido propostas no sentido de reduzir os gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente o CO₂.

“O seqüestro de carbono é uma forma, prevista no protocolo de Kyoto, para reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa, principalmente o CO₂. Há o processo natural dos vegetais de transformar em biomassa parte do dióxido de carbono disponível na atmosfera, através da realização da fotossíntese. Os projetos de seqüestro de carbono propõem o dinamismo e incremento desse processo natural através da manutenção e ampliação das áreas florestadas, apesar de também existirem controvérsias com relação a isso. Também, serão qualificados como sequestradores de carbono, os investimentos que consigam a redução dos níveis de CO₂ na atmosfera, através de alterações em atividades produtivas ou por utilização de novas energias denominadas limpa,beiro, 2002, p. 517).

Considerações finais

A atmosfera terrestre exerce papel fundamental ao desenvolvimento das diferentes formas de vida que se distribuem na superfície terrestre. Contudo, no decorrer da história o homem, ao se apropriar dos recursos naturais para garantir a sua sobrevivência, interferiu no meio ambiente e, dessa maneira, na atmosfera. Foi a partir da revolução industrial que as ações humanas tornaram-se cada vez mais expressivas e desencadearam processos de degradação até então sem precedentes. Uma das alterações mais discutidas e que causa muita polêmica junto à comunidade científica é a climática, atribuída principalmente às atividades desenvolvidas pela sociedade humana e que ocorrem de maneira diversa nas diferentes partes do planeta. Apesar das interpretações e explicações serem amplas e diversas, das quais algumas catastróficas, a maioria dos estudiosos tem concordado que um aumento na temperatura global vem se confirmado. Entretanto, eles ainda apontam muitas incertezas em suas análises, o que os leva a prosseguir em suas pesquisas no sentido de diferenciar os efeitos naturais dos antropogênicos e de melhor compreender a dinâmica climática.

Bibliografia

- AYOADE, J. O. *Introdução à Climatologia para os trópicos*. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- CONTI, J. B. *Clima e Meio Ambiente*. 1. ed. São Paulo: Atual, 1998. 88 p.
- ISLA, F. I. Los fantasmas del planeta. *Ciencia Hoy*, v. 8, n. 46, p. 58-64, maio/jun. 1988.
- LEGGET, J. A natureza da ameaça do efeito estufa. In: LEGGET, J. (org.). *Aquecimento Global: Relatório de Greenpeace*. Tradução de Alexandre Lissovski et al. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1992. 516 p.
- MOLION, L. C. B. Efeitos de vulcões no clima. *Cadernos de Geociências*, Rio de Janeiro, n. 12, p. 12-23, out./dez. 1994.
- MOLION, L. C. B. Aquecimento Global: fato ou ficção? *Revista do Instituto de Edições Pedagógicas*, São Paulo, ano 1, n. 4, p. 6-9, nov. 2001.
- NOGAROLLI, M. *Aquecimento global: a participação de Curitiba e Iguape*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. (Monografia de Bacharelado em Geografia), 92 p.

- NOGAROLLI, M. MENDONÇA, F. A. Aquecimento global: a participação de Curitiba/PR e Iguape/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5., Curitiba, 2002.
- RIBEIRO, P. R. Seqüestro de carbono: consensos e dissensos. Um debruçar analítico sobre o projeto “Ação Contra o Aquecimento Global” em Guaraqueçaba no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5., Curitiba, 2002.
- SCHNEIDER, S. H. A ciência da modelagem do clima e uma perspectiva do debate sobre o aquecimento global. In: LEGGET, J. (org). *Aquecimento global: relatório do*

RESUMEN

Mediante investigaciones científicas relacionadas con el clima y áreas afines, en las últimas décadas se ha constatado un aumento progresivo de la temperatura del aire, que se manifiesta en escala local, regional y global. Sin embargo, aún no se conoce bien cuál es el grado de participación de los factores relacionados con las actividades humanas y de los naturales cuando se trata de alteraciones de la temperatura global; pero muchas interpretaciones y explicaciones surgen en el seno de la comunidad científica. Para algunos investigadores, el principal responsable es el hombre que, especialmente por la quema de combustibles fósiles, viene alterando la composición de la atmósfera, contribuyendo para el efecto invernadero de la Tierra; para otros, tales alteraciones obedecen a factores naturales, ya que modificaciones climáticas siempre han existido en el pasado, vinculadas a ciclos establecidos por movimientos terrestres. La mayoría de los estudiosos acepta la idea que, tanto las actividades humanas como los factores naturales, inuyen en esas modificaciones. Este artículo formula algunas consideraciones sobre esos diferentes tipos de interpretación y sobre la repercusión de las alteraciones climáticas sobre la superficie terrestre.

PALABRAS-CLAVE

Calentamiento global – efecto invernadero – radiación solar – temperatura atmosférica.

ABSTRACT

In the last decades, scientific research on climate and other related areas has verified that there has been a progressive raise in air temperatures on a local, regional and global scale. It is still not clear however as to how much human activity has contributed to this change or whether the change is simply related to natural factors. Various interpretations and explanations have been proposed by the scientific community. In the opinion of some researchers the principle agent responsible for the raise in global air temperatures is the Man principally via burning of fossil fuels. Such activity has altered the composition of the atmosphere, contributing to an increase of the ‘greenhouse effect’. Other scientists believe that the alteration is simply related to natural factors and that climatic modifications have always occurred in the past and are part of the natural cycles of the earth. The majority of scientists however agree that both human and natural factors in uence these modifications. This article outlines considerations of these different interpretations and the resulting climate alterations for the planet.

KEY WORDS

Global warming – greenhouse effect – solar radiation – atmospheric temperature.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Métodos preditivos da Climatologia como subsídios ao planejamento urbano: aplicação em conforto térmico

Eleonora Sad de Assis

Dep. Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo – Escola de Arquitetura

Universidade Federal de Minas Gerais

Correio eletrônico: elsad@dedalus.lcc.ufmg.br

Resumo

Apresenta-se um procedimento de simulação física em modelo reduzido do fenômeno da ilha de calor numa área urbana da cidade de Belo Horizonte (MG) integrado à abordagem de trabalho de campo, demonstrando a capacidade do modelo físico em reproduzir fatos do mundo real, o que lhe confere capacidade preditiva. A comparação de resultados entre o modelo físico reduzido e a área urbana de estudo foi feita através de um modelo numérico aplicado simultaneamente aos dois casos. A boa correlação encontrada entre os resultados mostra que se pode utilizar este procedimento para a avaliação objetiva dos impactos das estruturas urbanas sobre o clima natural do sítio local, auxiliando na tomada de decisão para o planejamento e projeto urbano, bem como nas legislações construtivas, com vistas à preservação das condições de qualidade físico-ambiental e acessibilidade aos recursos naturais na área urbana.

Palavras-chave

Clima urbano – ilha de calor – modelos físicos radiativos – planejamento urbano – cidade de Belo Horizonte.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 145-158	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Introdução

Os estudos sobre o clima urbano têm demonstrado que muitos processos atmosféricos em escala local sofrem influência da cidade. Basicamente, a área urbanizada, ao modificar certas características da paisagem natural, tais como materiais constituintes, permeabilidade do solo à água, índice de vegetação, rugosidade (permeabilidade aos ventos) e superfícies expostas à radiação solar, modifica o balanço energético local, causando mudança de comportamento das variáveis do clima. Segundo Oke (1982), a diferença primária entre os processos térmicos da área urbana e de seu entorno natural ou rural está na repartição entre os fluxos turbulentos de calor sensível (trocas térmicas secas) e de calor latente (trocas térmicas úmidas). As áreas naturais ou rurais adjacentes à cidade perdem mais calor por meio do resfriamento evaporativo. Nas cidades, onde as superfícies têm mais capacidade térmica e o grau de impermeabilização é muito maior, ao contrário, a maior parte do fluxo térmico é de calor sensível – que, por sua natureza, é causa de desconforto térmico humano (estresse bioclimático). As estruturas urbanas favorecem ainda o estoque de calor, aumentando a importância desse termo no sistema, pois, durante a noite, a intensidade da perda térmica é função da quantidade de calor armazenado e disponibilizado na superfície.

Oke (1981), investigando os fatos que determinam a formação da “ilha de calor” urbana à noite, demonstrou também que as duas características urbanas mais relevantes na análise das diferenças no balanço de energia e nas taxas de resfriamento entre os meios urbano e natural ou rural adjacentes à cidade são:

- a geometria urbana, caracterizada pela relação altura e distância entre edifícios ou entre edifícios e ruas – denominada razão H/W – ou pelo fator de visão do céu (y_s);
- propriedades térmicas das superfícies, avaliadas através de sua inércia térmica.

É interessante ressaltar que estas características são extensamente controladas pela atividade de planejamento e projeto, tanto na escala urbana quanto na do edifício, através das legislações urbanas e códigos de obra, de modo que há, em princípio, potencial para agregar objetivamente informações da climatologia ao planejamento e gestão das cidades, através do chamado planejamento urbano climaticamente responsável (Chandler, 1976; Landsberg, 1976; Katzschner, 1997 etc.). Entretanto, embora se reconheça a importância da consideração do clima no planejamento urbano, constata-se que muito pouco do conhecimento disponível da climatologia urbana é usado no planejamento das cidades. Oke (1984) aponta que parte do problema está na natureza da pesquisa em climatologia urbana, essencialmente descritiva, e na sua dificuldade em traduzir seus resultados em subsídios e ferramentas úteis para aplicação em planejamento. De fato, Taesler (1986) observa que, do ponto de vista da climatologia, o principal objetivo reside em estudar o impacto da área urbana sobre a atmosfera, mas que para o planejador urbano e para o projeto de edificações, ao contrário, o interesse está em avaliar os impactos do clima sobre as funções, a economia e a segurança do ambiente construído, bem como sobre a saúde e bem-estar da população, de modo a tomar decisões para a preservação da qualidade desse ambiente.

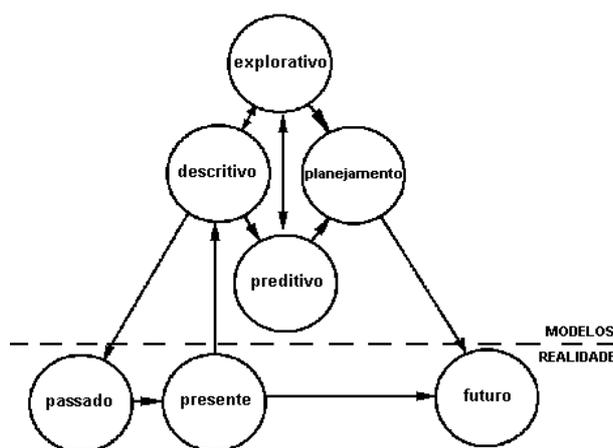
Obviamente, o processo de tomada de decisão em planejamento e projeto não pode estar baseado em critérios puramente qualitativos e em princípios gerais; é necessário desenvolver

metodologias para a análise quantitativa e integrada de atributos da forma urbana e do clima, em suas várias escalas, baseadas em critérios de conforto ambiental e eficiência no uso de recursos energéticos e de materiais, de maneira a diminuir a pressão das áreas urbanas sobre os recursos naturais, dando maior sustentabilidade ao ambiente construído. Monteiro (1986) já chamava a atenção para a necessidade do desenvolvimento de modelagem para a simulação, a partir de situações observadas, fortalecendo as bases de previsão para subsidiar o planejamento urbano.

Assim, o interesse no potencial preditivo dos modelos do clima urbano reside no fato, muito claramente apontado por Echenique (1975), em sua abordagem genérica sobre os modelos de realidade, de que um planejamento mais consequente das ações sobre humanas o ambiente requer o desenvolvimento das teorias ou modelos descritivos da realidade em processos preditivos e de exploração de futuros possíveis (Figura 1), assessorando a tomada de decisão em planejamento.

Figura 1

Processo ideal de elaboração de modelos em relação à realidade, segundo Echenique (1975)



Objetivo

Apresenta-se um procedimento integrado de investigação da ocorrência do fenômeno de ilha de calor numa área urbana através da abordagem simultânea de trabalho de campo, simulação em modelo físico reduzido da área de estudo e simulação numérica aplicada ao mundo real e ao modelo físico, como forma de demonstrar a capacidade do modelo físico em reproduzir fatos do mundo real, conferindo-lhe capacidade preditiva (Assis, 2000). A abordagem simultânea do mundo real e simulado através de modelagem tem a vantagem de superar o limite de aplicação imposto por resultados descritivos, como apontado anteriormente.

Por outro lado, a vantagem do uso de modelos físicos reside em ser familiar aos projetistas, servindo de instrumento integrador entre os fatos ambientais e o projeto urbano;

possibilita a abordagem de situações complexas, permitindo análises quali-quantitativas; facilita a comparação de desempenho de situações ou características de projeto, subsidiando a tomada de decisão e o aperfeiçoamento de soluções e é útil no desenvolvimento e validação de modelos numéricos. Na escala da UCL (camada urbana ao nível das coberturas), os modelos físicos escalados podem simular padrões complexos de fluxo de ar no ambiente construído, bem como os padrões de sombreamento e de carga térmica em arranjos de edifícios (Olgyay; Olgyay, 1963) e os efeitos da geometria urbana e da inércia térmica no resfriamento noturno de recintos urbanos (Oke, 1981). Verificou-se, também, a possibilidade de usar modelos físicos para a simulação de trocas de calor latente em áreas verdes urbanas de diferentes tipologias paisagísticas (Sproken-Smith, 1994).

Usando uma área urbana de Belo Horizonte (MG) como estudo de caso, partiu-se da hipótese de que, em situação de clima continental com baixa velocidade de vento regional durante o ano (cerca de 1,5 m/s), o principal termo do balanço energético urbano será o de troca térmica por radiação e, neste caso, a variável urbana diretamente relacionada é a *geometria*, descrita pelo fator local de visão do céu (Assis, 2000). A abordagem da ilha de calor como fenômeno noturno é útil, muito embora o ideal seria fazer uma simulação de 24 horas (campo térmico urbano), devido à percepção da importância das condições de resfriamento natural dos edifícios e do recinto urbano para a manutenção do conforto higrotérmico dos habitantes e usuários dos edifícios, bem como para a economia de energia operante para o condicionamento artificial de ambientes interiores.

Metodologia

Desenvolveu-se um levantamento de dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade de vento durante 24 horas na área de estudo, em condições de céu claro e calmaria, que são típicas do inverno belo-horizontino, favorecendo a formação da ilha de calor urbana. Os modelos físicos da área de estudo foram usados para simular os efeitos da geometria urbana, em seu papel de regular a perda térmica por radiação de onda longa, em condições similares à do mundo real, ou seja: período noturno, onde a superfície terrestre começa a irradiar calor para o céu, o qual passa a atuar como corpo negro; condições de calmaria e sem nebulosidade, em que o calor antropogênico pode ser desconsiderado no balanço energético local. O planejamento do trabalho de campo, bem como o do experimento com os modelos físicos, está diretamente relacionados com o tipo de modelo numérico do fenômeno estudado, pois suas variáveis devem ser adequadamente medidas e/ou estimadas para permitir a comparação entre os resultados experimentais e os calculados pelo modelo numérico.

O uso de um modelo numérico para a validação e comparação de resultados entre os fenômenos observados na área de estudo e em seu modelo físico reduzido justifica-se tendo em vista que, embora as características qualitativas da troca térmica por radiação sejam similares nas duas escalas, o grau de intensidade e a escala de tempo do fenômeno não são os mesmos nos dois casos, impossibilitando uma comparação direta entre os resultados obtidos no mundo real e em seu modelo físico. Descreve-se, a seguir, cada uma dessas etapas.

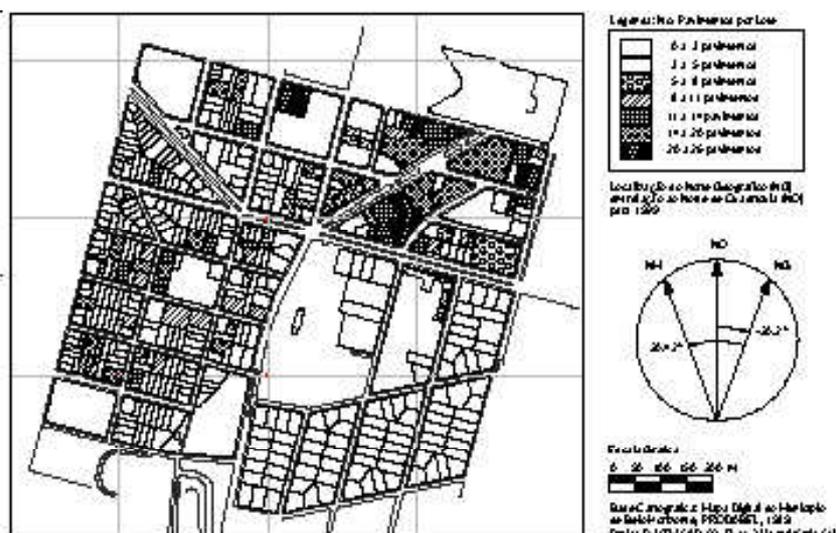
Caracterização do campo térmico da área de estudo

A área urbana selecionada para o estudo corresponde à região da cidade onde foram observadas as temperaturas médias mínimas (noturnas) mais elevadas, caracterizando a ocorrência da ilha de calor urbana (Assis, 1990). Esse registro ocorreu na estação meteorológica da Lourdes, atualmente a estação-padrão da cidade. Foi delimitada uma área de estudo de cerca de 25 ha em torno dessa estação. A Figura 2 mostra essa região, caracterizada por uma grande diversidade de usos, comerciais, institucionais e residenciais, com tipologia de ocupação variada, ocorrendo áreas verticalizadas com pouca vegetação, bem como áreas de baixa densidade de ocupação e muito arborizadas.

Para o levantamento de dados climáticos, foram definidos 3 circuitos, abrangendo ao todo 23 pontos de medição, em função de uma trajetória racional no trânsito local que permitisse executar cada circuito em cerca de 20 minutos, de modo a percorrer toda a área em cerca de 1 hora, em cada horário amostrado. As medições ocorreram de 3 em 3 horas, a partir das 6:00 horas, tomando como ponto comum a todos os circuitos o da estação meteorológica (ponto 1), para possibilitar a distribuição do erro de medição por todos os pontos do circuito, regularizando as medidas. Foi utilizada instrumentação manual digital – um termo-higrômetro da marca Higrótemp, modelo 90DR, e um anemômetro Iop-vent –, sendo os dados medidos em cada ponto anotados em planilhas para cada horário. Após tratados, os dados horários foram plotados sobre o mapa da área de estudo, com a ajuda de um *software* gerador de superfícies. A Figura 3 mostra, como exemplo, os dados das 21:00 horas, que caracterizam bem a ocorrência das temperaturas mais altas e umidades mais baixas nas áreas mais verticalizadas à noite, em situação de calmaria.

Figura 2

Mapa da área de estudo com a classificação do número de pavimentos edificadas por lote. Extraído de Assis, 2000



Do ponto de vista do conforto térmico, observa-se (Figura 4) uma diferenciação entre os pontos mais acentuada ao longo do dia, principalmente após as 9:00 horas, mas depois do por-do-sol, com a irradiação térmica dos ambientes ocorrendo ao longo da noite, a tendência é de equalização das condições higrotérmicas até o nascer-do-sol no dia seguinte. A amplitude térmica ao longo das 24 horas é maior nas áreas menos verticalizadas, em contraposição à tendência de conservar calor das áreas mais verticalizadas e densas. Mesmo em período de inverno, durante o dia, algumas áreas ficaram fora da zona de conforto, necessitando ventilação para resgatar as condições de conforto para uma população aclimatada, e, durante a madrugada, todas elas estavam excessivamente frias, em zona de influência do aquecimento passivo (AP, no diagrama).

Figura 3

À esquerda, variação das temperaturas do ar medidas às 21:00 horas na área de estudo, onde as temperaturas mais elevadas ocorrem nas áreas mais verticalizadas; à direita, a distribuição de umidade relativa no mesmo horário. Extraído de Assis, 2000

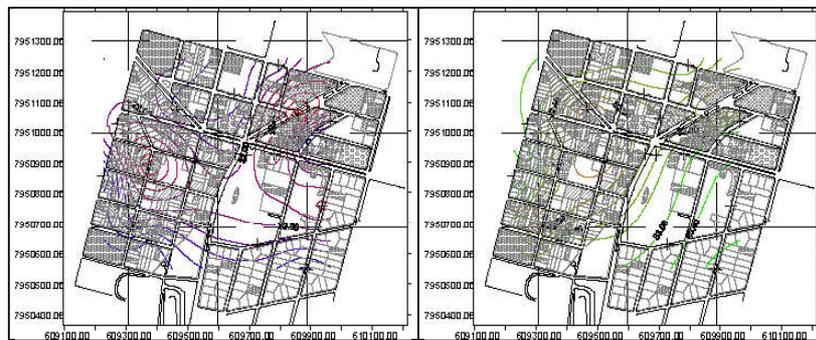
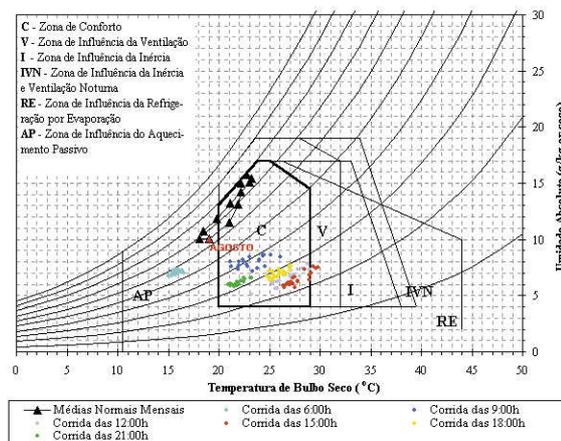


Figura 4

Diagrama bioclimático de Givoni para Belo Horizonte, com os dados horários do trabalho de campo válidos plotados e a curva média normal anual (agosto em destaque, mês em que ocorreram os trabalhos de campo) para comparação. Adaptado de Assis, 2000



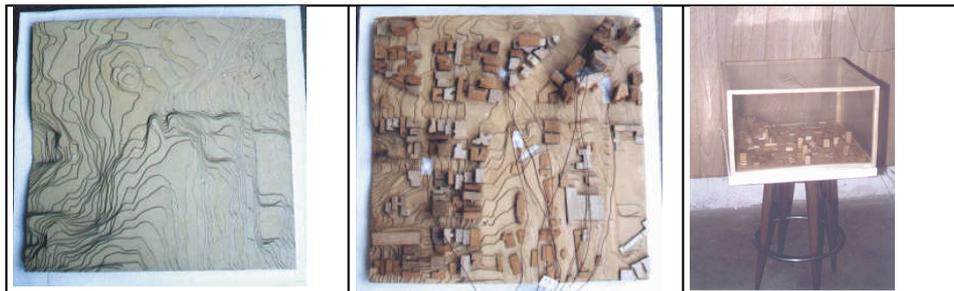
Modelos físicos da área de estudo: simulação da ilha de calor

Segundo Lowry (1988), o conceito de ilha de calor urbana consiste basicamente de uma diferença de temperatura observada na cidade e o que deveria ser, se a cidade não estivesse ali presente. Então, dois modelos físicos da área de estudo foram executados, um deles representando apenas o terreno, chamado de “modelo rural”, para seguir a nomenclatura usualmente adotada em trabalhos semelhantes, e o outro com a implantação das edificações existentes, chamado de “modelo urbano”. Os modelos foram construídos na escala 1:1000, com dimensões na base de 0,50 m x 0,50 m, correspondentes aos 25 ha da área de estudo. Os materiais usados, papelão de 1 mm de espessura para o terreno e madeira maciça leve para as edificações, têm grande resistência térmica, permitindo melhor observação dos efeitos da geometria urbana. Cada modelo recebeu na base uma placa de 0,04 m de espessura de poliestireno, para isolamento térmico. Foram, ainda, revestidos superficialmente com uma camada de resina acrílica fosca, para prevenir contra trocas de calor latente durante os ensaios.

Uma câmara fria de 6,41 m² e pé-direito de 2,42 m foi usada para os testes, tendo sido ajustada para temperatura interna de -10°C, para permitir simular a diferença média local (do sítio urbano) entre a temperatura de céu e a do solo. A câmara fria foi revestida internamente com chapas de madeira compensada encerada, para melhor controle das emissividades entre suas superfícies e as dos modelos. Esta câmara possui, também, uma antecâmara de 3,42 m² e pé-direito de 2,42 m, onde foi montada a bancada virtual de testes e armazenados os modelos físicos durante os ensaios. A Figura 5 mostra alguns detalhes de montagem desses modelos.

Figura 5

À esquerda, o modelo “rural”, com os quatro pontos de medição indicados; ao centro, o modelo “urbano”, com os termopares montados com massa térmica e fita crepe e, a direita, o modelo montado para ensaio, sob a tenda de proteção e já na câmara fria. Extraído de Assis (2000)



Uma placa de aquisição de dados com 16 canais Omega modelo WB-AAI e termopares tipo E (cromel-constantan) 30 AWG foi instalada numa CPU-386 e os termopares, montados em junta torcida, ligados aos drivers de saída da placa. Para monitorar as temperaturas das câmaras, foram fixados 5 termopares nos pontos médios das paredes e teto da câmara fria, e mais 2 termopares mediam respectivamente a temperatura do ar da câmara fria e da antecâmara. Os termopares para medida das temperaturas superficiais foram fixados com massa térmica e fita crepe, que tem emissividade semelhante à dos materiais de revestimento da câmara fria e dos modelos. Os modelos foram montados previamente com 4 a 7 termopares, fixados com massa térmica e fita crepe, e uma tenda de plástico (polietileno de espessura de 15 mđm) para minimizar a troca de calor sensível por convecção, com as frestas entre o modelo e a tenda isoladas com fita crepe. Cada montagem foi deixada pelo menos 24 horas na antecâmara à temperatura ambiente, para que todo o aparato entrasse em equilíbrio com a temperatura dessa sala, em média de 23°C, apresentando a mesma temperatura superficial em todos os pontos medidos antes de o modelo ser introduzido na câmara fria. Cada ensaio foi feito inserindo rapidamente o modelo na câmara, colocando-o sobre um banco de madeira a cerca de 0,50 m do piso. Após introduzir o modelo e fechar a câmara, o refrigerador era desligado. Em cada um dos ensaios, assegurou-se de que a variação da temperatura do ar da câmara fria não ultrapassasse os 3°C, como no experimento de Oke (1981). O decréscimo das temperaturas superficiais do modelo e da câmara eram, então, monitorados durante 60 minutos, com dados registrados a cada minuto. Desses 60 minutos, o tempo médio válido de experimento observado foi de 26 minutos para o modelo “rural” e de 28 minutos para o modelo “urbano”. As condições de início de cada ensaio foram controladas, de modo a haver o mínimo possível de variação entre um ensaio e outro. Das séries de experimentos realizados com cada modelo, os 3 melhores ensaios de cada um deles foram selecionados, gerando dados médios que demonstraram a repetibilidade do experimento.

Modelo numérico de controle dos experimentos

Oke (1981) desenvolveu um método experimental relativamente simples para simular os efeitos da geometria urbana no resfriamento noturno da cidade. A modelagem numérica que serviu ao controle e validação de seus experimentos foi, depois, aperfeiçoada por Lyons (1983). Esse modelo representa as condições anteriormente descritas e assim, na ausência de advecção, o decréscimo total da temperatura superficial ($D\delta T$) ao longo do tempo no modelo físico reduzido é dado pela chamada equação de Groen:

$$\Delta T(t) = (-L_0/f) * [EXP(f^2 * t / \mu^2) * ERFC(f * t^{1/2} / \mu) - 1] \quad (1)$$

onde

L_0 é a densidade de fluxo de radiação de onda longa no tempo $t = 0$ [W/m^2];

f é a taxa de decréscimo da temperatura superficial;

μ é a admitância térmica [$J/m^2 K s^{1/2}$];

t é o tempo [s].

Este modelo aplica-se a superfícies horizontais, mas o ambiente urbano e o sítio natural possuem também superfícies verticais e/ou inclinadas, devido à topografia, à presença de

vegetação e/ou de edificações. Assim, Oke (1981) propôs uma equação para o termo de densidade líquida de radiação de onda longa (L^*) como uma função da variável fator de visão do céu (ψ_s), possibilitando avaliar a influência do parâmetro geometria urbana, já que esta variável corresponde ao fator de forma da troca térmica por radiação. Nesta equação, o termo devido a (\bar{L}) consiste de duas componentes: uma relativa ao céu e outra devida às superfícies verticais e/ou inclinadas vistas a partir do ponto considerado sobre o piso do modelo (superfície de uma rua, lote etc.):

$$L^* = \psi_s * \downarrow L_s + (1 - \psi_s) * \downarrow L_w - \uparrow L_g \quad (2)$$

onde

ψ_s é o fator de visão do céu para o ponto considerado;

$\downarrow L_s$ é a radiação de onda longa vinda do céu claro [W/m^2];

$\downarrow L_w$ é a radiação de onda longa emitida pelas superfícies inclinadas e/ou verticais [W/m^2];

$\uparrow L_g$ é a radiação de onda longa emitida pela superfície do piso [W/m^2].

Reescrevendo a equação (2) em termos das temperaturas superficiais:

$$L^* = \psi_s * (\epsilon_s * \sigma * T_s^4) + (1 - \psi_s) * (\epsilon_w * \sigma * T_w^4) - (\epsilon_g * \sigma * T_g^4) \quad (3)$$

onde

ϵ_i é a emissividade de cada superfície considerada;

σ é a constante de Stefan-Boltzmann;

T_s é a temperatura superficial do céu [K];

T_w é a temperatura superficial das “paredes” em torno do ponto considerado [K];

T_g é a temperatura superficial do piso [K].

Na aplicação deste modelo numérico aos dados do experimento, a variável emissividade e a constante de Stefan-Boltzmann foram tomadas da literatura especializada. A admitância térmica dos modelos foi determinada ensaiando-se o material componente dos modelos físicos em laboratório técnico para a determinação de suas características termo-físicas de condutividade térmica, calor específico e densidade, que são as componentes da admitância. Os fatores de visão de céu de cada ponto estudado no caso do modelo “rural” foram determinados através da elaboração, por desenho geométrico sobre planta topográfica do local, das máscaras de obstrução da abóbada celeste em cada ponto, plotadas sobre o diagrama de forma da hemisfera celeste em projeção eqüidistante (Souza, 1997), o que possibilitou a estimativa da área efetiva de céu bloqueada pelos obstáculos, neste caso, pelas formas do terreno. Do mesmo modo, foram determinados os fatores de visão do céu de cada mesmo ponto no modelo “urbano”, sendo que, neste caso, as máscaras de obstrução foram elaboradas sobre o registro fotográfico de uma lente espelhada esférica colocada sobre cada ponto de estudo na área real. As variáveis de temperatura superficial foram medidas durante o experimento com os modelos físicos.

Uma expansão da série de Taylor da equação de Groen reduz-se à equação de Brunt (1941, citado por Oke, 1981), quando L^* é mantida constante ao longo da noite, que é o que ocorre no mundo real, de modo que a fórmula de Brunt para a equação geral de Groen é mais adequada para aplicação aos dados levantados na área de estudo.

$$\Delta T(t) = (-2/\pi^{1/2}) \cdot (L^*/\mu) \cdot t^{1/2} \quad (4)$$

Na aplicação deste modelo aos dados de campo, é necessário estimar as densidades dos uxos de radiação de onda longa vinda do céu (\bar{L}) e emitida pela superfície do solo (L), que compõem L^* . Swinbank (1963) propôs uma equação para \bar{L} , como função da temperatura do ar medida à altura-padrão (1,5 m do solo) e (L) pode ser calculada diretamente pela Lei de Planck, como no caso dos modelos físicos. As propriedades de condutividade térmica, calor específico e densidade do solo foram estimadas através de dados de literatura, resultando numa admitância térmica (m) média do solo da ordem de $1616 \text{ J.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}.\text{s}^{-1/2}$, valor considerado dentro do intervalo típico para paisagem urbana, segundo Oke (1981).

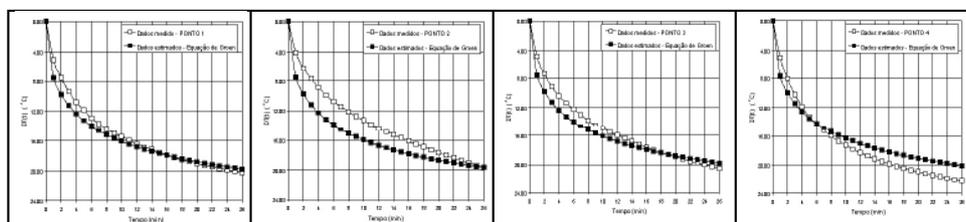
Resultados

Os gráficos das Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, os resultados medidos nos modelos “rural” e “urbano” nos mesmos pontos de estudo e os resultados estimados pela equação de Groen, observando-se um bom ajuste entre as curvas medidas e calculadas.

Os dados de temperatura de solo a 2 cm de profundidade, medidos na estação meteorológica de Lourdes, no período do trabalho de campo, foram comparados aos resultados obtidos com a aplicação da equação de Brunt, tendo-se obtido, também, um bom ajuste para a série medida entre as 18:00 horas e as 6:00 horas, como mostra a Figura 8.

Figura 6

$\Delta T(t)$ medida e calculada pela equação de Groen para o modelo “rural”, respectivamente nos pontos 1, 2, 3 e 4 da área de estudo, ajuste para 26 minutos, tempo calculado de experimento válido pela mesma equação. Note-se que o tempo observado e calculado são muito próximos.



Extraído de Assis (2000)

Figura 7

$\Delta T(t)$ medida e calculada pela equação de Groen para o modelo “urbano”, respectivamente nos pontos 1, 2, 3 e 4 da área de estudo, ajuste para 28 minutos, tempo calculado de experimento válido pela mesma equação. Os tempos observado e calculado foram praticamente idênticos, o que aumentou a correlação dos resultados. Extraído de Assis (2000)

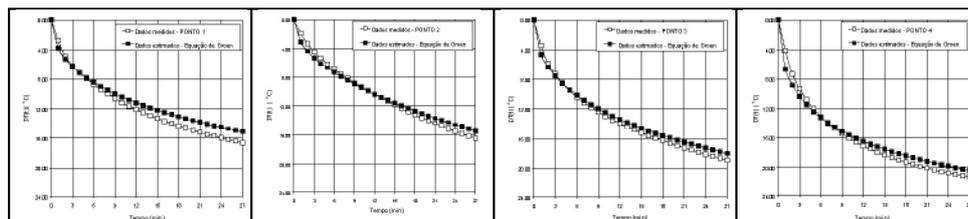
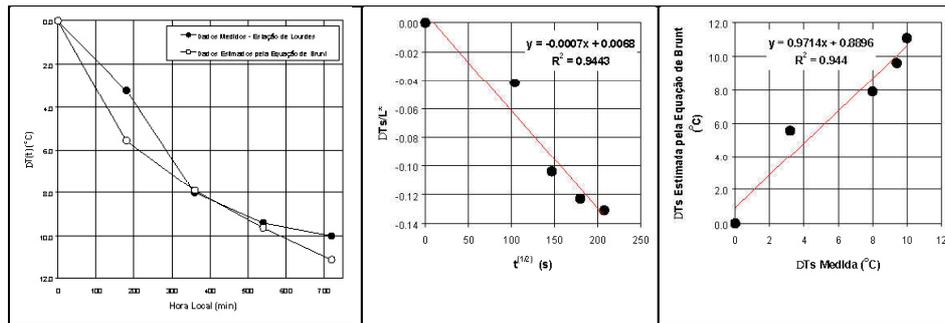


Figura 8
 Variação medida e calculada da temperatura de solo na Estação de Lourdes. No centro, a tendência linear da relação $\Delta T/L^*$ versus $t^{(1/2)}$; à direita, a correlação entre temperatura medida e calculada. Extraído de Assis (2000)



Através da aplicação do modelo numérico aos dados medidos em campo e aos dados medidos nos modelos físicos, observou-se, pela correlação entre as curvas medidas e calculadas, que o comportamento térmico do modelo físico corresponde bem ao fenômeno estudado, conferindo-lhe, assim, capacidade preditiva.

Uma vez que foram controladas as características do experimento e dos modelos físicos, pode-se comparar os resultados de ambos e considerar que qualquer diferença em seus resultados esteja relacionada ao efeito do arranjo local dos edifícios. De fato, a Figura 9 mostra as discrepâncias ocorridas entre os dados medidos no modelo “rural” e no modelo “urbano”. Como se pode observar, as maiores discrepâncias entre as curvas “rural” e “urbana” ocorreram nos pontos 1 e 2, ambos localizados em áreas densas e verticalizadas. Isto mostra que essas áreas tendem a se manter mais quentes durante períodos de céu claro e calmaria. O ponto 3, embora localizado em área verticalizada, sofreu provavelmente a influência da grande área livre a sudoeste, que corresponde, na área de estudo, a quase uma quadra inteira ocupada por uma pequena edificação com vegetação de porte arbóreo no entorno. O ponto 4, que corresponde à estação meteorológica de Lourdes, situada em quadra de baixa densidade e ocupação horizontal, apresentou a menor diferença entre as curvas.

Conclusões

Os modelos físicos radiativos em escala de recintos urbanos reais podem ser usados com sucesso para a simulação do comportamento térmico dessas áreas, uma vez que as condições que representam estejam bem caracterizadas. Neste caso, o experimento se limitou à reprodução das condições ambientais típicas para a ocorrência da ilha de calor urbana.

Um aspecto que merece discussão é o fato de que a modelagem física e numérica do clima urbano trata com temperaturas superficiais e não com temperaturas do ar, as quais, do

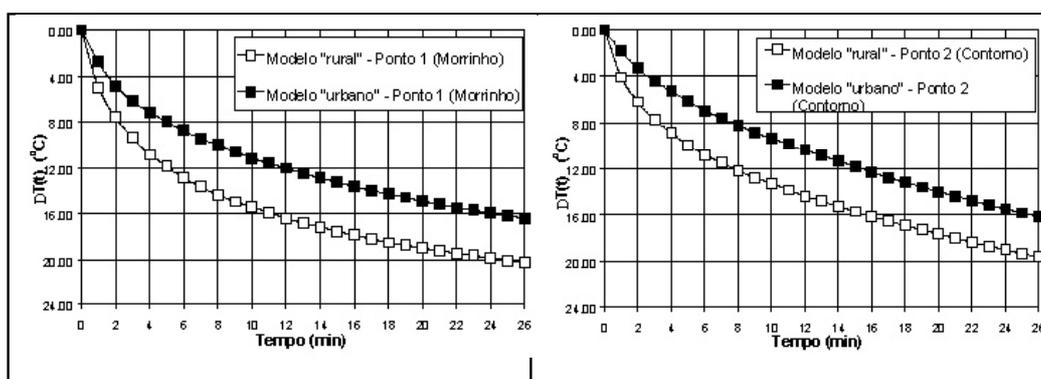
ponto de vista do planeamento urbano, seriam mais significativas para a análise do conforto térmico urbano. Assis (2000) demonstrou que, em climas ou períodos do ano mais secos, existe correlação entre as temperaturas superficiais e as temperaturas do ar, o que reafirma a representatividade do uso de modelos físicos para o estudo de comportamento térmico de áreas urbanas, nestas condições.

Os resultados observados mostraram que há potencial para a utilização deste procedimento na avaliação objetiva da adequação de uma determinada estrutura urbana a um sítio natural, pela comparação entre as curvas de variação da temperatura superficial nos modelos com e sem a estrutura urbana, que sugerem o grau de impacto que esta estrutura tem ou terá sobre o balanço de radiação local. Entretanto, ainda será necessário desenvolver um modo de qualificar o desempenho térmico do ambiente construído no processo do experimento, pois não foi possível aplicar um índice de conforto térmico na escala dos modelos reduzidos.

A última década registrou um crescente interesse na aplicação de critérios ambientais ao planeamento e projeto urbanos, notadamente na área do conforto ambiental e da climatologia urbana, porém, para o desenvolvimento e consolidação de uma perspectiva de planeamento urbano climaticamente responsável, faz-se necessário investir no diálogo interdisciplinar e na formação de profissionais qualificados para lidar com a aplicação prática de tais critérios, o que requer um quadro conceitual consistente e o aprofundamento da pesquisa na área, sem o que, não há como aperfeiçoar os instrumentos legais e de gestão urbana de que se dispõe atualmente.

Figura 9

Resultados comparados do experimento com os modelos “rural” e “urbano”, respectivamente nos pontos 1, 2, 3 e 4 da área de estudo. Extraído de Assis (2000)



Deste modo, pode-se constatar uma certa variabilidade no campo térmico do entorno construído da estação meteorológica, que encontra correspondência, pelo menos de modo qualitativo, com os fatos observados através de dados climatológicos do local (Assis, 1990).

Bibliografia

- ASSIS, E. S. *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor: análise de desempenho de áreas verdes urbanas em clima tropical*. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. 168 p. (Dissertação, Mestrado em Arquitetura).
- ASSIS, E. S. *Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria do desempenho do ambiente urbano*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2000. 273 p. (Tese, Doutorado em Arquitetura e Urbanismo).
- CHANDLER, T. J. *Urban climatology and its relevance to urban design*. Geneva, 1976. WMO Technical Note 149.
- ECHENIQUE, M. Modelos: una discusión. In: MARTIN, L. MARCH, L. ECHENIQUE, M. *La estructura del espacio urbano*. Barcelona: G. Gili, 1975. p. 235-248.
- KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. *Anais...* Salvador: FAU/UFBA – ANTAC, 1997. p. 49-58.
- LANDSBERG, H. E. *Special environmental report 7: weather, climate and human settlements*. Geneva, 1976. WMO n. 448.
- LOWRY, W. P. *Atmospheric ecology for designers and planners*. McMinnville: Peavine Publications, 1988.
- LYONS, T. J. Comments on “Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparisons of scale model and field observations”. *Journal of Climatology*, v. 3, p. 95-101, 1983.
- MONTEIRO, C. A. F. Some aspects of the urban climate of tropical South America: the Brazilian contribution. In: TECHNICAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY AND ITS APPLICATION WITH SPECIAL REGARD TO TROPICAL AREAS, 1986, Geneva. *Proceedings...* Geneva: WMO, 1986. WMO n. 652, p. 166-197.
- OLGYAY, V. OLGAY, A. *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: Princeton University Press, 1963.
- OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, v. 1, p. 237-254, 1981.
- OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 108, p. 1-24, 1982.
- OKE, T. R. Towards a prescription of the greater use of climatic principles in settlement planning. *Energy and Buildings*, v. 7, p. 1-10, 1984.
- SOUZA, R. V. G. *Iluminação natural em edificações: cálculo de iluminâncias internas – desenvolvimento de ferramenta simplificada*. Florianópolis: Centro Tecnológico – Dep. Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil).

- SWINBANK, W. C. Long-wave radiation from clear skies. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 89, p. 339-348, 1963.
- SPROKEN-SMITH, R. A. *Energetics and cooling in urban parks*. Vancouver: University of British Columbia, 1994. (Thesis, PhD in Geography).
- TAESLER, R. Urban climatological methods and data. In: TECHNICAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY AND ITS APPLICATION WITH SPECIAL REGARD TO TROPICAL AREAS, 1986, Geneva. *Proceedings...* Geneva: WMO, 1986. WMO n. 652, p.199-236.

RESUMEN

En un área urbana de la ciudad de Belo Horizonte (Minas Gerais) se presenta un procedimiento de simulación física en un modelo reducido del fenómeno de la isla de calor, incorporado al abordaje del trabajo de campo, que demuestra la capacidad del modelo físico en reproducir los hechos del mundo real, lo que le confiere una capacidad pronosticadora. La comparación de los resultados entre el modelo físico reducido y el área urbana estudiada se hizo utilizando un modelo numérico aplicado simultáneamente a ambos casos. La buena correlación encontrada entre los resultados muestra que se puede usar ese procedimiento para la valoración objetiva de los impactos de las estructuras urbanas sobre el sitio natural local, auxiliando en las tomas de decisión en el planeamiento y el proyecto urbano, así como también en las legislaciones constructivas, objetivando la preservación de las condiciones de calidad físico-ambiental y la accesibilidad de los recursos naturales en el área urbana.

PALABRAS-CLAVE

Clima urbano – isla de calor – modelos físicos radioactivos – planeamiento urbano – ciudad Belo Horizonte.

ABSTRACT

This paper presents a procedure for the physical simulation of the urban heat island phenomenon applied to a real urban area of the city of Belo Horizonte, MG. The results of the physical simulations were integrated to the urban area survey results through a numerical model applied to both cases. The ability of the physical model in reproducing real facts might give it predictive capacity. The good agreement between the results showed that it is possible to use this procedure for an objective evaluation of the urban structure impacts on the site natural climate, helping the decision making process in urban planning and design, as well as the building legislation, considering the environmental quality and preserving the access to natural resources in urban areas.

KEY WORDS

Urban climate – urban heat island – radioactive physical models – urban planning – city of Belo Horizonte.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Clima, gestão do território e enchentes no Vale do Itajaí-SC

Nilson Cesar Fraga

Professor do Curso de Turismo das Faculdades Integradas Curitiba

Coordenador do Núcleo de Pesquisas de Turismo de Guerra - NPTG/Turismo/FIC

Professor do Curso de Pós-graduação em Análise Ambiental da Universidade Federal do Paraná

Doutorando em Meio Ambiente e Desenvolvimento na Universidade Federal do Paraná

Correio eletrônico: ncfraga@ufpr.br

Resumo

O presente trabalho focaliza questões sobre a problemática de enchentes registradas no Vale do Itajaí (SC), procedendo a breve discussão atinente ao clima e à gestão territorial regional. A bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, situada na Vertente Atlântica do Nordeste Catarinense, é uma das mais expressivas do estado, tanto nos aspectos hidrográficos quanto nos socioeconômicos. Desde sua colonização, o Vale do Itajaí vem enfrentando calamidades em decorrência das cheias; esses problemas vêm se repetindo, seja por falta de recursos ou até mesmo por dificuldades técnicas, sem mencionar fatores agravantes como o desmatamento, a utilização das encostas, entre outros. Constatou-se, no decorrer dos estudos que as características físicas, os processos de colonização e urbanização, a problemática das enchentes catástrofes e as obras implantadas para a sua contenção constituem uma interação entre os sistemas natural e social ineficaz, responsável pelo aumento da frequência e magnitude das enchentes, necessitando a região de um planejamento permanente e voltado para a sustentabilidade.

Palavras-chave

Clima – gestão – território – Vale do Itajaí – Santa Catarina.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 159-170	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Introdução

Nós temos os pés encharcados das enchentes anuais
e o coração não secou do medo da última enxurrada
somos peões sem cavalos, cavalgamos nas águas,
as tristes águas e afogamos a alma no Itajaí-Açu...
(J. E. Martins, 1986)

Desde a gênese da sua existência, como campo do conhecimento científico, a Geografia incorporou e desenvolveu grande quantidade de conceitos e técnicas para investigações, que, com o passar do tempo e em níveis diferenciados no espaço, fomentaram numerosos debates. Estes propiciaram a emergência das várias concepções que caracterizaram a evolução do pensamento geográfico. O desenvolvimento de tal pensamento foi impulsionado por importantes questões através da sua história, dentre muitas, o estudo das relações homem/meio mostrou discussões sistemáticas que apresentam-se até o presente.

Baseado nas múltiplas determinações que envolvem a dicotomia mencionada, no Vale do Itajaí, o processo ambiente/sociedade regional vem sendo marcado pela complexidade de uma gestão territorial que teve início a partir de 1850. Data dessa época a problemática envolvendo clima e enchente, planejamento e gestão do território.

Desde o processo de colonização da região, as enchentes vêm assolando aquelas terras. De tempos em tempos, a descarga dos rios não consegue escoar todas as águas produzidas das cheias e a inundação atinge a maioria dos segmentos produtivos da região.

Breves notas sobre a história das enchentes no Vale do Itajaí (SC): da natureza e da política estadual

Desde 1852, quando se começou a medir os níveis de enchentes em Blumenau, diversas quotas foram registradas; mas, ao observá-las, verifica-se que em apenas cinco ocasiões o rio Itajaí-Açu ultrapassou a cota de 13,00 m: 1852, 1888, 1911, 1983 e 1984. Também denota-se, por meio dos dados, que em um período de 70 anos as enchentes não atingiram cotas superiores a 13,00 m neste século¹ (Fatma, 1989).

Os níveis d'água atingidos em Blumenau foram medidos por intermédio da régua instalada no posto uviométrico de Blumenau. A cota de extravasamento para a cidade corresponde ao nível de 8,50 m – este é o nível crítico, em que, numa enchente, alaga dezenas de ruas do município.

Assim sendo, como poder-se-ia justificar os apelos da população do Vale do Itajaí, exigindo a construção de diversas obras estruturais na bacia para a regularização do escoamento superficial? É evidente que ninguém quer ser prejudicado por elas (as enchentes). Então,

¹ Tal régua localiza-se a jusante da Ponte Adolfo Konder, região central da sede municipal de Blumenau, 20 centímetros acima da cota do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Estes dados são fornecidos pelo Instituto Ambiental de Blumenau – IPA.

a sociedade civil organizada, os empresários e pessoas de outros segmentos da sociedade começaram a pressionar seus dirigentes, sobretudo os locais, para encontrar uma solução para as cheias. Não se pode afirmar, no entanto, que o povo do vale queria *obras estruturais*, mas sim, soluções para amenizar as mazelas causadas em suas propriedades pelas cheias. Isto sem se ater ao fato de que, estatisticamente, o problema poderia ser minimizado por meio de *obras não-estruturais* e estas não causariam desgaste ecológico tão violento nas áreas escolhidas para as obras de regularização (Fraga, 2000).

Precisa-se destacar que, politicamente, a busca de soluções para o problema passou a ser tema de discursos para os políticos da região. A conclusão das obras de regularização na bacia transformou-se no grande discurso de palanque eleitoral. Pela análise de períodos, constatou-se que muitos vereadores, prefeitos, deputados, senadores e até governadores exploraram esse tema para angariar votos. A própria imprensa ajudou na cristalização da idéia de solução por meio de obras estruturais; várias matérias publicadas nos jornais de circulação estadual, e até nacional, por décadas frisaram esse discurso, sem se aterem à opinião de especialistas (Mattedi, 1994).

O meio físico regional: fragmentos da formação socioespacial

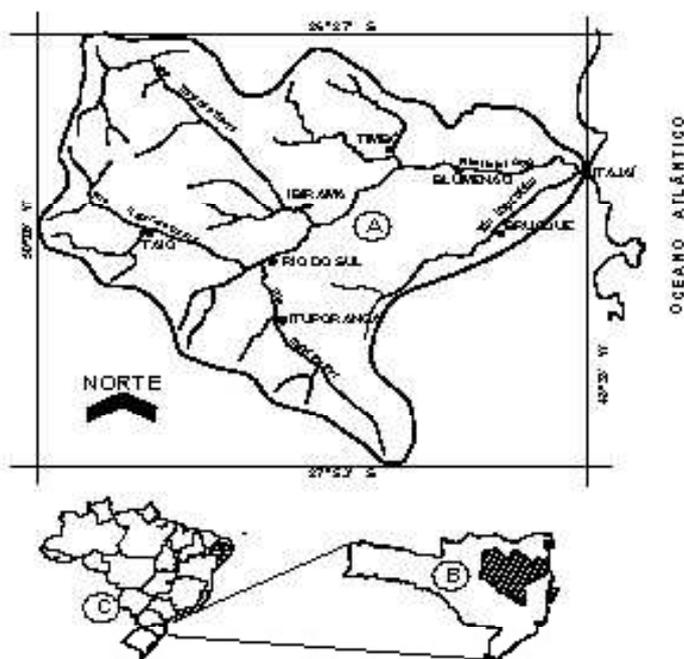
Os estudos dos aspectos físicos da bacia do Itajaí no presente trabalho não visam detalhar situações existentes, constituem-se de uma pesquisa bibliográfica e atividades de campo desta, um trabalho/suporte às análises subseqüentes.

No que tange os elementos do meio físico, a bacia do Itajaí tem a forma de um leque com vértice em Itajaí e o arco voltado para oeste.

O limites da bacia são (Dynamis, 1994, p. 220):

- ao Norte pelos divisores que a separam das bacias do rio Negro e Itapocu: Serra do Jaraguá (cristalina), 800 metros de altitude e Serra da Moema (sedimentar), 990 metros de altitude;
- a Noroeste pelo divisor que separa o rio Itajaí do Norte e Itajaí do Oeste do rio Canoinhas (sedimentar);
- a Oeste, limitada pelas *cuestas* da Serra Geral, com o trecho da Serra do Espigão (1.270 metros de altitude) ao Morro do Funil (1.062 metros de altitude), de capeamento basáltico, e do Morro do Funil ao Morro dos Padres (2.000 metros de altitude) de sedimentos elevados do Planalto de Lages;
- ao Sul pela Chapada da Boa Vista (1.250 metros de altitude), Serra dos Faxinais (950 metros de altitude), as duas sedimentares; e pelo divisor entre os rios Itajaí-Mirim e Tijucas – Serra da Tijuca (cristalino);
- a Leste, pelo Oceano Atlântico (Butzke, 1995, p. 220).

Figura 1
Localização geográfica
(A) - Bacia do Rio Itajaí-Açu - Santa Catarina - Brasil
(B) - Localização da bacia no Estado de Santa Catarina
(C) - Localização do Estado de Santa Catarina no Brasil



Em outras palavras, pode-se dizer que a bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu está situada na Vertente Atlântica do Nordeste Catarinense, onde drena uma área de 15.000 km², limitada ao norte pelas bacias dos rios Itapocu e Iguaçú; ao sul pelas bacias dos rios Tijucas e Tubarão; a oeste pelas bacias dos rios Uruguai e Iguaçú; e a leste pelo Oceano Atlântico, verificável na Figura 1.

Tal bacia hidrográfica é considerada uma das mais expressivas do estado, tanto nos aspectos de hidrografia quanto nos socioeconômicos, constituindo-se numa das frações territoriais de maior importância de Santa Catarina (Seplan, 1991).

A bacia hidrográfica do vale do rio Itajaí-Açu é formada por sete sub-bacias (Silva, 1975): Itajaí do Norte (3.315 km²); Benedito (1.398 km²); Luiz Alves (583 km²); Itajaí-Açu (2.794 km²); Itajaí-Mirim (1.673 km²); Itajaí do Sul (2.309 km²); e Itajaí do Oeste (2.928 km²). Nelas, 75% da população reside na zona urbana e 25% na zona rural, onde se destaca a produção de milho, feijão, batata, arroz, fumo e cebola, sendo os dois últimos os mais expressivos, respectivamente 28,1% e 78,1% da produção estadual. Na pecuária, o destaque se deve à criação bovina (14,2% da estadual), seguido pelo leite (19,4% da produção estadual). A região é habitada por mais de um milhão de pessoas, que vivem em 52 cidades, o que representa aproximadamente 20% da população Catarinense (Fundação Universidade Regional de Blumenau, s/d.).

Da complexidade do clima para as múltiplas determinações espaciais

No que concerne aos elementos climáticos, a área da bacia do Itajaí-Açu caracteriza-se pelo clima regional da costa catarinense, cuja dinâmica é regulada pelos sistemas atuantes na Região Sul do Brasil.

Essa região possui clima temperado de categoria subquente, com temperatura média oscilando a partir da foz em direção às encostas de 21°C e 18°C. As épocas quentes e frias do ano são bem caracterizadas, sendo 25°C a média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) e descendo a 15°C a do mais frio (julho) (Serebrenick, 1958). Por sua localização nas médias latitudes (entre 27°S e 26°S), encontra-se na região de passagem da frente polar em frontogênese, estando o tempo atmosférico sujeito a bruscas mudanças pelas entradas sucessivas de tais fenômenos em qualquer estação do ano. A passagem das grandes discontinuidades é seguida, no inverno, por ondas de frio das massas polares, que no verão têm ação amenizadora (Nimer, 1979, p. 195-264).

Na região, as chuvas são bem distribuídas, sem sequer um mês seco. O ritmo da precipitação é estacional e, de certa forma, regular. Os totais pluviométricos mais elevados ocorrem, geralmente, nos meses de verão e primavera, sendo que ocasionalmente ocorrem nos meses de inverno e outono. Este ritmo é controlado pela frente polar atlântica, pois as chuvas são geralmente pré-frontais, frontais e pós-frontais. Independente da maior ou menor frequência de invasões das frentes, o ritmo depende da estrutura polar, do índice de umidade absoluta contida na Tropical Atlântica no momento que precede a chegada dessa discontinuidade e da velocidade dessa frente (Nimer, 1979, p. 215).

No verão, domina a Massa Tropical Atlântica (Ta), com ligeiras invasões da Polar Atlântica. No período, a Ta é instabilizada pelo aquecimento continental associado aos efeitos orográficos. Tal combinação dá origem a precipitações em pancadas, com grande volume pluviométrico concentrado em curto período de tempo. No inverno, as invasões das frentes polares traz nebulosidade predominantemente estratiforme, com ocorrência de chuvas leves e contínuas. O período de precipitação é mais longo, mas o volume pluviométrico é menor (Monteiro, 1963).

“Precipitações concentradas no inverno, como as ocorridas em 1983-1984 no Estado de Santa Catarina, têm sido associadas ao episódio quente do Fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). O aquecimento anômalo da temperatura da superfície do Pacífico na costa do Peru, cria por subsidência do ar, uma zona de alta pressão sobre toda a Amazônia e o Nordeste brasileiro, bloqueando o deslocamento da frente fria que permanece estacionária sobre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Esta, além de estacionária será alimentada, durante duas ou três semanas, pelo ar quente vindo da Amazônia, que fornece o vapor d’água que vai sendo transformado em chuva pelo mecanismo dinâmico do sistema atmosférico.” (Mollion, 1990)

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul necessita de 18 meses de alísios fortes para ocorrer no verão seguinte (novembro-dezembro), quando esses ventos enfraquecem, podendo durar 18 meses, caso os alísios permaneçam fracos durante o inverno (Mollion; Enos, 1989). Na Região Sul, onde está situada a área estudada, as estações primavera e outono não apresentam

quadro climático definido, ficando caracterizadas pelas tendências médias do inverno e verão, respectivamente, cujos mecanismos de circulação só aos poucos vão se perdendo (Hermann; Mendonça; Campos, 1993).

“A falta de uma estação seca nítida no Vale do Itajaí ou, em outros termos, a existência de chuva suficiente em todas as estações do ano, explicam-se pela superposição de três regimes pluviométricos que se apresentam na região: 1º.) o tropical, com máximo no verão, proveniente das descontinuidades tropicais; 2º.) o da frente polar, no seu percurso oceânico, com máximo no outono; 3º.) ainda o da frente polar, porém no percurso continental, que provoca chuvas de inverno e, principalmente, de primavera. Embora a fusão desses três regimes cubra o ano todo, as chuvas são mais abundantes no verão, quando há maior instabilidade do ar, e mais escassas no inverno, quando as massas de ar são mais estáveis.” (Serebrenick, 1958, p. 288)

Sobre o comportamento da precipitação na Bacia do Itajaí, é importante destacar que ela está concentrada no período de janeiro e fevereiro, com uma onda anual bem definida, sendo os meses de maio, junho e julho os de menor precipitação. A variabilidade interanual mostra que a Oscilação Sul interfere na intensidade de precipitação, especialmente nos anos de El Niño (ENOS). No ano de 1983, ocorreram anomalias positivas (Nery; Baldo; Martins, 2000).

No que concerne à discussão climática estadual, para melhor entendimento das dinâmicas e gerenciamento territorial, existe uma proposta de diferenciação climática, a partir de conceituações propostas por Köeppen, Gaussen e Bagnouls (1953) e Nimer (1979), mais adequadas para um entendimento macro e meso dos ecossistemas posto na dita porção territorial. Esta divide Santa Catarina em cinco tipos distintos e mais dez subtipos climáticos, cujos resultados permitem maior entendimento e planejamento, em termos escalares (Braga; Guellre, 1999).

Na referida proposta de diferenciação climática, o Vale do Itajaí ficou compreendido por dois domínios e dois subtipos. Um marcado pelos vales litorâneos e com influência atlântica e outro com influência das altas vertentes (Serra Geral); o primeiro denominado subquente, com temperaturas entre 15 e 18°C, superúmido, sem estação seca definida, chamado subtropical 1 (subtipo A1), e o segundo denominado mesotérmico brando (1), com temperaturas entre 13 e 15°C, também superúmido, sem estação seca definida, chamado temperado 2 (subtipo 2A). Os autores apresentam mapeamento da divisão de zoneamento e ordenamento, pautado em proposta do Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais de Santa Catarina – Ciram/Epagri.

A abordagem anterior pode ser entendida quando da análise da variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica de Santa Catarina, em que a média da precipitação total anual aumenta de leste para oeste, com valores maiores na região centro-oeste e oeste do estado; coincidentemente, o subtipo 2A encontra-se na porção oeste da bacia do Itajaí (Andrade; Baldo; Nery, 1999), aproximadamente 200 km da foz. De lá, convergem excepcionais volumes de água em períodos de enchentes e, nessa região, foram edificadas as barragens de contenção, que possuem poder para controlar mais de 30% do volume precipitado no Vale do Itajaí. A máxima precipitação anual estadual se localiza no nordeste catarinense, um dos divisores da bacia aqui estudada.

As enchentes catastróficas que ocorrem no rio Itajaí-Açu e seus tributários resultantes das chuvas não dependem simplesmente da sua abundância na ocasião. As quantidades

pluviométricas totais que caem no período de chuvas não definem o grau de cheias, mas das características quantitativas da duração e extensão, correlacionadas ao tempo, área e intensidade. Não sendo somente nas estações chuvosas que as inundações se verificam, para tanto, a análise individual das enchentes permite entender o mecanismo da sua formação, abordando principalmente os acontecimentos nas altas vertentes da bacia, notadamente, nos formadores da grande bacia do Itajaí-Açu – os rios Itajaí do Sul, Itajaí do Norte e Itajaí do Oeste (Fraga; Goulart, 2000).

A disposição do relevo, da vegetação e da ação antrópica no espaço físico da bacia são condicionantes necessárias ao entendimento da dinâmica local das enchentes catástrofes registradas em, no mínimo, 150 anos de ocupação efetiva da região. A expressão quantitativa dos efeitos apontados se revela na inter-relação das diversas condicionantes locais das enchentes na região, além da introdução de sucessivas variáveis pela ocupação antrópica analisadas na seqüência.

Para um entendimento adequado das variantes das enchentes catástrofes, faz-se necessária a ligação com os impactos ambientais nos padrões da organização espacial. Precisa-se considerar o modelo de ocupação e gestão de recursos naturais introduzidos pelo processo inicial de ocupação do Vale do Itajaí. O modelo de colonização catarinense, principalmente a estrangeira, introduziu novas formas de interação com o meio e tentativa de romper as resistências ambientais, quando se considera a natureza como um obstáculo a ser rompido.

O estado de Santa Catarina é dividido em duas grandes porções: a do Litoral e Encostas e a do Planalto. Em conjunto, essas linhas divisórias estabelecem a própria orientação de drenagem das águas, para o Atlântico e para a bacia do Paraná – que, de certa forma, direcionaram a própria ocupação do estado.

A zona de encostas corresponde, de modo geral, às superfícies inclinadas ou abruptas que são marcantes entre o Planalto e a Planície Litorânea ou entre esta e as formações montanhosas, também do Litoral. As colonizações alemã, italiana e outras da Europa Ocidental aconteceram preferencialmente em vales com morfologia suavizada.

As pequenas bacias isoladas da Vertente Atlântica têm como divisoras as cristas montanhosas litorâneas.

As chuvas em Santa Catarina são relativamente bem distribuídas ao longo do ano, diz-se que o regime dos rios é predominantemente regular. Com isto, poder-se-ia dizer que, entre o período de cheias e o período de vazantes, não há muita diferença quanto ao seu débito, mas o que varia é a fonte alimentar das chuvas – não é inteiramente regular.

Muitas populações às margens do rio Itajaí-Açu, cujas propriedades agrárias foram demarcadas com referência do prolongamento do fluxo d'água, adensaram-se. E elegeram os “terraços” (leito maior, antigo, de sedimentos aluviais) como área agrícola.

Cidades como Blumenau se alongam, acompanhando o rio. Em certos anos, o aumento do volume da descarga do rio provoca inundações que trazem graves prejuízos. As marés, muitas vezes, reforçam as dificuldades de escoamento das águas dos rios.

As obras visando regularizar a distribuição da descarga, como as barragens de contenção da descarga de rios tributários, tendem a disciplinar o regime do grande coletor (rio Itajaí-Açu);² das cinco barragens previstas, três foram construídas, a de Ituporanga/Sul, em 1973, a de Taió/Oeste, em 1975 e a de José Boiteux/Norte, em 1992 (Fraga, 1997).

A ação do homem, com a prática de queimadas nas encostas ou desenfreado desmatamento, pode acarretar profundas alterações no comportamento da descarga dos rios. O desmatamento descontrolado e a impermeabilização das áreas urbanas ativa o escoamento superficial das águas pluviais e reduz o quantitativo das de infiltração.

As espécies vegetais se caracterizam por meio do comportamento dos elementos do clima. A abundância das precipitações, combinada com a distribuição (relativamente) regular ao longo dos meses, oferece condições vantajosas para a diversificação das espécies. Além disso, a incidência de raios solares implica na grande quantidade de calor, e na existência de temperaturas muito elevadas e, se não muito elevadas, suficientemente estimulantes para a diversificação vegetal; dentre o exposto, pode-se entender uma formação vegetal altamente diversificada na área em questão (Frank; Sanguineto; Adami, 1994).

Quanto à disposição do relevo, salienta-se que o rio Itajaí-Açu, por sua erosão regressiva, alcançou os sedimentos gondwânicos, *inclinando-se* para o Atlântico, implementando suas cabeceiras na Serra Geral.

As *cuestas* aparecem na Serra Geral, tanto na área basáltica como na sedimentar, e na Serra do Mirador, esta última com frente voltada para o rio Itajaí do Norte, ou Hercílio. Ao Sul, o limite é a chapada sedimentar da Serra da Boa Vista (divisor d'águas), que atinge a altitude de 1.220 metros e separa a bacia do Itajaí do Sul da bacia do rio Tubarão.

Considerações finais: necessidades de planejamento para a gestão territorial

Como se pode constatar ao longo da contextualização das características físicas, da colonização, do processo de urbanização e infra-estrutura, da problemática das enchentes catástrofes, das obras implantadas para contenção, da relação dessas obras à formação de um ciclo vicioso envolvendo a problemática das enchentes e das inter-relações homem/meio identificadas no bojo da pesquisa, percebe-se que o padrão de interação que se estabeleceu entre o sistema natural e o sistema social resultou no agravamento do problema relacionado aos impasses e incapacidades políticas de agir eficazmente na intervenção da gestão dos recursos naturais – principalmente quando da relação do clima em face da gestão de um território complexo.

O papel da formação socioespacial da região tem favorecido, ao longo da história, a concentração dos assentamentos humanos em áreas de risco e a exploração predatória dos recursos naturais, gerando agravamentos nas enchentes, associados ao desmatamento, a erosão e ao assoreamento, comprometendo, inclusive, as possibilidades de desenvolvimento regional. O fenômeno das enchentes, por meio das combinações desses fatores, assume características de um problema socioambiental e estes pressupostos foram apontados na análise dos impactos destrutivos das inundações de 1983, 1984 e 1992.

2, "No decorrer das décadas de 70 e 80, as principais obras para contenção de cheias no Vale do Rio Itajaí foram, sem dúvida, as barragens de Taió, Ituporanga e a recém-construída barragem de Ibirama, a de maior capacidade de acumulação. O valores estimados destes investimentos em dólares, com atualização relativa a 1992, são as seguintes: Barragem de Taió, US\$ 10.000.000,00; Barragem de Ituporanga, US\$ 31.000.000,00 e a Barragem de Ibirama, US\$ 90.000.000,00". As três juntas acumulam investimentos na ordem de US\$ 131.000.000,00". DYNAMIS, 1994, p. 220.

Somente por intermédio da adoção de ações integradas na bacia hidrográfica, visto esta como unidade de planejamento, seriam capazes de mitigar os efeitos da problemática ambiental e dos impactos gerados pelas enchentes.

Ações integradas devem se diferenciar do sistema defensivo implantado pelo ex-DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento, nos anos 60, 70, 80 e 90, que, mesmo abrangendo significativa parcela da área da bacia, optou principalmente pela implementação de um sistema *estrutural* de grandes obras de engenharia, em contraposição às *obras não-estruturais*, pois a mitigação do problema só será alcançada com aplicação das duas alternativas (Tucci, 1993).

Constatou-se que o homem atuou (e vem atuando) no meio físico natural, provocando modificações, e estas produziram respostas, observadas no aumento da frequência e magnitude das enchentes. A reação do homem foi a introdução de novos elementos no espaço, objetivando a minimização ou até mesmo a contenção dos efeitos deletérios das inundações. Tais medidas foram tomadas pelo poder público, que, através do extinto DNOS, implantou as três barragens no Alto Vale, o desassoreamento do trecho do rio Itajaí-Açu, entre Blumenau e Gaspar, sem mencionar as que virão nas próximas décadas.

Medidas *não-estruturais* ficam registradas pela iniciativa do extinto Projeto Crise, hoje Instituto de Proteção Ambiental da Furb, visando à recomposição das margens erodidas, aparelhamento da Defesa Civil de Blumenau, regulamentação do uso do solo e previsão das inundações. Apenas este último logrou êxito, os demais dependem de medidas do setor público – evidentemente, mais lentas.

A pesquisa que originou este artigo buscou refutar afirmações da não existência de um ciclo vicioso envolvendo enchentes e obras, seja no Vale do Itajaí ou na abrangência Estadual, principalmente quando se lê por meio dos periódicos que *não adianta esperar por auxílio dos poderes públicos*, como se soubessem que os mesmos de antemão não viriam.

Não se discorda de que as cidades do vale, após as enchentes, procuram fazer com que as atividades rotineiras voltem ao normal, usando a capacidade da população na reconstrução e limpeza daquilo que geralmente é danificado. Em qualquer outra área do estado e do país, onde desastres acontecem, a primeira medida das populações e poderes públicos locais é garantir atitudes emergenciais para o retorno de uma *normalidade mínima*.

A questão de *que a solidariedade interna reproduz uma autonomia externa* é colocada em *cheque*, pois são veiculadas (sempre) na mídia, os desabafos da população, de empresários e principalmente, do sistema político, de que o vale não suporta mais ser esquecido no repasse de recursos por parte da União e do Estado. As análises procedidas demonstraram que as enchentes catástrofes estão contidas nos discursos de políticos (e candidatos) de toda ordem, chegando ao absurdo de promessas de conclusão de obras que dependem exclusivamente das atitudes econômico-políticas por parte do governo federal; usam de tal discurso para angariar votos, assim como empresários usam do mesmo discurso para reverter a situação de desastre em financiamentos de recursos para o (re)aparelhamento de suas fábricas, pois sem estas, o operariado regional não teria, sem emprego, como reconstruir aquilo que as águas do Itajaí-Açu destruíram – ou destruirão.

Outro exemplo encaixa-se na Oktoberfest, surgindo como proposta para a necessidade de reativar o ideal da identidade germânica e do valor do trabalho do blumenauense, teve sua primeira edição em 1984, com o objetivo de levantar os ânimos da população, que se

encontrava desolada com os efeitos de duas grandes enchentes consecutivas – assim, também levantariam dinheiro para ajudar na reconstrução da cidade, fazendo frente à inércia do auxílio externo.

Deve-se considerar que denominação do ciclo vicioso, no presente estudo (inferindo a uma indústria da enchente), difere em parte da *Indústria da Seca*, no Nordeste brasileiro. Lá, os grandes proprietários eram verdadeiros beneficiários das ações governamentais, em que o dinheiro repassado pelo governo federal para amenizar os problemas advindos dos longos períodos de estiagens era confiado a proprietários, os quais arrematavam trabalhadores para a construção de obras. Os proprietários ficavam com boa comissão dos pagamentos e o ciclo vicioso não desapareceu – fortaleceu.

No caso das obras para contenção das enchentes no Vale do Itajaí, pode-se definir que fica mais visível nos discursos dos segmentos que formam a sociedade local. Assim, não se percebeu iniciativas tais como as caracterizadas no Nordeste – mas não abre-se mão de afirmar que formou-se, no Vale do Itajaí, um ciclo vicioso envolvendo recursos para a contenção das periódicas enchentes, podendo denominá-las de *indústria da enchente*.

Bibliografia

- ANDRADE, A. R., BALDO, M. C., NERY, J. T. Variabilidade sazonal pluviométrica de Santa Catarina. *Revista Acta Scientiarum*, Maringá, v. 21, n. 4, p. 923-928, 1999.
- BRAGA, Hugo José. GHELLRE, Reginaldo. Proposta de diferenciação climática para o estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 1999.
- BUTZKE, I. C. *Ocupação de áreas inundáveis em Blumenau (SC)*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1995. (Dissertação, Mestrado em Geografia).
- DYNAMIS, REVISTA TECNO-CIENTÍFICA. Seminário sobre o PLADE - Plano Global e Integrado de Defesa Contra Enchentes. Blumenau: Ed. FURB/Ed. UFSC/Universidade Regional de Blumenau, v. 2, n. 8, jul./set. 1994.
- FATMA. *Programa de Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu*. Florianópolis: IOESC/FATMA. 1989.
- FRAGA, Nilson Cesar. GOULART, Maria do Carmo Ramos Krieger. *Vale dos Índios, Vale dos Imigrantes*. Blumenau: Cultura em Movimento/Fundação Cultural de Blumenau, 2000.
- _____. *Obras por mais de uma década – estudos do processo de construção da Barragem Norte no município de José Boiteux/SC (1974-1992)*. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Estudos Geo-Históricos, Udesc/CNPq, 1997. Relatório de Iniciação Científica.
- _____. *As enchentes no Vale do Itajaí-Açu, SC: das obras de contenção à indústria da enchente*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia/UEM/Capes, 2000. 354 p. (Dissertação, Mestrado).
- FRANK, Beate. SANGUINETO, Lúcia R. ADAMI, Rose M. Análise do programa de recuperação ambiental da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu. In: CAUBERT, Christian G. (org.). *O tribunal das águas: Casos e descasos*. Florianópolis: EDUFSC, 1994.

- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU. PROJETO CRISE. *Dados Geoeconômicos dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí* Blumenau: IPA/FURB, s/d. Relatório de Pesquisa.
- HERMANN, M. L. P.; MENDONÇA, M.; CAMPOS, N. J. São José-SC: Avaliação das enchentes e deslizamentos ocorridos em novembro de 1991 e fevereiro de 1994. *Geosul*, Florianópolis, ano 8, n. 16, p. 46-78, jul./dez. 1993.
- MATTEDI, M. A. *Enchentes em Blumenau: um estudo sobre o comportamento do sistema político no período de 1983-1994*. Florianópolis: UFSC, 1994. (Dissertação, Mestrado).
- MOLLION, Luiz C. B. ENOS e o Clima no Brasil. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 58, p. 24-29, 1989.
- _____. A Amazônia e o clima da Terra. In.: BRITO, Sérgio de S. (ed.). *Desafio amazônico: o futuro da civilização dos trópicos*. Brasília: Ed. UnB/CNPq, 1990.
- MONTEIRO, Carlos A. de F. O clima da Região Sul. In.: IBGE. *Geografia Regional do Brasil – Grande Região Sul*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1963. v. 4, n. 1, p. 117-169.
- NIMER, E. Climatologia da Região Sul. In.: IBGE. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1979. p. 195-264.
- NERY, J. T.; BALDO, M. C. MARTINS, M. L. O. F. O comportamento da precipitação na Bacia do Itajaí. *Revista Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 5, p. 1429-1435, 2000.
- SECRETARIA DE ESTADO DE COORDENAÇÃO GERAL E PLANEJAMENTO – SEPLAN. *Atlas escolar de Santa Catarina*. Florianópolis: Seplan, 1991.
- SEREBRENICK, Salomão. O clima do Vale do Itajaí. *Revista Brasileira de Geografia*, São Paulo, p. 277-293, jul./set. 1958.
- SILVA, J. F. *As enchentes no Vale do Itajaí*. Blumenau: Fundação Cultural de Blumenau, 1975. (Separata da Revista Blumenau em Cadernos).
- TUCCI, Carlos E. M. (org.). *Hidrografia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: Edusp, 1993.

RESUMEN

El presente trabajo enfoca aspectos de la problemática de las inundaciones registradas en el Valle del Itajaí (Sta.Catarina), abriendo un comentario resumido en lo que se refiere a la gestión territorial regional. La cuenca hidrográfica del río Itajaí-Açu, situada en la vertiente atlántica del nordeste catarinense, es una de las más significativas del estado, tanto en los aspectos hidrográficos como en los socioeconómicos. Desde su colonización en el Valle del Itajaí, ella viene enfrentando calamidades causadas por las inundaciones. Esos problemas se repiten, sea por falta de recursos o dificultades técnicas, sin nombrar algunos agravantes como la deforestación y la utilización de las laderas, entre otros. A medida que fueron realizados los estudios se percibió que las características físicas, los procesos de colonización y urbanización, la problemática de las catastróficas inundaciones y las obras realizadas para contenerlas constituyen una interpenetración entre los sistemas natural y social, que es ineficaz y responsable por el aumento de la frecuencia y magnitud de aquellas. La región necesita un planeamiento permanente y orientado hacia su sustentación.

PALABRAS-CLAVE

Clima – gestión – territorio – Valle del Itajaí – Santa Catarina.

ABSTRACT

The present paper focuses on issues about the problem of floods registered in the Itajaí Valley, state of Santa Catarina, Southern Brazil, with a further discussion on regional climate and land management. The water basin of the Itajaí-Açu River, located in the Atlantic side of the Northeast of the state is one of the most expressive of the state, both as to hydrographic and social-economical aspects. Since its early settlement, the Itajaí Valley has been facing calamities in result of floods; this problem has been recurrent, for lack of resources and even for technical difficulties, not to mention aggravating factors like land clearing and use of hillsides, among others. The studies concluded that the physical characteristics, the settlement and urbanization processes, the problem of catastrophic floods and the civil works implemented for containment are all an interaction between natural and social systems, unefficient and responsible for the increase in frequency and dimension of floods. Therefore, the region needs permanent planning aimed at sustainability.

KEY WORDS

Climate – management – territory – Itajaí Valley – Santa Catarina.

Recebido para publicação em 6 de dezembro 2002.

Aplicación de la predicción meteorológica para el pronóstico de la abundancia potencial del *Aedes aegypti* en Buenos Aires

R. Bejarán

Dpto. de Cs. de la Atmósfera, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Correio eletrônico: bejaran@at.fcen.uba.ar

A. de Garín

Dpto. de Cs. de la Atmósfera, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Correio eletrônico: aliciadegarín@yahoo.com.ar

N. Schweigmann

Dpto. de Cs. Biológicas, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Correio eletrônico: nicolas@bg.fcen.uba.ar

Resumo

O mosquito *Aedes aegypti* é o mesmo vetor urbano da dengue e da febre amarela. A cidade de Buenos Aires foi afetada pela epidemia de febre amarela durante a segunda metade do século XIX e começo do XX. Entre as décadas de 1920 e 1950, o monitoramento foi descontínuo, mas quando vindo de fora, a abundância desse mosquito na cidade foi muito baixa e em 1967 ele foi declarado erradicado. Em 1995, ele foi detectado na cidade e tardio monitoramento do mosquito produziu uma importante elevação de sua abundância. Por outro lado, a preferência de muitos turistas argentinos pelo Brasil, América Central e as ilhas do Caribe (em muitos casos, zonas endêmicas de dengue), tem intensificado o risco de entrada do vírus em Buenos Aires. Devido a isto, um método de detecção da abundância potencial ovos de *Ae. aegypti* foi desenvolvido. O método é baseado nas condições de atmosfera limitantes para a sobrevivência do adulto e também considera o impacto meteorológico sobre os dados de desenvolvimento do ciclo gonotrópico. Neste texto, predições climáticas e meteorológicas são usadas como *input* no desenvolvimento do método. A comparação com dados permitirá avaliar a performance do modelo. Os resultados mostram que o modelo permite detectar o início do período de atividade desta espécie e também inferir, com algumas semanas de antecipação, momentos estratégicos para a aplicação de métodos de controle.

Palavras-chave

Aedes aegypti – abundância populacional – prognóstico meteorológico – prognóstico climático.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 171-178	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Introducción

La presencia del mosquito *Aedes aegypti* representa un riesgo para la salud humana, pues es el vector de la fiebre amarilla y del dengue.

En Buenos Aires los brotes epidémicos de la fiebre amarilla que ocurrieron durante la segunda mitad del siglo XIX y los primeros años del XX confirman que el ambiente de la ciudad ha sido adecuado para el *Ae. aegypti*. En las distintas campañas realizadas en las décadas del 50 y 60, su detección fue rara y fue declarado erradicado en el continente americano en 1967. Sin embargo, en 1991 fue detectado en áreas urbanas cercanas a Buenos Aires, y en 1995 fue detectado dentro de la ciudad. El crecimiento de la población de esta especie durante los años siguientes fue explosivo.

La posible entrada del virus del dengue en la ciudad representa un serio riesgo sanitario, teniendo en cuenta el aumento en el intercambio comercial entre los países del Mercosur y a la preferencia de muchos turistas de Argentina por las playas del Brasil, de América Central y de las islas del Caribe, zonas que son consideradas epidémicas. Está clara la necesidad de diseñar estrategias preventivas haciendo campañas para persuadir a la población a que reduzcan al mínimo el número de los criaderos potenciales (recipientes del uso doméstico que pudiesen contener agua), y optimizar el uso de los métodos de control del vector. El previo conocimiento de la favorabilidad ambiental para crecimiento de la población de la especie permite intensificar, de manera oportuna, las campañas de control y toma de conciencia por parte de la población.

Bejarán et al. (2000) han desarrollado un índice biometeorológico (NOPs) que permite deducir el control potencial de la población del *Ae. aegypti* y, por otra parte, determinar el número de las oviposiciones potenciales semanales en hembras cuya esperanza de vida es de 17 días.

Los datos necesarios para el cómputo del índice son los extremos diarios de temperatura y el déficit diario de vapor de agua para la estimación de la supervivencia de hembras, y la temperatura media diaria para los índices diarios del desarrollo del ciclo gonadotróficos.

El uso de pronósticos meteorológicos para determinar este índice puede ser una herramienta eficaz para una adecuada anticipación de la abundancia potencial del mosquito (Carbajo et al., 2001), contribuyendo al proceso de toma de decisión dentro del marco de la salud pública.

Por otra parte, los pronósticos climáticos que durante la década pasada experimentaron un avance notorio permiten realizar predicciones de la favorabilidad atmosférica para el desarrollo de esta especie. Considerando la previsibilidad de los eventos EL Niño y La Niña, y teniendo en cuenta la significancia de las señales entre estos eventos y el índice biometeorológico que de Garín et al. (2002) han estudiado para diversos lugares de Argentina.

Para Buenos Aires, se encontró una señal significativa con el evento EL Niño / La Niña que favorecería el crecimiento de la población del mosquito, aunque el impacto no es tan pronunciado como para otros lugares del país.

En este trabajo, los pronósticos climatológicos y meteorológicos son aplicados para predecir la abundancia de *Ae. aegypti*, usando el índice NOPs.

Las predicciones se comparan con los valores de la abundancia de los huevos del mosquito, obtenidos en campo con las ovitrampas (Garín et al., 2002). Los resultados muestran una buena capacidad predictiva con ambos métodos de pronóstico.

Métodos

Índice biometeorológico

La estimación del índice NOPs implica la determinación de los días letales para las hembras de *Ae. aegypti*, dentro de la esperanza de vida media, de acuerdo a las siguientes situaciones (Bejarán et al., 2000):

- . temperatura máxima diaria mayor o igual a 40°C;
- . temperatura mínima diaria menor o igual a 0°C;
- . persistencia durante 10 días de un déficit de vapor de agua medio mayor a 15mb;
- . persistencia durante 5 días de un déficit de vapor de agua medio mayor a 20mb;
- . persistencia durante 3 días de un déficit de vapor de agua medio mayor a 25mb;
- . persistencia durante 2 días de un déficit de vapor de agua medio mayor a 30mb;
- . temperatura máxima diaria menor a 15°C durante más de 5 días.

Los días de posible oviposición son determinados para las hembras que emergen dentro de días no-letales mediante el cálculo de las tasas diarias de desarrollo del ciclo gonadotrófico, según el modelo de cinética enzimática (Sharpe; DeMichele, 1977), ajustado por Focks et al. (1993), usando la expresión:

$$T_g = 7.23 \times 10^4 T \exp[26.55 - (7914 / T)] / \{1 + \exp[1976.84 - (883986 / T)]\} \quad (1)$$

donde T es la temperatura media diaria.

La primera oviposición ocurrirá el día para el cual la tasa de acumulación alcanza el valor 1, y para los siguientes días cuando alcanza 0,58.

En una serie temporal, considerando una esperanza media de vida de 17 días y tomando para cada día una nueva hembra emergente, el número diario de oviposiciones potenciales (NOPd) variará entre 0 y 17. Para el período de siete días, el número de las oviposiciones potenciales para un día i se define como:

$$NOPs_i = \sum_j NOPd_j, \quad \text{con } i - 7 < j \leq i$$

Pronóstico biometeorológico

Los valores de NOPs se asocian significativamente a la detección de los huevos de *Ae. aegypti* en campo, y su relación con la abundancia de huevos se puede expresar como (Carbajo et al., 2001):

- Detección de mosquitos adultos en campo : primera semana con NOPs > 15
- Comienzo de las oviposiciones: segunda semana con NOPs > 15

- $\ln [n + 1] = 0,218 \text{ NOPs} - 0,896$, si $\text{NOPs} > 15$

donde n es el número de huevos.

Por otra parte, una significativa correlación positiva se ha observado entre NOPs y la abundancia de adultos con un lag de aproximadamente 3 semanas (Carbajo et al., 2001).

Para predecir la abundancia potencial de huevos, se generó una serie de valores climatológicos de las variables atmosféricas, incorporando los valores de los pronósticos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a 24, 48 y 72 horas, para el período que va entre septiembre de 1998 y abril de 1999. Las condiciones meteorológicas anteriores a cada predicción también fueron tomadas de la información proporcionada por el SMN.

Esta fuente fue elegida para evaluar operativamente la aplicación del método en una red de salud pública.

Pronósticos bioclimatológicos

Las series meteorológicas históricas han permitido construir los correspondientes valores de abundancia potencial de huevos de *Ae. aegypti* para Buenos Aires, estableciendo diferencias significativas entre los períodos EL Niño o La Niña con situaciones neutrales (Garín et al., 2002). Los pronósticos de ocurrencia de eventos El Niño/ La Niña son provistos por varias organizaciones meteorológicas, y estos son usados para hacer una predicción a largo plazo de la abundancia potencial de los huevos de *Ae. aegypti* para el período estudiado.

Resultados

Pronósticos biometeorológicos

Distintos ejemplos de la evolución pronosticada de la abundancia potencial de huevos de *Ae. aegypti* para Buenos Aires y de la abundancia observada con los ovitrampas para diversos días dentro del período analizado se muestran en la Figura 1.

Pronóstico bioclimatológicos

Las series pronosticadas y observadas de abundancia de los huevos de *Ae. aegypti* para el evento La Niña se muestran en la Figura 2. En ella se puede apreciar que la predicción es buena al principio de la actividad reproductiva de la especie, y que esta buena concordancia es observada hasta que se alcanza una “meseta” debido a que la población de hembras se mantiene constante de acuerdo al método utilizado.

El modelo de pronóstico propuesto explica el 56% de la variación de la abundancia observada.

Sin embargo, la alta correlación que se obtiene cuando se utiliza un lag de 3 semanas entre los NOPs y la abundancia de hembras sugiere un crecimiento de la población y en consecuencia de oviposiciones hasta 3 semanas después de alcanzar el valor de la “meseta”.

Figura 1
Evolución temporal de la abundancia potencial de huevos de *Ae. Aegypti* pronosticada y observada para Buenos Aires para diversos días dentro del período analizado

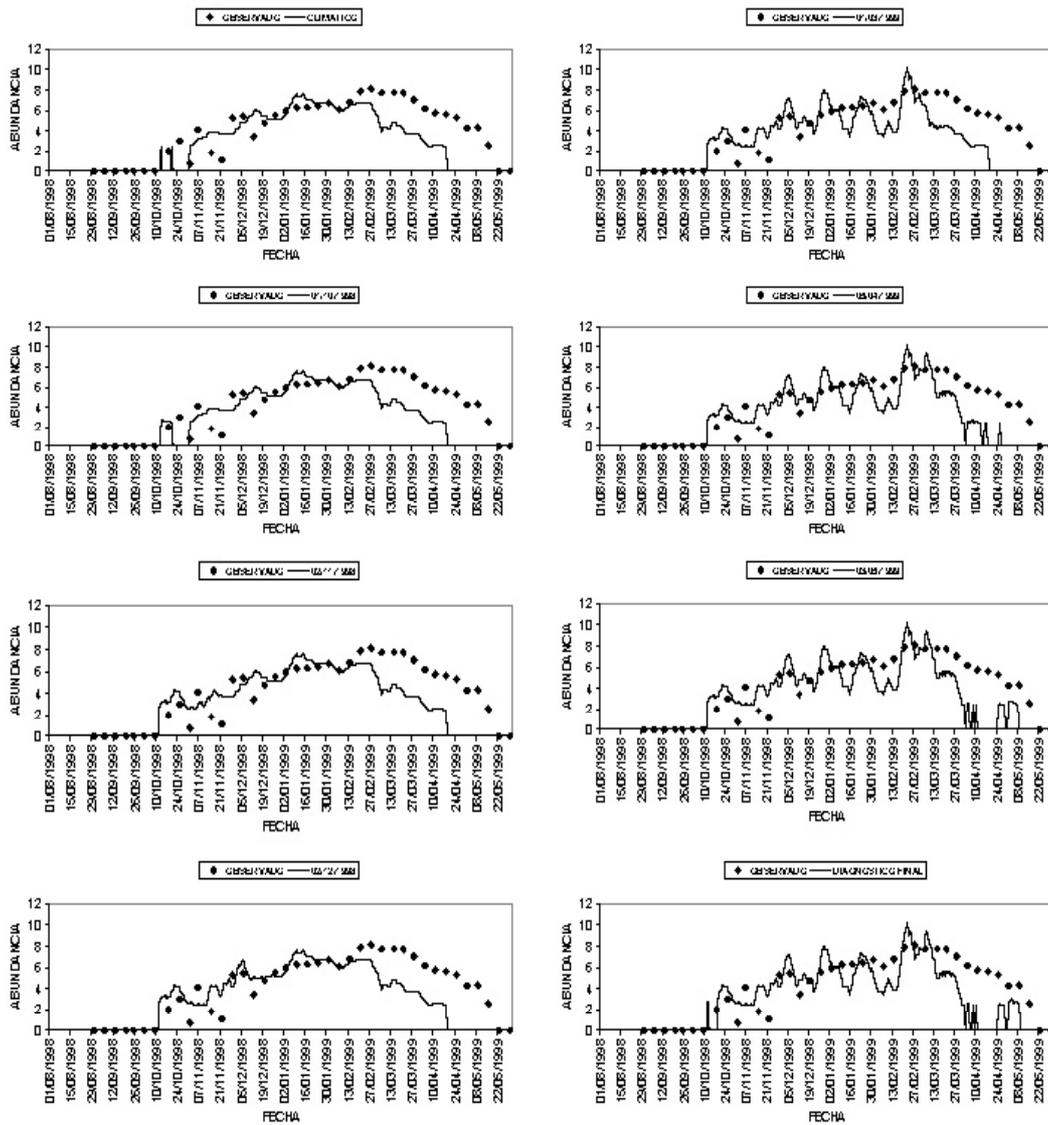
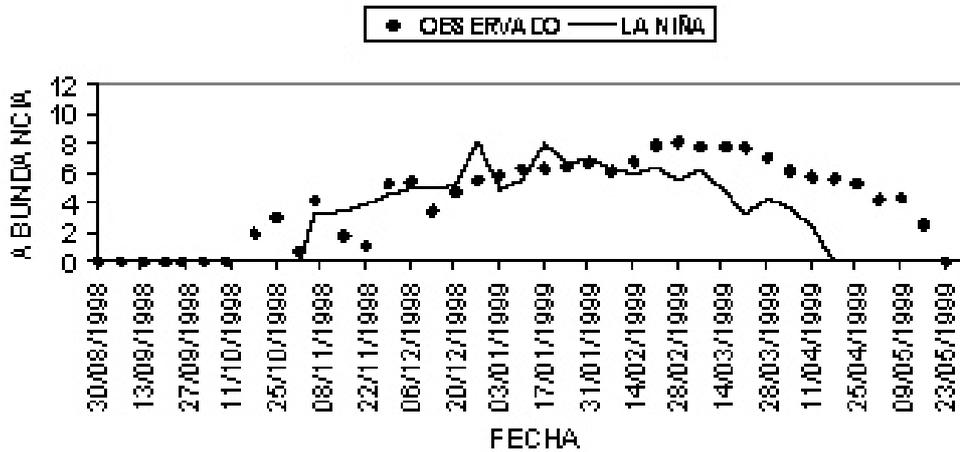


Figura 2
Evolución temporal de la abundancia de *Aedes aegypti* pronosticada y observada



Discusión

Puede ser deducido del análisis realizado que la predicción a largo plazo, usando pronósticos de eventos La Niña, permitiría hacer una valoración adecuada de los niveles de abundancia de *Ae. aegypti*, aunque no al comienzo y al final del período reproductivo del especie.

Asimismo, las diferencias entre la abundancia observada y pronosticada desde mediados de febrero podrían estar asociadas a la restricción metodológica de mantener una población de hembras constante.

Por otra parte, usando una serie de variables atmosféricas a nivel diario, la predicción a corto plazo resulta muy alentadora a partir del mes de agosto, detectando la fecha de comienzo de las oviposiciones.

Además, los niveles de abundancia predichos muestran un comportamiento similar a los observados en campo, hasta mediados de febrero. La finalización del periodo de actividad de la especie se detecta con una anticipación de dos meses.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido realizado dentro del marco del proyecto UBACYT IX 01.

Bibliografía

- BEJARÁN, R. et al. Control atmosférico del estado adulto de *Aedes aegypti* y la posibilidad de transmisión del virus del dengue en Argentina. *Meteorologica*, v. 25 , n 1-2, p. 57-66, 2000.
- CARBAJO, A. et al. Dengue transmission risk maps of Argentina. *Tropical Medicine & International Health*, v. 6, n. 3, p. 170-183, 2001.
- DE GARÍN, A. BEJARÁN, R. SCHWEIGMANN, N. Eventos El Niño y La Niña y su relación con la abundancia potencial del vector del dengue en Argentina. In: *TEMAS de Actualización en Artropodología Sanitaria Argentina*. Buenos Aires, 2002 (Serie Enfermedades Transmisibles, Publicación Monográfica 2), p 139-147.
- DE GARÍN A. et al. Atmospheric control on populations of *Aedes aegypti* in Buenos Aires (Argentina). *International Journal of Biometeorology*, v. 44, n. 3, p. 148-156, 2000.
- FOCKS, D.; HAILE, D. MOUNT, G. Dynamic life table model for *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). Analysis of the literature and model development. *J. Med. Entomol.*, n. 30, p. 1003-1017, 1993.
- SHARPE, P. DEMICHELE, D. Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor. Biol.*, n. 64, p. 649-670, 1977.

RESUMEN

El mosquito *Aedes aegypti* es el vector urbano, tanto del dengue como de la fiebre amarilla. La ciudad de Buenos Aires fue afectada por una epidemia de fiebre amarilla durante la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX. Entre las décadas de 1920 a 1950 el control fue discontinuo pero, cuando el mosquito vino de fuera, su proliferación en la ciudad fue muy baja, y en 1967 fue declarado erradicado. En 1995 fue nuevamente detectado en la ciudad y un control tardío aumentó mucho su abundancia. Por otra parte, la preferencia de muchos turistas argentinos por Brasil, América Central y las islas del Caribe (en muchos casos zonas endémicas del dengue) intensificó el riesgo de la entrada del virus a Buenos Aires y, debido a eso, se desarrolló un método de determinación de la abundancia potencial de huevos de *Ae. Aegypti*. El mismo se basa en las condiciones atmosféricas que limitan la supervivencia del adulto y también considera el impacto meteorológico sobre los datos del desarrollo del ciclo gonotrópico. En ese texto, los pronósticos climáticos y meteorológicos se usan como aporte para desarrollar el método, mientras que la comparación con los datos permite evaluar el

ABSTRACT

The mosquito *Aedes aegypti* is the same urban vector for the dengue and the yellow fever. The city of Buenos Aires was affected by epidemic outbreaks of yellow fever during the second half of the 19th century and beginning of the 20th. Between the decades of 1920 and 1950, the monitoring had been discontinuous but, when properly carried out, the abundance of this mosquito in the city was very low, and in 1967 it was declared eradicated. In 1995, it came to be detected in the city; later a mosquito surveillance showed an important growth in its abundance. Besides, the preference of many Argentine tourists for Brazil, Central America and the Caribbean islands (in many cases endemic zones of dengue), has increased the risk of this virus' entrance in Buenos Aires. Due to this, a forecast method of potential abundance of *Ae. aegypti* eggs has been developed. Method is based on the limiting atmospheric conditions for the survival of adults, also considering the meteorological impact on development rates of the gonotrophic cycle. In this paper, climatic and meteorological predictions are used as input of the developed method. Comparison with ovitraps field data allows to evaluate the performance of the model.

desempeño del modelo. Los resultados muestran que el modelo permite detectar el comienzo del período de actividad de la especie y también determinar, con algunas semanas de anticipación, los momentos estratégicos para la aplicación de los métodos de control.

PALABRAS-CLAVE

Aedes aegypti – proliferación de la población – pronóstico meteorológico – pronóstico climático.

Results show that the model suitably detects the beginning of the species' period of activity, and allows to infer strategic moments for the application of control methods several weeks in advance.

KEY WORDS

Aedes aegypti – Buenos Aires – metological predictions – climatic predictions.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

“Doenças tropicais”: o clima e a saúde coletiva. Alterações climáticas e a ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu, PR

Maria Eugenia M. Costa Ferreira

Professora Associada do Departamento de Geografia da
Universidade Estadual de Maringá - Paraná
Correio eletrônico: eugeniaguart@hotmail.com

Resumo

As “doenças tropicais” estão relacionadas a condições de temperatura e umidade, responsáveis pela proliferação de insetos vetores. O conceito inclui, também, aspectos socioeconômicos decorrentes das condições de subdesenvolvimento. Algumas doenças transmitidas por insetos vetores, entre elas a malária, estão aumentando em frequência no continente americano desde 1980. O surto de malária de 1989, no oeste do Paraná, ocorreu cinco anos depois do preenchimento do reservatório de Itaipu. Antes disso, a área não apresentava casos autóctones de malária e o *Anopheles darlingi* ocorria de modo discreto. O lago favoreceu o desenvolvimento de criadouros, aumentando a proliferação do inseto. Alterações climáticas locais como o aumento das taxas de umidade e das temperaturas médias, com redução nos extremos de temperatura e intensificação de ventos do quadrante Norte, ampliam a área de risco de ocorrência de malária na direção das latitudes mais altas do Brasil meridional e do norte da Argentina.

Palavras-chave

Geografia da saúde – doenças tropicais – malária – alterações climáticas – clima e saúde.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 179-191	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Sobre a conceituação de “doença tropical”

São muitas as relações entre o clima e a saúde. Uma das formas mais tradicionais de abordar a questão é quanto às denominadas “doenças tropicais”. Este termo é controverso, pois diferentes critérios vêm sendo utilizados para definir o que são as doenças tropicais. Levanta-se a questão climática, valorizando os aspectos do ambiente como temperatura e umidade, e a questão socioeconômica, como sendo o que decorre das condições de subdesenvolvimento. Uma terceira posição procura reunir os dois critérios, valorizando os aspectos geográficos regionais, como sendo o que ocorre em países que ocupam a faixa intertropical da Terra, abrangendo tanto as doenças cuja ocorrência depende de certas condições climáticas como aquelas ligadas à pobreza e à deficiência da infra-estrutura de saneamento e de atendimento à saúde.

Originalmente, o termo “doenças tropicais” foi utilizado para se referir a doenças dos trópicos úmidos, valorizando os aspectos climáticos mas também criando muitos preconceitos contra a zona tropical. Colonizadores europeus procuravam passar o verão nas “serras” da América tropical, nas montanhas do norte da Índia ou nas terras mais elevadas dos planaltos da África tropical, para fugir do calor e das doenças. No Brasil, o imperador instalava-se em Petrópolis durante o verão.

Quando o Brasil incentivou a vinda de imigrantes europeus, no final do século XIX e início do século XX, Godinho (1910) elaborou um estudo no qual negava a relação entre o clima e a prevalência de doenças endêmicas e epidêmicas, com a finalidade de atender a interesses político-econômicos: o autor pretendia, na verdade, provar aos imigrantes estrangeiros que chegavam a São Paulo que não havia correlação entre o clima tropical e uma suposta insalubridade causadora de doenças ditas “tropicais”. Em muitos outros trabalhos, a atenção voltou-se para as chamadas “doenças tropicais”, de que se ocuparam desde naturalistas do século XIX até pesquisadores da primeira metade do século XX – entre eles Carlos Chagas –, ressaltando a influência do clima na ocorrência das enfermidades.

Na década de 50, o interesse geopolítico na interiorização e na integração do território brasileiro reativou os estudos de geografia médica: desenvolveram-se pesquisas sobre as doenças tropicais endêmicas presentes nas áreas em vias de ocupação da Amazônia e do Centro-Oeste; os estudos atendiam aos interesses do governo que implantava projetos de produção de energia, agropecuários e de mineração no interior do país. É com este objetivo que, em 1959, criou-se o Instituto de Medicina Tropical de São Paulo. As pesquisas elaboradas nessa fase e nas décadas seguintes eram essencialmente de medicina ambiental e não de geografia médica, uma vez que os trabalhos foram produzidos por médicos sanitaristas e não por geógrafos. A medicina ambiental trata da relação entre a ocorrência de doenças e as características do ambiente, mas não faz uma análise propriamente espacial, conforme a metodologia geográfica.

É, ainda, dentro desse contexto geopolítico e atendendo às necessidades da expansão capitalista nas regiões Norte e Centro-Oeste, empreendida pelos governos militares, que, em 1972, Lacaz et al. publicam a obra *Introdução à geografia médica do Brasil*, que pretendia constituir um trabalho de interligação entre a Medicina e a Geografia. A obra não chegou, efetivamente, a integrar os conhecimentos médicos e os geográficos: abordava as relações entre doença e ambiente de modo separatista, analisando individualmente fatores geográficos

físicos e humanos, tais como relevo, clima, vegetação, fauna, população, habitação rural e urbana, migração e outros. De qualquer forma, estabeleceu uma ponte entre a epidemiologia e a geografia e enfatizou a importância dos estudos geográficos para a compreensão das patologias infecciosas em geral e particularmente as parasitárias, com destaque para as doenças que possuem um reservatório na natureza e um vetor biológico que hospeda temporariamente o agente infectante.

Depreende-se que, no Brasil, a geografia médica esteve quase sempre a serviço de interesses colonialistas ou desenvolvimentistas de base capitalista. A maior parte dos trabalhos atendia diretamente ao capitalismo estatal ou aos interesses imediatos de uma classe dominante. Sobral (1988) comenta que não havia uma abordagem mais crítica, voltada para a compreensão dos fatores culturais e socioeconômicos, e uma produção científica que pudesse realmente atender às necessidades práticas da sociedade como um todo e não apenas de grupos. Segundo a autora, essa visão mais democrática e desvinculada dos interesses diretos da classe dominante só se evidenciou, no Brasil, a partir do “Encontro de Trabalho sobre Geografia da Saúde”, da UGI, em 1982.

No estudo das relações entre o clima e a saúde, a corrente ambientalista natural arrola como associadas à tropicalidade climática as doenças parasitárias transmitidas por vetores como a malária, a febre amarela, a leishmaniose tegumentar americana, a esquistossomose, a filariose, as arboviroses e as febres hemorrágicas, incluindo, mais recentemente, a dengue. Também algumas doenças bacterianas, como as salmoneloses e a shigelose, aparecem associadas à deterioração de alimentos devida ao calor, embora envolvam aspectos sanitários.

Já o critério que associa as “doenças tropicais” a problemas decorrentes da pobreza, do atraso social, das deficiências no atendimento à saúde e de outras condições ambientais que não o clima, isto é, enfatizando principalmente os aspectos do saneamento ambiental e de assistência social, amplia o escopo das doenças ditas “tropicais”. É assim que passaram a ser associadas aos trópicos doenças parasitárias como a amebíase, as helmintíases, as protozooses intestinais e a cólera, todas elas decorrentes da falta de saneamento básico, além de outras relacionadas à precariedade das habitações e à rusticidade do modo de vida, envolvendo as más condições do espaço habitado e a exposição aos agentes etiológicos devido à pobreza. Assim, somam-se às doenças acima, que, diga-se de passagem, não são exclusivas dos trópicos, a tripanossomíase, a toxoplasmose, a hanseníase, a tuberculose, a peste, as rickettsioses, a leptospirose, as anemias nutricionais e as micoses, dentre outros males associados às más condições de vida e às situações de risco ambiental e social. Até a Aids, na sua origem, foi atribuída ao ambiente intertropical-oriental africano. Nem é preciso dizer que a maior parte dessas doenças não está associada exclusivamente às qualidades dos meios climáticos tropicais, apenas grassando nos países tropicais devido às condições de subdesenvolvimento. Este é o caso da tuberculose, da Aids, das infecções intestinais e da desnutrição infantil, dentre outras.

A geografia médica latino-americana de base “terceiro-mundista”, que explora os fatores de risco, de Briceño-León (1993), Vera-Vassallo (1985), López-Antuña (1992) e Castillo-Salgado (1992), só para citar alguns trabalhos clássicos, procura associar os fatores ambientais naturais e criados pelo homem aos fatores culturais, sociais e econômicos. Assim, a questão das “doenças tropicais” aparece como um conjunto de condições climáticas e biogeográficas que, associadas aos fatores culturais, sociais e econômicos, são responsáveis pela permanência e pelo agravamento de enfermidades que já foram há muitas décadas controladas nos países

desenvolvidos de clima temperado ou frio. Iñiguez Rojas (1998) questiona a análise dos fatores de risco, enfatizando as ações sobre o meio natural e social e o gerenciamento adequado dos problemas de saúde. A Organização Panamericana de Saúde – Opas – valoriza os aspectos sociais e econômicos responsáveis pelo quadro de saúde da população na América tropical.

Na Europa, o Centro Aventis de Doenças Tropicais, ligado a laboratórios farmacêuticos dedicados ao controle da malária e da leishmaniose reúne, em um curso sobre Medicina Tropical, um quadro muito amplo de enfermidades endêmicas ou não, parasitárias, bacterianas, virais, do sangue, provocadas por fungos, dermatoses e até aquelas provocadas por animais peçonhentos e neoplasias malignas de ocorrência nas regiões tropicais. O objetivo parece ser o de qualificar pessoas na área médica para atuarem junto às populações africanas e outras do mundo tropical, munindo-se de conhecimentos sobre as doenças realmente tropicais, associadas ao ambiente dos trópicos, e sobre aquelas que são produtos da pobreza e das más condições de vida.

O controle da malária e de outras “doenças tropicais” transmitidas por vetores

Um fato relevante é que algumas doenças transmitidas por insetos vetores, dentre elas a malária, têm apresentado um recrudescimento no continente americano a partir da década de 80. A dengue vem se tornando uma ameaça às populações urbanas, principalmente pela gravidade do quadro na sua forma hemorrágica. Mello Jorge et al. (2001) mostram que a dengue apresentou, em 1990, 40.642 casos notificados no Brasil, com taxa de incidência de 28,2 por 100 mil habitantes; em 1998, foram 570.148 casos notificados, com taxa de incidência de 352,4 por 100 mil habitantes; a febre amarela apresentou, em 1980, 25 casos notificados; em 1990 foram apenas 2 casos e em 1998, 34 notificações.

A distribuição pretérita e atual da malária no mundo demonstra que a enfermidade, embora predominantemente tropical, grassou em muitas áreas da zona temperada. No presente, ocorre em proporção muito maior nos países chamados “tropicais”, mas que, coincidentemente, correspondem àqueles de economia dependente ou classificados como subdesenvolvidos ou “em desenvolvimento”, o que às vezes pode ser um eufemismo. A malária é, hoje, no Brasil, uma doença associada à ocupação de zonas pioneiras tropicais, onde o atendimento à saúde é deficiente. No entanto, a enfermidade também vem ocorrendo em alguns países europeus, sobretudo naqueles que recebem grandes levas de migrantes africanos ou asiáticos.

A Organização Mundial da Saúde – OMS – indica que a malária permanece como uma doença essencialmente tropical e subtropical, com prevalência nas regiões e países inseridos dentro dos trópicos úmidos. No passado, a doença teve caráter endêmico no sul da Europa, em Roma e na Grécia, no período histórico, e também na Sardenha, no século XIX (Berlinguer, 1993); nos Estados Unidos, a malária grassou nas terras do sul (Agudo, 1985) e no vale do rio Tennessee (Najera, 1989). É fato que o *optimum* ecológico para o vetor da enfermidade corresponde aos ambientes quentes e úmidos da zona intertropical; contudo, não se pode explicar a atual distribuição da doença e principalmente o seu ressurgimento apenas como um problema de ordem natural ou física.

A influência do clima na ecologia de vetores em geral e dos anofelinos

Estudando-se a ecologia de vetores de muitas das doenças ditas “tropicais”, percebe-se que, de fato, as altas temperaturas, a umidade relativa do ar elevada, o tempo de duração da estação de verão ou das condições de calor e umidade, dentre outros fatores, favorecem a proliferação dos mosquitos.

Consoli e Oliveira (1994), tratando das condições que influem na oviposição de mosquitos, citam fatores físicos, químicos e biológicos, tais como: intensidade luminosa ou ausência de luz, o comprimento de onda da luz refletida, influenciando na coloração do criadouro em potencial, temperatura ótima (entre 24°C e 28°C, para a maioria dos mosquitos tropicais), grau de salinidade da água e presença de vegetais. Para os autores, a longevidade depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Dentre estes últimos, os mais determinantes são a temperatura, a umidade e a disponibilidade de vegetais ricos em carboidratos (muitos vegetais tropicais são ricos em carboidratos) e a fotoperiodicidade. O desenvolvimento embrionário após a oviposição é influenciado principalmente pela temperatura e pela umidade. Na ausência de ambiente úmido, pode ocorrer a diapausa, que é a sobrevivência do ovo em ambiente seco por algum tempo, chegando a mais de um ano para o *Aedes aegypti*, mas a apenas alguns dias para outras espécies de mosquitos.

Assim, precipitações podem desencadear a eclosão de ovos de mosquitos em diapausa. Como as larvas vivem em ambiente líquido, embora respirando oxigênio do ar, a manutenção de coleções hídricas de pequena dimensão, como poças ou água acumulada em recipientes naturais ou não, depende da intensidade e regularidade das precipitações. Para algumas espécies, o sombreamento é favorável e para outras a insolação é necessária.

Considerando-se os mosquitos anofelinos, transmissores da malária, os que pertencem ao subgênero *Kerteszia* são de ocorrência mais comum na zona litorânea, associando-se ao ambiente costeiro da Mata Atlântica. Utilizam-se, para a reprodução, de criadouros do tipo “recipiente natural”, constituídos por pequenas acumulações de água existentes entre as folhas de bromélias e nos internódios de bambus (*Anopheles bambusicolus*) ou, então, de recipientes artificiais como vasos, conforme descrito por Luz et al. (1987), em Paranaguá. São responsáveis pela transmissão da “bromélio-malária”, presente em algumas localidades do litoral do Paraná e principalmente no litoral do estado de Santa Catarina, no sul do Brasil (Silva, 1987).

No interior do Brasil e particularmente nas áreas de alta endemicidade da Amazônia, a transmissão da malária associa-se principalmente aos anofelinos do subgênero *Nyssorhynchus*. Suas larvas e pupas desenvolvem-se preferencialmente em coleções hídricas de grande porte, como rios, lagos e represas, e eventualmente em pequenas acumulações de água, representadas por poças ou depressões no solo. As espécies que ocorrem no Brasil são eurigâmicas, isto é, o acasalamento se dá mediante a formação de enxames, que se criam em função de um conjunto de condições físicas e biológicas adequadas, tais como: o estado fisiológico do mosquito, a intensidade luminosa, a presença de pontos de referência como postes ou arbustos, a presença de correntes de ar, dentre outras (Consoli e Oliveira, 1994). Porém, esses autores destacam que os ventos muito intensos aumentam os movimentos das águas, impedindo a procriação dos mosquitos.

O *Anopheles darlingi*, o vetor da malária mais comum no Brasil é geralmente encontrado em áreas de baixa altitude, com temperaturas entre 24°C e 28°C; Freire e Faria, 1942 (apud Rachou, 1958), afirmam que o exemplar adulto não suporta temperatura inferior a 25°C; prolifera em grandes coleções hídricas, tais como rios (bolsões formados nas curvas, de pouca correnteza), lagos e lagoas naturais, açudes e reservatórios de água, próximas a formações rochosas. Prefere águas de caráter permanente e relativamente profundas, sendo pouco afeito à procriação em poças d'água temporárias, valas e depressões do terreno, exceto no período de chuvas mais intensas, quando estes locais podem acumular maior quantidade de líquido e por tempo mais prolongado.

Tadei et al. (1988) constataram, em Ariquemes, que formações vegetais contínuas – matas e alamedas de árvores –, que se estendem desde os criadouros naturais, nos igarapés da periferia da cidade, até as zonas urbanizadas, funcionam como abrigo e “ponte” natural para a migração de fêmeas de anofelinos até os bairros mais centrais. Outras condições que favorecem a migração do inseto alado até a zona urbana são: ventos de intensidade moderada, soprando em direção ao aglomerado antrópico, temperatura do ar e umidade relativa elevadas e estáveis. O autor citado observa que o raio de vôo do *An. darlingi* é de aproximadamente 2.000 metros, chegando a 5.000 metros a favor do vento.

Em todos os exemplos acima, as condições de temperatura, umidade, precipitação, evaporação e de intensidade do vento influenciam na reprodução e na sobrevivência dos insetos.

Quanto ao ciclo hematofágico nictemeral – que regula a frequência diária e o horário dos repastos sanguíneos das fêmeas em fase de oviposição –, Consoli e Oliveira (1994) e Forattini (1987) observam que o *An. darlingi* apresenta uma grande variação de hábitos, conforme a estação climática e a região em que vive, sendo mais ativos na estação quente.

A longevidade do inseto adulto depende de condições climáticas ideais, principalmente quanto à temperatura e à umidade. O *optimum* de temperatura atmosférica está entre 25°C e 27°C; a umidade deve ser, em condições naturais, de 70 a 80%; Buralli e Bergo (1988) estabeleceram como valor mínimo necessário de umidade relativa do ar, para a manutenção de *An. darlingi* em criadouros artificiais, a taxa de 70%; abaixo disso, a mortalidade é muito grande. Os autores comentam, ainda, que temperaturas superiores a 30°C costumam ser acompanhadas de uma redução da umidade relativa do ar, que desce a valores inferiores a 70%, comprometendo a sobrevivência da espécie.

Forattini (1987) observa que a população de *An. darlingi* atinge a maior densidade nos meses quentes e úmidos de dezembro a abril, com pico em março (no estado de São Paulo), com sensível diminuição nos meses frios e secos de julho e agosto. O período de transição correspondente ao final da estação úmida parece ser aquele mais favorável à proliferação da espécie, isso porque as grandes inundações e enxurradas deixam de atingir os criadouros, que permanecem com águas mais calmas e sem possibilidade de haver arraste das formas imaturas do mosquito. Consolim e Galvão (1973) observaram que, nas noites frias e nos períodos de influência da massa polar, os anofelinos alados tornam-se escassos, além de apresentarem um período de atividade quase limitado ao crepúsculo vespertino.

Impactos ambientais regionais e globais e a ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu

O surto de malária iniciado em 1987/88, cerca de cinco anos após o preenchimento do reservatório de Itaipu, em uma área que, até então, nunca havia apresentado casos autóctones da doença e onde o *Anopheles darlingi* ocorria de forma muito discreta, confirma a hipótese de que a formação do lago favoreceu o desenvolvimento de criadouros, aumentando significativamente a população de anofelinos na região (Ferreira, 1995). Portanto, a formação do reservatório é a causa *imediata* (Forattini, 1992) do surto de malária, isto é, aquela que cria o meio adequado para que a causa *imediata* possa atuar; a causa *imediata* é a presença do *Anopheles darlingi* que, embora já ocorresse de forma muito discreta na área antes da formação do lago, proliferou nos remansos criados ao longo do reservatório, possivelmente beneficiando-se, também, de alterações nas correntes de vento e quanto à umidade relativa do ar, decorrentes da formação do espelho d' água (Ferreira, 1995; Ferreira; Lombardo, 2000). Um outro fator importante para a ocorrência desse surto foi o intercâmbio migratório com as regiões Norte e Centro-Oeste, uma vez que muitos moradores do Paraná foram para essas regiões nas décadas de 70 e 80, para explorar garimpos.

A barragem da usina hidrelétrica de Itaipu represou todo o curso do médio rio Paraná, desde o desaparecido salto de Sete Quedas em Guaíra, ao norte, até Foz do Iguaçu, ao sul. Com o preenchimento do reservatório de Itaipu, os baixos cursos dos rios locais foram afogados, desapareceram as corredeiras e cachoeiras, e as águas mansas que cobriram essas áreas – hoje reentrâncias e braços secundários do corpo principal do reservatório – passaram a apresentar condições adequadas à sobrevivência das larvas de anofelinos. A densidade desses insetos era muito maior no alto curso do rio Paraná, região de águas mansas, rios com características anastomosadas, várzeas de inundação e lagoas marginais.

Além das modificações no quadro hídrico e, mesmo como decorrentes dessas alterações, ocorreram sutis alterações em alguns aspectos do clima local. Grimm (1988) e Ferreira (1995) apontaram para uma redução das amplitudes térmicas anuais, sobretudo quanto às mínimas absolutas, que passaram a apresentar valores mais altos, favorecendo a sobrevivência do mosquito no período hibernal. Ressalte-se, porém, que as mudanças climáticas acima enumeradas vêm sendo observadas por um período ainda muito curto para que se conclua que sejam permanentes e não apenas circunstanciais; neste sentido, observa-se que o inverno de 1989 – ano em que o surto de malária atingiu o seu pico – apresentou temperaturas relativamente elevadas para o período em quase todo o Sul do Brasil. Também é preciso considerar a ação do El Niño no decorrer da década de 90, responsável pela persistência de invernos quentes.

Após a formação do espelho d' água, passou a ocorrer a formação de neblinas sobre o reservatório e nas suas imediações, tornando o ambiente mais propício à sobrevivência do *Anopheles darlingi*, através da manutenção de taxas de umidade relativa do ar mais elevadas, sobretudo no período seco de inverno. As correntes locais de vento, geradas pelas diferenças de temperatura e pressão entre a massa líquida e o solo, não favorecem a dispersão do inseto alado, pois, no horário em que o mesmo está ativo – crepuscular e noturno –, sopram brisas no sentido terra-água, reduzindo a capacidade de vôo do vetor em direção às zonas habitadas;

mas a intensificação dos ventos do quadrante norte sobre a superfície do lago e a redução das calmarias direciona o vôo dos mosquitos preferencialmente na direção das zonas habitadas dos municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha do Itaipu, situados ao sul e sudeste do reservatório e a sotavento do mesmo.

Também se observa o possível efeito da atenuação dos valores extremos de temperatura mínima após a formação do lago e do aumento da umidade relativa do ar junto ao reservatório, à noite, permitindo a sobrevivência do anofelino na estação mais fria e prolongando o seu período de reprodução.

Quanto à variação sazonal, Consolim (1974a, 1974b) e Consolim e Galvão (1973), afirmam que havia um aumento no número de exemplares de *An. Darlingi* na região do alto rio Paraná por ocasião das grandes cheias do rio e pelo conseqüente transbordamento das águas e inundação das várzeas, multiplicando o número de criadouros possíveis. Os autores demonstram a relação entre as cheias do rio Paraná, nos meses de janeiro a março, e uma nítida proliferação dos anofelinos, por volta dos meses de março e abril, quando começavam a baixar as águas do rio principal e as lagoas de várzea isolavam-se da corrente uviaal, criando as condições mais favoráveis para os criadouros de larvas de mosquitos do gênero *Anopheles*.

Considerando-se a situação pretérita, com relação à frequência mensal de anofelinos, Consolim e Galvão (1973) apresentam os seguintes dados, expressando a situação anterior à formação do reservatório (1966-1969): o *An. darlingi* apresentou presença muito discreta, nos meses de março e abril, correspondendo ao final do período chuvoso de verão, quando a umidade relativa costuma ser bastante elevada (superior a 80%) e de pouca oscilação, pois a entrada da estação de outono implica em máximas de temperatura menos elevadas, impedindo a queda da umidade relativa do ar a valores inferiores à taxa de 70%, crítica para a espécie. Esse mosquito também mostrava uma ocorrência discreta, maior entre os meses de fevereiro e abril. A espécie apresentava, porém, altas densidades no alto rio Paraná, com picos registrados nos meses de março e maio.

Embora o *An. darlingi* continue tendo ocorrência relativa pequena, considerando-se o conjunto dos anofelinos presentes na área, a proliferação do vetor da malária após a formação do reservatório de Itaipu fica evidente através de capturas sistemáticas de insetos alados efetuadas pela Fundação Nacional de Saúde – FNS – após o fechamento das comportas da usina hidrelétrica, em 1982. Os mosquitos dessa espécie tiveram um aumento populacional discreto a partir de 1985, acentuando-se em 1986 e crescendo ainda mais em 1987 e 1988; no mês de fevereiro de 1989 a espécie atingiu frequência bastante elevada, correspondendo, também, ao período de maior intensidade do surto de malária na região. As medidas de controle desenvolvidas no segundo semestre de 1989 (Consolim et al., 1991), a par da chegada da estação fria, em junho, foram responsáveis pelo arrefecimento do processo até o final do ano.

Ainda de importância epidemiológica na região é a presença do *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762, transmissor da febre amarela e da dengue, encontrado na cidade de Foz do Iguaçu desde 1981 e objeto de campanha de controle pela FNS.

Depreende-se do exposto, que os insetos vetores da malária e da dengue, apenas para exemplificar, beneficiam-se com a elevação das temperaturas, cujo *optimum* situa-se entre 25°C e 27°C; outros fatores favoráveis à proliferação desses vetores são as precipitações, responsáveis pela criação ou manutenção das coleções hídricas utilizadas como criadouros, a permanência de altos índices de umidade relativa do ar (superior a 70%), que pode ser por si

só um fator limitante à sobrevivência dos mosquitos e a intensidade e direção dos ventos, que auxiliam na mobilidade do insetos adultos. A sazonalidade também é importante, observando-se que, na região, a permanência da temperatura em valores acima de 25°C são típicas da estação quente de verão, o que faz com que os vetores atuem exclusivamente ou com maior intensidade nessa época do ano.

Se for considerada a possibilidade de que o efeito estufa esteja elevando globalmente as temperaturas, pode-se esperar que os vetores da malária, da dengue e de outras “doenças tropicais” ampliem sua área de atuação no Brasil e na América do Sul, tanto no sentido de atingir latitudes mais meridionais como de galgar os planaltos, alcançando áreas de maior altitude, principalmente no oeste do estado do Paraná, Brasil meridional, onde está restrito às altitudes inferiores a 300 metros (Ferreira, 1995). A ação do El Niño também deve ser considerada. Porém, a aridização climática in uiria no sentido oposto, pelo menos quanto ao vetor da malária, que exige a manutenção da umidade relativa do ar em valores acima de 70%.

A malária apresenta, na área de in uência de Itaipu, um caráter endêmico instável de baixa transmissividade, mas com pressão de população constante. A classificação como área endêmica instável deve-se à ocorrência muito discreta ou inexistente, em alguns anos, de casos de origem autóctone. Consideraram-se como autóctones, no âmbito deste estudo, os casos assim classificados pela FNS, que envolveram indivíduos residentes e sediados no Paraná o tempo suficiente para que se pudesse concluir sobre a impossibilidade de haverem contraído a enfermidade fora da região em que habitavam. O caráter instável se deve à ocorrência de surtos esporádicos de malária no estado do Paraná, nos períodos de 1976/1978 e 1988/1990. A transmissividade é baixa desde que, a par de um contingente populacional potencialmente transmissor pequeno, também a população do vetor – o *Anopheles darlingi* – seja pouco expressiva, além de apresentar um período de reprodução ativa curto, basicamente restrito à estação estival.

As localidades atingidas pelo surto de malária acima citado situavam-se, na sua maior parte, a distâncias em torno de 10.000 metros do reservatório de Itaipu. A despeito do surto de malária ter-se iniciado junto ao reservatório de Itaipu, no qual se formaram os primeiros criadouros, a disseminação do vetor na área de in uência do lago, a montante da con uência da hidrografia local com a represa, é patente, ocupando o inseto nichos ecológicos favoráveis ao longo dos rios tributários do reservatório. Um outro fator físico do ambiente de relevância, quanto à ocorrência do vetor, é aquele representado pelos níveis locais de altitude. Há referências, na região, à presença do vetor da malária restrita às altitudes inferiores à cota de 300 metros. A limitação é sobretudo de ordem climática, devida à presença de temperaturas mínimas mais baixas nas zonas de maior altitude. Dos 93 locais que apresentaram casos de malária, no surto estudado, três deles situavam-se acima dessa cota: Missal, Linha Caçador e Serrinha. Houve predominância de localidades situadas nos níveis altimétricos mais baixos, como é o caso dos intervalos entre as cotas 220-260 metros, na porção sul da área de in uência, e entre 220-280, na porção central e norte da área de estudo.

A par desses dois aspectos físicos do ambiente – distância dos corpos d’água e altitude – consideram-se, entre os fatores de risco, as condições climáticas sazonais responsáveis pelo recrudescimento dos casos de malária, na região. O período quente e úmido que se estende de novembro a março favorece a proliferação e a sobrevivência do *Anopheles darlingi* na área de in uência do reservatório de Itaipu. No entanto, a possível alteração nos valores extremos

de temperatura mínima, que parece ter sofrido uma elevação geral, após a formação do lago também pode favorecer a sobrevivência do anofelino na estação fria, prolongando o seu período de procriação.

Esses dados permitem que se estabeleça uma correlação entre o clima e a saúde coletiva. As alterações climáticas locais, regionais e globais podem influir decisivamente na proliferação de vetores, ampliando a área de risco de ocorrência de enfermidades de baixa endemicidade na direção das altas latitudes e também de altitudes maiores, no Brasil meridional e na América do Sul, afetando, por exemplo, a região de Misiones, na Argentina, vulnerável à ocorrência da malária. A questão, porém, é complexa, pois uma possível aridização climática reduziria o risco da ação de vetores próprios dos trópicos úmidos.

Outros campos de estudo na relação entre o clima e a saúde

Até agora, levantou-se a importância dos fatores climáticos na ocorrência de doenças transmitidas por vetores referindo-se às altas temperaturas e à umidade elevada. Porém, o clima influencia sobre a saúde humana de forma muito mais ampla. Citar-se-á, aqui, apenas alguns exemplos:

- a) bem-estar humano, que depende do conforto térmico através da relação temperatura/umidade relativa, incluindo aspectos de ventilação, de pressão atmosférica e de período diário de insolação. As baixas pressões de estados pré-frontais relacionados a massas polares de alta pressão podem causar desconforto, cansaço ou irritabilidade. A depressão e o suicídio pode estar relacionado, nos países de altas latitudes, como a Suécia, ao curto período de insolação na estação de inverno. Em contrapartida, a chegada da primavera nos países de clima temperado costuma ser motivo de alegria. O mal das alturas, devido à diminuição do teor de oxigênio do ar, bem como às alterações na pressão do ar, causam desequilíbrios orgânicos. A bioclimatologia é um campo muito rico para pesquisas;
- b) agravamento sazonal de quadros de morbidade ou de mortalidade, sendo exemplos o aumento de ocorrências de infecções respiratórias agudas e da pneumonia, sobretudo entre crianças e idosos, no inverno; Mello Jorge et al. (2001), embora não correlacionem com as causas climáticas, indicam que 34,3% das internações de menores de um ano, no Brasil, em 1999, deveram-se a problemas do aparelho respiratório; entre crianças na faixa de um a quatro anos, as doenças respiratórias ocuparam o primeiro posto em mortalidade, somando 22,8% dos casos. Outras doenças de ocorrência sazonal são alguns tipos de meningite, mais comuns no inverno, e viroses, que ocorrem freqüentemente nas mudanças de estação (entrada de primavera ou de outono), associadas à instabilidade climática gerada pela passagem dos sistemas frontais na linha do Trópico de Capricórnio, afetando localidades do Sul e do Sudeste do Brasil;
- c) agravamento de doenças relacionadas a atmosferas poluídas e ambientes insalubres, sendo exemplos as afeções do aparelho respiratório de origem alérgica, estudadas por Sobral (1988), dentre outros; também a transmissão de agentes infecciosos do

aparelho respiratório através dos dutos dos sistemas de ar condicionado levam a repensar a arquitetura dos edifícios, priorizando a ventilação natural;

- d) alterações comportamentais devidas ao uso/abuso do álcool (Mingardi, 1996) e à permanência na rua por um longo período, na estação de verão (Mendonça, 2001), associados às altas temperaturas.

Estas e outras relações entre o clima a saúde da população representam um terreno no qual ainda há muito a ser pesquisado, no sentido de se desenvolver uma climatologia aplicada, voltada para a melhoria das condições de vida da população.

Bibliografia

- AGUDELO, S. F. Os processos socioeconômicos na transmissão e no controle da malária. *Rev. Bras. de Malariologia e Doenças Tropicais*, Brasília, v. 37, p. 19-27, 1985. Suplemento – IV.
- BERLINGUER, G. *Questões de vida (ética, ciência, saúde)*. São Paulo: Hucitec, 1993.
- BRICEÑO-LEÓN, R. DIAS, J. C. P. (orgs.). *Las enfermedades tropicales en la sociedad contemporánea*. Caracas: Fondo Editorial Acta Científica Venezolana/Consortio de Ediciones Capriles, 1993.
- BURALLI, G. M. BERGO, E. S. Manutenção de colônia de “Anopheles darlingi” Root, 1926, em laboratório (1). *Rev. Inst. Medicina Tropical de São Paulo*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 157-164, 1988.
- CASTILLO-SALGADO, C. Epidemiological risk stratification of malaria in the Americas. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, n. 87, p. 115-120, 1992. Suplemento III.
- CONSOLI, R. A. G. B. OLIVEIRA, R. L. de. *Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz (Manguinhos), 1994.
- CONSOLIM, J. Sobre os anofelinos do rio Paraná: II. Comportamento do inseto em relação ao homem e à habitação. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 24-29, 1974a.
- CONSOLIM, J. Sobre os anofelinos do rio Paraná: III. Comportamento do “Anopheles rondoni”. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 113-114, 1974b.
- CONSOLIM, J. GALVÃO, J. T. Sobre os anofelinos do rio Paraná: I. Densidade e regime do rio. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 174-179, 1973.
- FERREIRA, M. E. M. C. *Ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu – margem esquerda – Paraná, Brasil: um estudo de geografia médica*. São Paulo: USP – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia, 1995. (Tese, Doutorado), exemplar datilografado.
- FERREIRA, M. E. M. C. LOMBARDO, M. Adelaide. A variabilidade climática e a ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu – Paraná, Brasil. In: SANT’ ANNA NETO, João Lima. ZAVATINI, João Afonso (Orgs.). *Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem, 2000.
- FORATTINI, O. P. Comportamento exófilo de “Anopheles darlingi” Root, em região meridional do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 291-303, 1987.

- FORATTINI, O. P. *Ecologia, epidemiologia e sociedade*. São Paulo: Artes Médicas, 1992.
- GODINHO, V. Geografia médica e climatologia do Estado de São Paulo. *Rev. Médica*, São Paulo, v. 13, n. 2-3, 1910.
- GRIMM, A. M. Verificações de variações climáticas no Lago de Itaipu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 5., 1988, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 1988.
- GUIDON, M. A. de O. *Estudo das variações climáticas na área do Lago de Tucuruí*. São Paulo: USP – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia, 1991. 2 v., 539 p. (Dissertação, Mestrado), exemplar datilografado.
- IÑIGUEZ ROJAS, L. Geografía y salud. Temas y perspectivas en América Latina. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 701-711, out./dez., 1998.
- LACAZ, C. da S. BARUZZI, R. G. SIQUEIRA JUNIOR, W. *Introdução à geografia médica do Brasil*. São Paulo: Edgard Blücher, 1972.
- LÓPEZ-ANTUAÑO, F. J. Epidemiology and control of malaria and other arthropod born diseases. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, n. 87, p. 105-114, 1992. Suplemento III.
- LUZ, E. et al. Larvas de “Anopheles” (subgênero “Kerteszia”) Theobald, 1905 encontradas em criadouros artificiais, no Estado do Paraná, Brasil. *Rev. Saúde Públ.*, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 466-468, 1987.
- MELLO JORGE, M. H. P. de. GOTLIEB, S. L. D. LAURENTI, R. *A saúde no Brasil: análise do período 1996 a 1999*. Brasília: Org. Panamericana de Saúde – Opas, 2001.
- MENDONÇA, F. Ambiente e saúde: retomando estudos da geografia da saúde a partir da correlação entre o clima e a violência urbana no Brasil. In: ENCUENTRO DE GEOGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 8., 2001, Santiago. *Anais...* Santiago de Chile: Universidade de Chile, 2001.
- MINGARDI, G. et al. *A violência urbana na zona sul de São Paulo: um estudo sobre homicídio e a geografia do clima na região urbana*. São Paulo, 1996.
- NAJERA, J. A. Malaria and the work of WHO. *Bulletin of the World Health Organization (The Scientific Journal of WHO)*, Genebra, v. 67, n. 3, p. 229-243, 1989.
- RACHOU, R. G. Anofelinos no Brasil: comportamento das espécies vetoras de malária. *Rev. Bras. de Malariologia e Doenças Tropicais*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 145-181, 1958.
- SILVA, A. M. da. *Malária no Estado de Santa Catarina, no período de janeiro/70 a junho/87*. Aspectos epidemiológicos. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, Departamento de Epidemiologia, 1987. 80 p. e anexos. (Dissertação, Mestrado), exemplar datilografado.
- SOBRAL, H. R. *Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças da Grande São Paulo: um estudo de geografia médica*. São Paulo: Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP, 1988. 168 p. (Tese, Doutorado), exemplar mimeografado.
- TADEI, W. P. et al. Biologia de anofelinos amazônicos. XII. Ocorrência de espécies de Anopheles, dinâmica da transmissão e controle da malária na zona urbana de Ariquemes (Rondônia). *Rev. Inst. Med. Trop. de São Paulo*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 221-251, 1988.
- TUNDISI, J. G. Ecologia, limnologia e aspectos socioeconômicos da construção de

- hidrelétricas nos trópicos. In: BRITO, Sérgio de Salvo (ed.). *Desafio amazônico: o futuro da civilização dos trópicos*. Brasília: Editora Universidade de Brasília; CNPq, 1990.
- VERA-VASSALLO, A. Saúde e desenvolvimento na América Latina. *Supl. Rev. Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, Brasília, v. 37, p. 19-27, 1985.
- WHO (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS). WHO News and activities. World malaria situation 1988. *Bulletin of the World Health Organization*, Genebra, v. 68, n. 5, p. 667-670, 1990.

RESUMEN

Las “enfermedades tropicales” están condicionadas por determinados niveles de temperatura y humedad, responsables por la proliferación de los insectos. Ese concepto incluye también aspectos socioeconómicos derivados de las condiciones del subdesarrollo. Algunas enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria, están aumentando en el continente americano desde 1980. La epidemia de 1989, en Paraná occidental, ocurrió cinco años después de la formación del lago de Itaipú. Antes de eso el área no presentó casos autóctonos de malaria y el *Anopheles darlingi* aparecía de un manera discreta. El lago favoreció el desarrollo de criaderos, aumentando la población del insecto. Las alteraciones climáticas locales, tales como el aumento del nivel de humedad y temperatura, con la reducción de los extremos de temperatura y la intensificación de los vientos del norte, aumentaron el área de ocurrencia de la malaria hacia las latitudes altas del sur de Brasil y norte de Argentina.

PALABRAS-CLAVE

Geografía de la salud – enfermedades tropicales – malaria – alteraciones climáticas – clima y salud.

ABSTRACT

“Tropical diseases” are related to temperature and humidity conditions, responsible for insect proliferation. The concept includes, also, current social-economic aspects of underdevelopment conditions. Some diseases transmitted by insects, among them malaria, are increasing in the South-American continent, since 1980. The malaria outbreak of 1989, in Western Paraná, occurred five years after the completion of Itaipu reservoir. Before that, the area did not present autochthonous cases of malaria and *Anopheles darlingi* occurred in a discreet way. The lake favored the development of nurseries, increasing the insect population. Local climatic alterations as the increase of the humidity taxes and average temperatures, with reduction in the extremes of temperature and intensification of North winds, enlarges the risky area of malaria occurrence toward high latitudes in Southern Brazil and Northern Argentina.

KEY WORDS

Geography of health – tropical diseases – malaria – climatic alterations – climate and health.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil

Ulisses E. C. Confalonieri

Fundação Oswaldo Cruz

Correio eletrônico: pmags@ensp.fiocruz.br

Resumo

Exemplos de como a variabilidade climática produz impactos na saúde humana no Brasil são discutidos, especialmente a partir dos aspectos epidemiológicos das regiões Norte (Amazônia) e Nordeste. Vários mecanismos diretos e indiretos e aspectos dos efeitos do clima na saúde humana são abordados, principalmente doenças como malária, leptospirose, leishmaniose, e também as mortalidades causadas por acidentes, especialmente nas áreas urbanas. Um modelo conceitual de vulnerabilidade social para o desenvolvimento de estudos e intervenções nos efeitos da variabilidade climática é proposto e aplicado aos impactos de tempestades em grandes cidades, assim como à seca no Nordeste do Brasil.

Palavras-Chave

Clima – infecções – saúde – vulnerabilidade social.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p. 193-204	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	------------	---------------

Introdução

Devemos, inicialmente, fazer a conceituação da *Variabilidade Climática*, entendida como uma propriedade intrínseca do sistema climático terrestre, responsável por oscilações naturais nos padrões climáticos, observados em nível local, regional e global. A variabilidade não deve ser confundida com a *Mudança climática global*, que é conseqüente ao aumento global de temperatura provocado por emissões antropogênicas de gases causadores do efeito estufa (www.chiex.net). Muito embora alguns modelos apontem para cenários de maior variabilidade do clima (eventos extremos, menos previsibilidade) como conseqüência da mudança climática, isto ainda não é uma questão consensual no âmbito da climatologia.

Os mecanismos dos impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana podem ser apreciados, de forma resumida, na Figura 1.



Figura 1

O clima basicamente atua de duas formas: de maneira contínua, influenciando os fenômenos biológicos, e de forma episódica, através dos eventos climáticos/meteorológicos extremos. No primeiro caso, no que diz respeito à saúde humana, temos os fatores tais como temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e até o ciclo hidrológico afetando a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos no meio ambiente e, principalmente, dos chamados vetores de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da malária, da febre da dengue etc.

No caso dos eventos extremos, o principal impacto na saúde da população humana se dá através dos acidentes e traumas, como no caso de tempestades seguidas de inundações – especialmente em zonas urbanas – que provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra, desabamentos de prédios etc. Um outro tipo de evento extremo, a seca, tem efeitos

na saúde mais insidiosos e indiretos, por perda na produção agrícola e, conseqüentemente, impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental e também como determinante de fenômenos demográficos (Thompson; Cairncross, 2002).

Alguns tipos de eventos meteorológicos extremos podem também causar, de forma direta, epidemias de doenças infecciosas, conforme verificamos em várias aglomerações urbanas brasileiras, durante as chuvas de verão; com a leptospirose, por exemplo, que é uma doença de veiculação hídrica disseminada pela água das inundações, em regiões onde a coleta de lixo é precária e os roedores de esgoto são abundantes. Apenas no município do Rio de Janeiro, no período de 1975 a 1996, ocorreram 3.497 casos da doença, com cerca de 90% deles ocorrendo nos meses de janeiro a março, tendo havido duas epidemias de grande significância: em 1988 (536 casos) e em 1996 (1830 casos). No mesmo município, no período de 1966 a 1996, ocorreram 514 óbitos por acidentes decorrentes de chuvas intensas no verão (Confalonieri; Medeiros, não publicado).

Chuvas e Saúde

Para ilustrar algumas situações da variação do clima e impactos na saúde no Brasil, temos o exemplo da Figura 2.

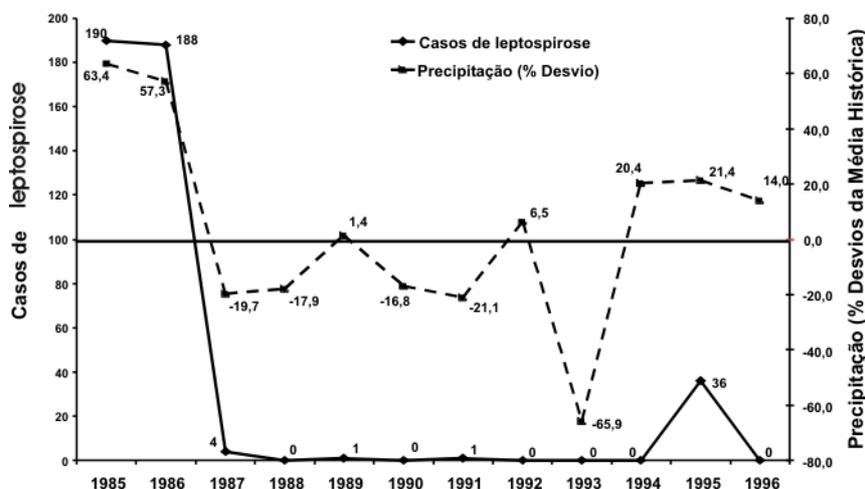


Figura 2

Precipitação (desvios da média histórica) e casos de leptospirose na estação chuvosa (jan./jul.) no município de São Miguel, Rio Grande do Norte, Brasil – 1985-1996.

Nesta figura, estão representados os casos anuais de leptospirose e a precipitação pluviométrica no município de São Miguel, no estado do Rio Grande do Norte, para o período de 1985-1996. Nesse período, foram verificados três surtos da doença, nos anos de 1985 (190 casos), 1986 (188 casos) e 1995 (36 casos), para uma ocorrência endêmica que variou de 0 a 4 casos anuais nos demais anos. Verificamos que estes surtos epidêmicos ocorreram em

anos de muita chuva, conforme observado nos anos referidos, em que o desvio positivo da precipitação, em relação à média histórica, foi de 63,4% (1985), 57,3% (1986) e 21,4%(1995). Em todos os outros anos, com exceção de 1994, o nível das chuvas esteve próximo da normal climatológica ou foi negativo, não ocorrendo surtos de leptospirose.

Um outro contexto de in uência dos fatores climáticos – no caso, a precipitação pluviométrica – sobre doenças infecciosas endêmicas pode ser observado em relação à ocorrência histórica de peste bubônica no Nordeste brasileiro (Figura 3).

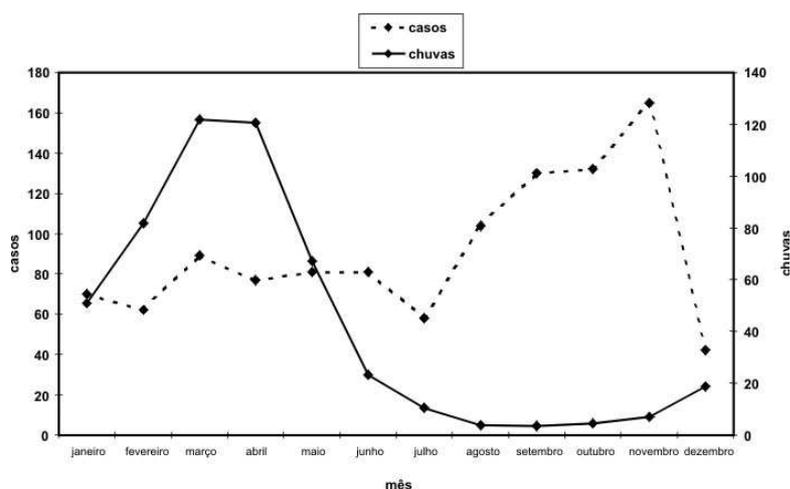


Figura 3

Casos agregados de peste bubônica e média pluviométrica mensal no foco da Serra da Ibiapaba (4 Municípios), CE – 1935 a 1977

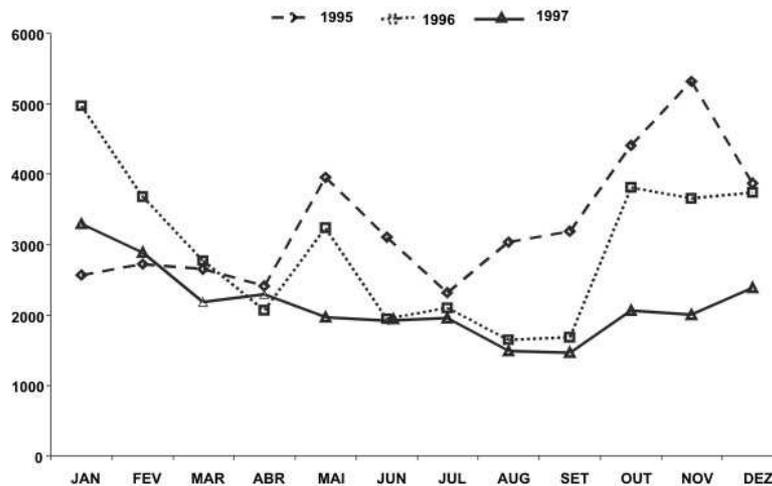
Vemos representados graficamente os casos mensais agregados da doença para o período de 1935 a 1977, na região da Serra da Ibiapaba (Ceará), em relação à precipitação pluviométrica, também mensal e agregada. Verificamos, para essa região, um período chuvoso no primeiro semestre do ano, com um pico nos meses de março e abril, e a estação seca de junho a novembro. Embora ocorram casos da doença o ano todo, estes se concentram no segundo semestre, com a curva de ocorrência ascendendo a partir do fim da estação chuvosa. Cerca de 53% dos casos foram observados nos meses de agosto a novembro.

Um padrão sazonal de variação similar foi verificado em outros focos da doença no Ceará e também no estado da Bahia. (Confalonieri; Brack, 2001). As possíveis explicações para esse fenômeno estão relacionadas às modificações do meio físico e biológico do semi-árido, estimulados pela chuva, que propicia um aumento na produção vegetal dos ecossistemas, o que, por sua vez, favorece o aumento da população de roedores silvestres, que são os reservatórios de infecção. Há, portanto, uma defasagem de cerca de três meses entre o fim da época chuvosa e o aumento no número de casos. Na época seca, por sua vez, tornam-se escassos os alimentos disponíveis para a população de roedores no meio natural, e estes se aproximam mais dos domicílios rurais em busca de alimentação, o que favorece a transmissão da doença, pelo maior contato com a população humana. Esta é uma situação em que os fenômenos climáticos favorecem, de modo indireto, a ocorrência de doenças infecciosas, através de modificações cíclicas no ambiente natural.

Uma outra doença infecciosa endêmica no Brasil, que é sabidamente afetada pelas variações climáticas, é a malária, transmitida por mosquitos, na Amazônia. No estado de Roraima, a doença apresenta um padrão sazonal de ocorrência associado ao regime de chuvas.

Na Figura 4, estão representados os casos de malária, mês a mês, para os anos de 1995 a 1997. Verificamos, em 1995 e 1996, o padrão bimodal de ocorrência, com um pico pequeno em torno de abril/maio e um outro pico de maior incidência, no fim do ano (setembro/novembro). Isto é observado em anos considerados “normais” e está associado à formação de um grande número de criadouros temporários favoráveis à proliferação dos mosquitos vetores, representado pelas poças de água que se acumulam com o início das chuvas e também no final da estação chuvosa, que vai de maio a setembro.

Figura 4



Casos de malária no estado de Roraima, Norte do Brasil – 1995-1996-1997

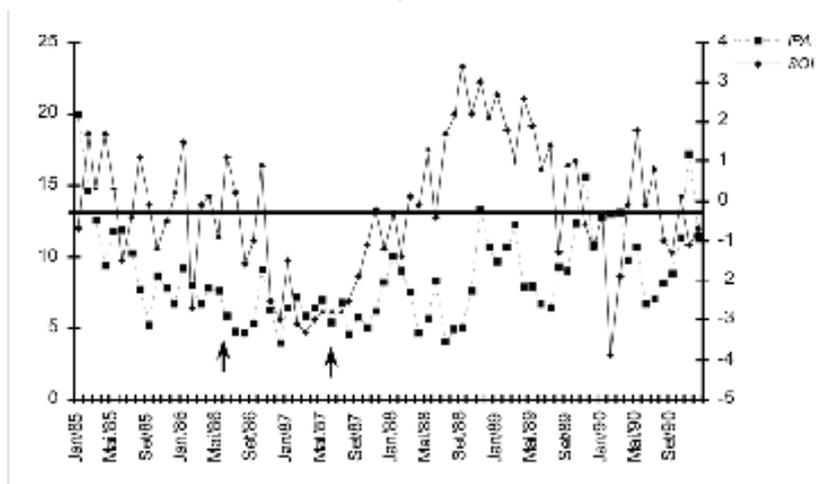
No auge da estação chuvosa (junho/julho), o meio é desfavorável à proliferação do mosquito pelo grande escoamento superficial que carrega as larvas dos insetos para fora dos criadouros, inviabilizando-as. Por outro lado, após 2-3 meses de estação seca, o meio também se torna desfavorável à sobrevivência dos mosquitos pela baixa umidade relativa e ausência de criadouros temporários. Nessa época, a transmissão da doença é feita pela população de mosquitos que se reproduz nos corpos d'água perenes, principalmente nas margens dos rios.

Se, no entanto, observarmos no gráfico a curva da malária para o ano de 1997, notamos que o padrão bimodal não ocorreu, não sendo discerníveis os picos anuais da doença. Tal fenômeno provavelmente se deve à baixa incidência de chuvas nesse ano, provocada pelo fenômeno climático do El Niño. A seca prolongada – que inclusive resultou em um incêndio orrestal de vastas proporções – atuou em detrimento da população de mosquitos, com a conseqüente redução no número de casos da malária.

Este mesmo fenômeno pode ser constatado por ocasião de outros eventos El Niño ocorridos no passado recente. Na Figura 5, estão plotados o índice de incidência da malária (IPA) para

Roraima, no período 1985-1990, bem como um parâmetro que caracteriza a ocorrência do fenômeno El Niño, que é o “Índice de Oscilação Sul” (SOI), usado na climatologia. Este índice é negativo (valor em torno de -3) nos anos de 1986-1987, caracterizando a ocorrência do El Niño.

Figura 5

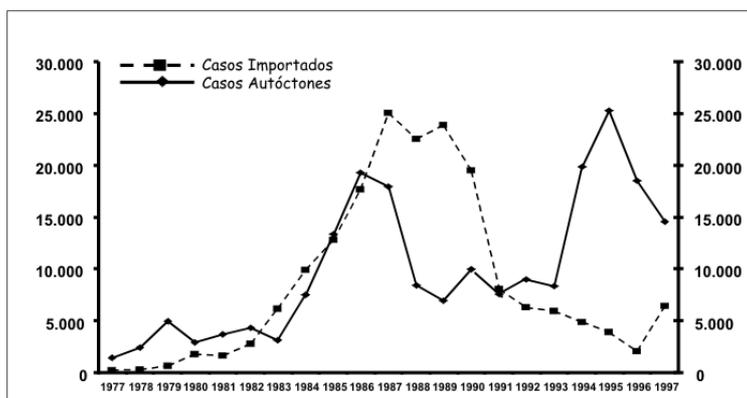


IPA para malária e SOI em Roraima – 1985-1990

Nesse mesmo período, observamos uma queda duradoura nos índices mensais de malária, se comparado com a variação dos demais meses do período. Os mecanismos que explicam o fenômeno estão associados à falta de chuvas, conforme mencionado anteriormente.

A influência da variação dos fenômenos climáticos se faz sentir também na saúde da população humana, de forma indireta, através de mecanismos sociodemográficos e culturais. No caso da seca do Nordeste brasileiro, alguns exemplos são ilustrativos. No primeiro caso (Figura 6), temos a ocorrência de malária no estado do Maranhão, para o período de 1977-1997.

Figura 6



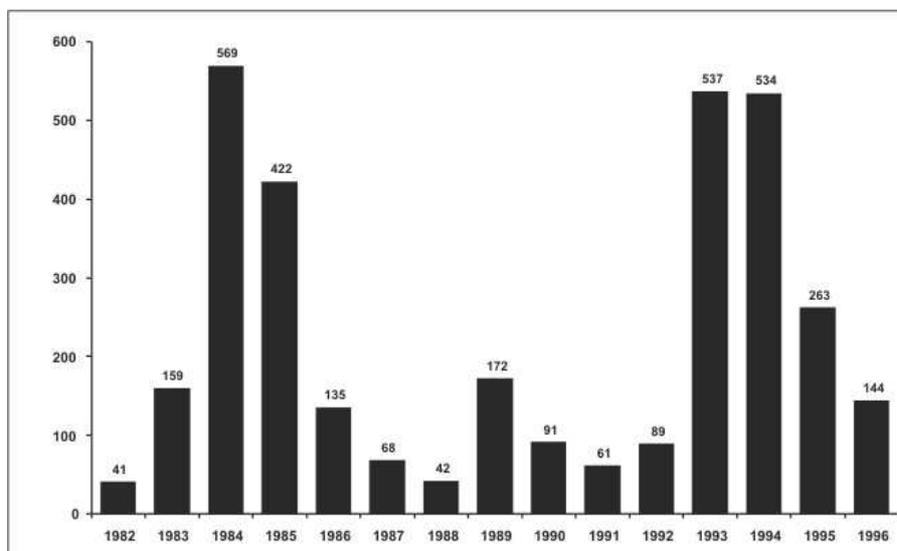
Casos de malária no estado do Maranhão, Nordeste do Brasil – 1977-1997

As curvas representam os casos transmitidos dentro das fronteiras do estado (autóctones) e aqueles importados, ou seja, adquiridos fora do estado, mas diagnosticados pelos serviços de saúde do Maranhão.

Verificamos, a partir de 1983-1984, um grande incremento no número de casos importados. Esse processo coincidiu com o fim de uma prolongada seca causada pelo fenômeno El Niño, na qual boa parte da população das áreas afetadas do estado migrou em busca de trabalho temporário em áreas não afetadas pelo fenômeno climático. Isto se deu principalmente em relação ao vizinho estado do Pará, zona endêmica de malária. Com o final da seca, essa população retornou às suas localidades de origem, trazendo a infecção adquirida fora do estado.

Um outro exemplo de fenômeno climático afetando processos demográficos que, por sua vez, afetam doenças infecciosas endêmicas, pode ser visto na Figura 7.

Figura 7



Número de casos de leishmaniose visceral no estado do Maranhão, Brasil – 1982-1996

Nesta figura, vemos a variação no número de casos anuais de leishmaniose visceral (Calazar) no estado do Maranhão para o período de 1982-1996. Essa enfermidade tem caráter crônico e predomina em focos de transmissão localizados nas zonas rurais. Notamos um importante incremento na sua ocorrência nos anos 1984-1985 e 1993-1994. Esses períodos se seguiram imediatamente aos fenômenos El Niño de 1982-1983 e 1991-1993 quando a seca afetou o estado e provocou migrações também no sentido rural-urbano, dentro do próprio estado, com a população afetada se dirigindo às cidades maiores (principalmente à capital), em busca de assistência social e trabalho. Isso provocou o surgimento de novos focos periurbanos da doença, em função da presença de indivíduos infectados, com o conseqüente aumento do número de casos e redistribuição espacial da doença no estado.

Vulnerabilidade

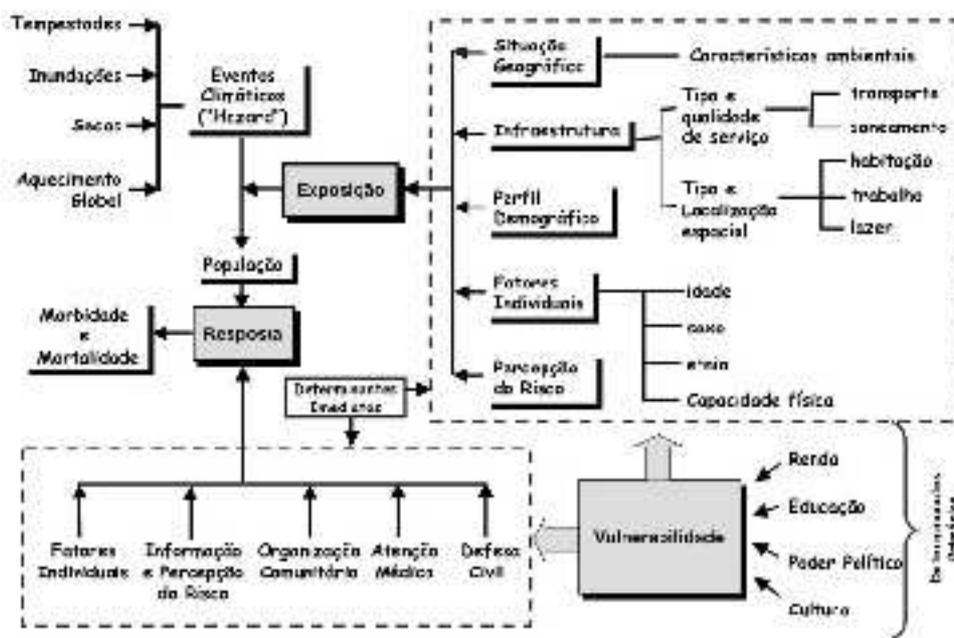
O conceito de vulnerabilidade social de uma população tem sido utilizado para a caracterização de grupos sociais que são mais afetados por *estress* de natureza ambiental, inclusive aqueles ligados ao clima.

Os principais desenvolvimentos conceituais da vulnerabilidade têm vindo da comunidade científica que estuda os efeitos e a prevenção de impactos dos chamados desastres naturais. Assim é que Blaikie et al. (1994) definiram vulnerabilidade como “as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar-se dos impactos de um desastre climático”. Também Pelling e Uitto (2002) a definiram como o “produto da exposição física um perigo natural e da capacidade humana para se preparar para e recuperar-se dos impactos negativos dos desastres”.

O estudo da vulnerabilidade social e ambiental das populações sujeitas aos efeitos dos impactos climáticos na sua integridade física e bem-estar é de fundamental importância para a orientação de ações preventivas.

A seguir, é exposto (Figura 8) um modelo conceitual geral de vulnerabilidade social da população aos impactos do clima na saúde coletiva.

Figura 8

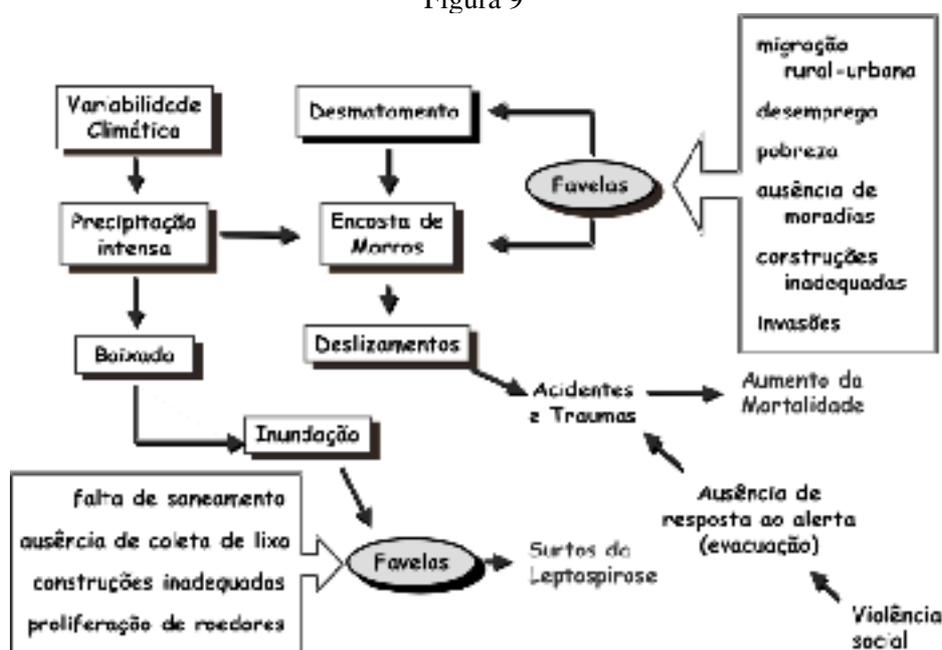


Modelo conceitual da vulnerabilidade social

A proposta é baseada nos clássicos modelos de Exposição/Resposta, utilizados inicialmente na análise dos impactos da seca em outros países (Bohle, 2001).

Na construção do modelo apresentado, levamos em consideração principalmente as situações mais comuns no Brasil, representadas pelos temporais e inundações em zonas urbanas e a seca periódica na Região Nordeste. No modelo, foram considerados os eventos de saúde como parte do conjunto de respostas dadas pela sociedade aos fenômenos do clima. Uma associação de fatores individuais e coletivos, objetivos e subjetivos, estruturais e funcionais, forma o conjunto denominado de *Determinantes Imediatos*, tanto da exposição dos grupos populacionais aos *perigos* físicos (“Hazards”) como do tipo, adequação e eficácia das respostas mitigadoras e adaptativas aos eventos citados. Como *Determinantes Primários*, estão os fatores estruturais representados pela renda, cultura, educação e poder político, que só são passíveis de modificação através de políticas públicas de aplicação a longo prazo. Os determinantes imediatos poderiam, por outro lado, sofrer modificações a médio e até curto prazo para a proteção da população, através da redução da exposição ou da melhora da capacidade de resposta. Para melhor entendimento do modelo, este foi aplicado aos casos das tempestades/inundações de verão na cidade do Rio de Janeiro (Figura 9) e aos impactos da seca na população nordestina (Figura 10).

Figura 9

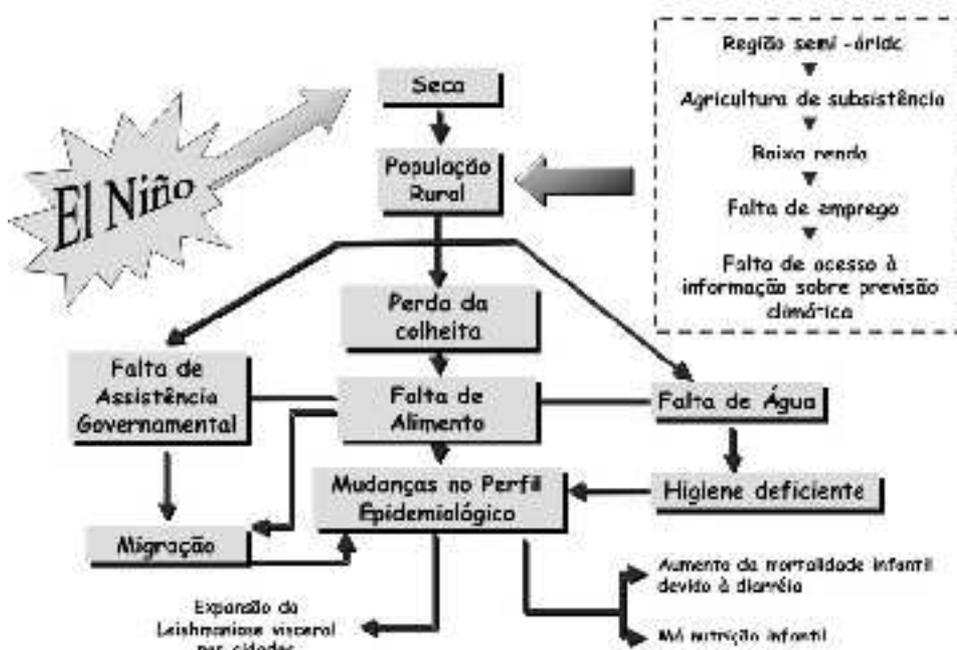


Vulnerabilidade social a tempestades e inundações na cidade do Rio de Janeiro

No primeiro caso, os impactos na saúde estão representados principalmente pela morbimortalidade decorrente dos deslizamentos de terra que ocorrem em áreas habitadas de alto risco e também pelos surtos epidêmicos de leptospirose em áreas habitadas alagáveis. Essa situação decorre das formas precárias de ocupação e uso do solo urbano, com seus conhecidos

determinantes socioambientais e, no caso da leptospirose, da precariedade da infra-estrutura de saneamento (drenagem, coleta de lixo etc). Um fator também importante na determinação da vulnerabilidade é a pouca resposta aos sistemas de alerta instalados pela prefeitura, através do monitoramento, em tempo real, dos níveis de precipitação nos pontos de maior risco das encostas. Apesar de serem alertados quando a precipitação ultrapassa limiares críticos, a violência social prevalente inibe as saída espontânea dos moradores de suas casas.

Figura 10



Vulnerabilidade social à seca no Nordeste Brasileiro

No exemplo da seca, observamos que os efeitos na saúde são, em geral, indiretos e de instalação lenta, como consequência da parada na produção agrícola e da má nutrição, escassez de água e processos migratórios. A vulnerabilidade da população a esses efeitos se dá pela sua localização no espaço geográfico, pela economia de subsistência e pela falta de investimento governamental em medidas mitigadoras e assistenciais.

Conclusões

Os impactos na saúde causados pelos fenômenos climáticos podem se dar através de mecanismos combinados, diretos ou indiretos. No caso brasileiro, existem várias doenças infecciosas endêmicas que são sensíveis às variações do clima, principalmente aquelas de transmissão vetorial e, também, por veiculação hídrica.

O fenômeno El Niño tem impactos discerníveis na saúde humana em algumas regiões brasileiras, como é o caso da Região Nordeste e, também, da Região Sul, por causa dos extremos climáticos verificados.

A redução dos impactos causados pela variabilidade climática na população brasileira só pode ser efetuada com o entendimento e a modificação dos fatores de vulnerabilidade social que afetam essas populações em seus contextos geográficos específicos.

Bibliografia

- BOHLE, H. G. Vulnerability and criticality: perspectives from social geography. *IHDP Update*, p. 1-5, Feb. 2001.
- BLAIKIE, P. et al. *At risk*. Natural hazards, peoples vulnerability and disasters London: Routledge, 1994. 284 p.
- PELLING, M. UITTO, J. I. Small Island Developing States: natural disaster vulnerability and global change. *Global Environ. Change, Part B, Environmental Hazards*, v. 3, n. 2, p. 49-62, 2001.
- THOMPSON, J. CAIRNCROSS, C. Drawers of water: assessing domestic water use in Africa. *Bull Who*, v. 80, p. 61-62, 2002.
- CONFALONIERI, U. E. C. MEDEIROS, L. M. Impactos na morbi-mortalidade das tempestades e inundações no município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999. Manuscrito.
- CONFALONIERI, U. E. C. BRACK, J. C. Variabilidade pluviométrica e incidência de peste bubônica nos estados da Bahia e Ceará, 1937-1996. Anais XXXVII CONGRESSO SOC. BRASIL. MED. TROP., 37., [20-], Salvador. *Anais...* Salvador, [20-]. p. 405.

RESUMEN

En este trabajo se discuten ejemplos de cómo la variabilidad climática produce impactos sobre la salud humana en Brasil, especialmente cuando se consideran los aspectos epidemiológicos de las regiones Norte (Amazonia) y Nordeste. Se abordan diversos mecanismos directos e indirectos y la forma en que los efectos del clima influyen sobre la salud humana. Las enfermedades que sufren la influencia del clima, tales como malaria, leptospirosis, leishmaniosis, así como también la mortalidad debida a accidentes, especialmente en la áreas urbanas. Se propone un modelo conceptual de vulnerabilidad social para el desarrollo de estudios e intervenciones en los efectos de la variabilidad climática, que se aplica al impacto de las tempestades en las grandes ciudades y también a la sequía en el norte de Brasil.

PALABRAS-CLAVE

Clima – infecciones – salud – vulnerabilidad social.

ABSTRACT

Examples of how climate variability impacts human health in Brazil are discussed, especially epidemiological aspects of the Northern (Amazonian) and Northeastern regions. Several direct as well as indirect mechanisms and pathways of the effects of climate on human health are reported. The main diseases affected by climate were malaria, leptospirosis, leishmaniosis and also mortality caused by accidents, especially landslides in urban areas. A conceptual model of social vulnerability for the framing of studies and interventions on the effects of climate variability is proposed and applied on the impacts of both storms in large cities and the drought season in the Brazilian Northeast.

KEY WORDS

Climate – infections – health – social vulnerability.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.

Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias

Francisco Mendonça

Doutor em Geografia, Professor Titular do Departamento de Geografia e Coordenador do Curso de Doutorado Interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR

Correio eletrônico: chico@ufpr.br

Resumo

As mudanças climáticas dos dois últimos séculos constituem, hoje, um fato incontestável. Uma elevação da ordem de 3°C a 6°C na temperatura média da troposfera nos próximos cem anos constitui uma previsão aceita de maneira geral. As repercussões positivas e negativas deste aquecimento sobre a natureza e a sociedade são, sobretudo, ainda especulativas, mas as segundas são bastante preocupantes. A incidência de algumas enfermidades tenderá a diminuir, mas a de muitas, principalmente as transmissíveis e infecciosas (cólera, malária, dengue etc.), tenderá a se agravar em condições de maior calor. A expansão das áreas mais aquecidas para latitudes e altitudes mais elevadas far-se-á acompanhar pela expansão da área geográfica destas doenças.

Palavras-chave

Mudanças globais – aquecimento troposférico – doenças.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19 - vol. I - n. 20	p.205-221	jan/jul. 2003
-------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------

While global estimates of climate change are framed by uncertainty, and forecasts of place-to-place variations are also error-prone, we can speculate about, and also consider recent research evidence on the possible or probable health consequences.

Antony Gatrel (2002, p. 243).

Introdução

A elevação das temperaturas da atmosfera terrestre, particularmente da troposfera, genericamente chamada de aquecimento global, encontra-se envolta em muitas dúvidas quanto às suas causas e conseqüências, mesmo se os dados mais recentes têm comprovado a intensificação do aquecimento do planeta quanto mais próximo ao presente se encontram. Por esta condição, o aquecimento global constitui-se numa das principais questões da sociedade do presente em face tanto do desafio do conhecimento aprofundado do mesmo quanto das possíveis repercussões sobre a vida dos homens na sociedade futura.

Pelo fato de tratar-se de uma problemática que envolve, simultaneamente, a dimensão natural do planeta e a sociedade humana que o habita, a abordagem do aquecimento planetário demanda uma perspectiva interdisciplinar para sua re-exatidão. É então, neste contexto, que a climatologia – particularmente sua vertente geográfica – revela amplas possibilidades para um tratamento abrangente desta temática, pois permite aproximar e integrar a perspectiva natural e a social desta problemática; foi em conformidade com este sub-ramo do conhecimento científico que o presente texto foi elaborado.

A abordagem aqui desenvolvida evidencia a re-exatidão sobre algumas repercussões que as mudanças climáticas globais podem desencadear sobre as condições de saúde da população, afinal,

- que tipos de agravos à saúde humana seriam decorrentes de condições climáticas mais quentes que as atuais?
- Que tipos de doenças sofreriam intensificação e que tipos seriam desfavorecidas?
- Estaria havendo um retorno a concepções como o determinismo ambiental ou os avanços técnicos da sociedade eliminariam a suscetibilidade humana às mudanças climáticas globais e regionais?

Estes e vários outros questionamentos colocam-se como desafios aos estudiosos da interação entre o clima e a sociedade no presente. Tratando-se de uma re-exatidão sobre uma situação futura, a análise aqui desenvolvida avança para uma discussão acerca das possíveis repercussões de um aquecimento planetário hipotetizado conforme as premissas do presente; a certeza de que o futuro reserva inúmeras surpresas no seu desenrolar coloca a abordagem neste construída numa condição especulativa, mas nem por isto irreal.

As duas epígrafes acima apresentadas ilustram a perspectiva neste delineada, ou seja, aquela segundo a qual o clima, enquanto elemento do meio, exerce considerável influência sobre as condições de saúde-doença da população, mas não é isoladamente seu determinante

(Sorre, 1984); por seu lado, o aquecimento global atual, envolto que se encontra em dúvidas e questionamentos, aponta para a necessária análise de seus desdobramentos sobre o estado de saúde dos indivíduos e da sociedade (Gatrel, 2002).

A discussão aqui elaborada situa-se, de maneira geral, no escopo das discussões relativas à Geografia Médica e da Saúde, um campo de estudos da Geografia que retoma vigor e importância nos dias atuais no Brasil e em alguns países ocidentais, conforme o conceberam Iniguez Rojas (1998), Mendonça (2000) e Czeresnia e Ribeiro (2000).

Aquecimento global: aspectos gerais

A história natural evidencia que a evolução das condições de calor da superfície da Terra não se processou de maneira uniforme. Períodos mais quentes se intercalaram com períodos menos quentes ao longo de toda a história natural e humana do planeta.

Uma das características da atmosfera terrestre é o aprisionamento de calor proveniente do sol através do processo de radiação, mecanismo conhecido por efeito estufa terrestre, e que tem sua origem na própria dinâmica natural do planeta. O fenômeno que hoje tanto desperta preocupação da sociedade é a intensificação do aquecimento da baixa atmosfera, particularmente da troposfera, a camada sobre a qual voltam-se os estudos da climatologia. Mesmo tendo origem natural, o aquecimento observado na contemporaneidade, tratado no âmbito das discussões das mudanças globais, parece estar diretamente vinculado às atividades humanas; esta é a constatação resultante da maioria dos estudos relativos à evolução da temperatura da atmosfera terrestre.

Segundo Nieuwolt e McGregor (1998, p. 311), as “mudanças climáticas podem ser consideradas em duas escalas temporais: mudanças de longa duração que são superiores a 20 000 anos, e mudanças de curta duração que podem ocorrer entre 100 e 20 000 anos. A variabilidade climática refere-se a mudanças de década a década e de ano a ano”. Para esses autores, as mudanças climáticas teriam suas origens relacionadas a causas externas, fatores internos e às atividades humanas (Tabela 1).

Tabela 1
Causas de mudanças climáticas

CAUSAS EXTERNAS	FATORES INTERNOS	ATIVIDADES HUMANAS
Mudanças na órbita do planeta – Variação na radiação.	Mudanças na circulação oceânica. Mudanças na composição de gases na atmosfera (principalmente CO ₂ , CH ₄ e O ₃). Mudanças nas condições da camada geográfica.	Queima de combustíveis fósseis. Lançamento de gases estufa na atmosfera. Desmatamento. Modificação climática em escala regional e local.

FONTE: McGregor e Nieuwolt, 1998 – Organização: F. Mendonça.

As causas externas estão relacionadas a mudanças na órbita do planeta em torno do sol e se repercutem diretamente na variação da radiação solar. Os fatores internos são representados por mudanças observadas nos oceanos, ar e relevo e se ligam a mecanismos de feed-back não lineares ou a interações entre os componentes do sistema climático entre si; qualquer mudança que se operar em um deles repercutir-se-á sobre outros componentes. Mudanças na circulação oceânica relacionam-se a alterações na temperatura, salinidade e movimento das correntes marinhas; mudanças na composição dos gases atmosféricos podem indicar elevação ou queda dos gases de aquecimento, por exemplo, cujas fontes e absorção são amplamente conhecidos (Tabela 2); e as mudanças na camada geográfica referem-se ao movimento de placas tectônicas, isostasia continentes-oceanos, atividade vulcânica etc., tudo isso podendo re-eter-se em alterações no balanço de energia sol-Terra-espaco.

Baseado na análise de erupções vulcânicas, Molion (1994) insistiu na tese de que estaria ocorrendo um resfriamento do planeta, e não um aquecimento; todavia, esta tem sido uma perspectiva contrária à crença da maioria dos pesquisadores em todo o mundo. Nieuwolt e McGregor (1998, p. 311) esclarecem, a este respeito, que o impacto das erupções vulcânicas varia espacial (América do Norte e noroeste do Pacífico) e temporalmente (dias, meses ou anos seguintes à erupção), sendo que as reduções de temperatura são muito pouco ou nulamente representativas no computo do aquecimento planetário; ainda que registradas, no geral, é a elevação geral das temperaturas do planeta que se mantém.

Os debates mais recentes sobre a questão do aquecimento global dos dois últimos séculos são concordantes, de maneira geral, na tese de que a intensificação do efeito estufa planetário estaria diretamente relacionada ao padrão de produção e consumo da sociedade moderna. A elevação do volume de gases de aquecimento na alta troposfera – derivados em sua quase totalidade das atividades humanas (indústria e agricultura, principalmente) –, associada à destruição da camada de ozônio estratosférico, estaria provocando uma considerável transformação da composição atmosférica e do mecanismo dos gases da mesma. Essa alteração resultaria num aquecimento do ar cujas previsões mais alarmantes acenam para uma elevação da temperatura média do planeta da ordem de 3,5°C a 6°C por volta do ano de 2100, mais elevada que a média do presente, que é de cerca de 16,5°C.

Tanto a intensidade quanto a diferenciação temporal e espacial do fenômeno ainda constituem verdadeiros desafios aos cientistas do presente, mesmo acreditando-se que as mudanças mais expressivas ocorrerão sobre as médias e as altas latitudes; nesta perspectiva, as áreas tropicais e equatoriais registrarão bem menores impactos térmicos que aquelas.

A criação de cenários futuros concernentes às mudanças climáticas ainda é bastante especulativa, sobretudo devido à dificuldade da compreensão completa e satisfatória do dinamismo da atmosfera na sua condição de corpo movente (Monteiro, 1991) e mesmo à quase imprevisibilidade da evolução das atividades humanas, sujeitas que são a fatores políticos, culturais, econômicos e mesmo de intervenção natural na sua realização. MacGregor e Nieuwolt (1998, p. 303) consideram, a este respeito, que “(...) para vários cenários de emissões, e levando-se em consideração o efeito de resfriamento dos aerossóis antropogênicos, a mudança global de temperatura é prevista para situar-se entre 1°C e 3.5°C por volta do ano 2100 (IPCC 1996^a, 289-291). O aquecimento máximo anual é previsto para as elevadas latitudes devido à redução da cobertura de gelo do mar (...). (...) Globalmente, acredita-se que a precipitação anual venha a elevar-se devido à intensificação do ciclo hidrológico. Mudanças mais marcadas estão previstas para as altas latitudes. (...)”.

Tabela 2
Fontes e absorção de gases de efeito estufa e aerossóis

Gaz	Fonte	Absorção
CO₂	Combustíveis fósseis, desmatamento, queima de biomassa, produção de cimento.	Oceano e biosfera terrestre
CH₄	Plantações de arroz, pântanos naturais, animais domésticos ruminantes, queima de biomassa, combustíveis fósseis, cupins, lixo doméstico e animal	Reação com radicais hidróxidos na atmosfera
N₂O	Fontes biológicas no solo e água, adubação, queima de biomassa e indústria	Destruição fotolítica na estratosfera
Halocarbonos (CFCs)	Fontes industriais: propelentes, refrigeradores, solventes, extintores de fogo, agentes produtores de espuma	Destruição fotolítica na estratosfera
H₂O	Evaporação (oceano), circulação de veículos automotores, combustão	Gotas de nuvens, precipitação
Aerossóis	Combustíveis fósseis e queima de biomassa, fuligem, atividade vulcânica, poeira do solo, sal marinho, plantas	Redução pela precipitação

Fonte: McMichel, apud McGregor e Nieuwolt, 1998 – alterado.
Tradução e Organização: F. Mendonça.

Natural ou antropogênico, ou natural e antropogênico, o aquecimento da troposfera é um fato do momento presente e do futuro próximo, e sobre ele é preciso agir com urgência. O problema já despertou a atenção de toda a sociedade do planeta e sua dimensão política constitui-se num dos mais importantes pontos de discussão dos mais diferentes segmentos e movimentos sociais da última década.

Repercussões positivas e negativas das mudanças climáticas

As mudanças climáticas globais derivarão novos e diferenciados arranjos espaciais na superfície do planeta e na vida dos homens. Ainda que especulativas, as incertezas do aquecimento planetário sobre as condições de saúde e doença da população devem ser tomadas a sério, pois, conforme analisam Czeresnia e Ribeiro (2000, p. 12)

“Ao mesmo tempo, reaparecem as ameaças de grandes desastres naturais: poluição do ar e da água, progressivo aquecimento global, buracos na camada de ozônio, chuva ácida, salinização e ressecamento do solo. As consequências epidemiológicas desse intenso processo de transformações são radicais e imprevisíveis. A emergência de novas doenças, que podem manifestar-se, também, como epidemias fatais e devastadoras, não é uma possibilidade apenas ficcional.”

Repercussões positivas e repercussões negativas da intensificação do aquecimento atmosférico são prognosticadas por diversos especialistas, embora as segundas sejam sobejamente mais expressivas e incomparavelmente preocupantes que as primeiras.

Elevação na fertilidade dos vegetais decorrente da maior fixação de carbono nas plantas e no solo como consequência do aumento de CO₂ na atmosfera, expansão das áreas agricultáveis do planeta – principalmente nas latitudes médias e altas – e umidificação de áreas atualmente semi-áridas devido à elevação da pluviometria, bem como da higrometria estariam entre os principais efeitos positivos das mudanças climáticas.

A listagem das repercussões negativas é, todavia, bem mais extensa que as positivas. Uma das mais preocupantes diz respeito à expansão volumétrica das águas dos oceanos (elevação da temperatura do mar entre 1,4 a 5,8°C entre 1990-2100), que, associando-se ao degelo parcial das geleiras e calotas polares, resultaria na elevação do nível dos mares de 0,4 a 1,5m, o que implicaria na relocação de boa parte da humanidade que atualmente vive em regiões costeiras (Legget, 1992).

Contrariamente à expansão da zona agricultável do planeta na faixa temperada, o que resultará numa elevação da produção agrícola, as atuais zonas tropicais-equatoriais verão suas áreas de agricultura reduzirem-se e registrarem redução de suas produções. Conforme Mendonça et al. (2001, p. 105)

“Os impactos sobre a produção de alimentos provavelmente agravariam a diferença entre as populações que possuem recursos para fazer frente ao problema da adversidade climática das que não os possuem, o que evidencia a nítida diferença entre uma parte da humanidade que vive à mercê do tempo atmosférico e a outra que o controla, como bem o observou Serres (1989). Os que passam fome não só não têm capacidade de produzir localmente seus alimentos como também estão fora do mercado mundial. A agricultura industrializada talvez possa reagir rapidamente às mudanças do clima, porém a de subsistência provavelmente passará a depender do mercado, que justamente, devido às alterações das condições climáticas de produção terão os preços restritivos para estes. De toda maneira, mesmo na hipótese de anexação de novas áreas agricultáveis, a corrida a estas não deverá se dar em condições iguais para todos.”

Situações de conflito entre povos e nações poderão ser desencadeadas como decorrência de problemas relacionados à fome, à seca e à disponibilidade de recursos. Essas novas

condições poderão acarretar o deslocamento e a migração forçada da população; em situações parecidas, a sociedade presencia uma complexa gama de problemas de intensidades variadas, mas com resultados prejudiciais à maior parte de seus componentes.

É, todavia, notável o aumento populacional concomitantemente à intensificação do aquecimento global; observa-se, de maneira bastante clara, num tal contexto, que os efeitos das mudanças climáticas repercutir-se-ão sobre um número cada vez maior de homens, pois que a multiplicação dos mesmos se dá de maneira mais expressiva entre aqueles de mais baixa renda. São exatamente eles que estão mais sujeitos aos impactos do “tempo lento e do tempo que faz” (Serres, 1989); é dentre eles que se encontram os mais vitimados pelos eventos climáticos extremos.

A repercussão das mudanças climáticas sobre as condições de saúde e doença da população demanda, no presente texto, uma análise especial.

Aquecimento atmosférico e doenças da população

Os estudos de Geografia Médica, especialmente sua vertente climática e o “complexo patogênico” (Max Sorre, 1984), tomam, de maneira geral, o estudo do clima numa perspectiva retrospectiva para então compreender o presente e, assim, trabalhar com as doenças metaxênicas, transmissíveis, parasitárias e aquelas outras derivadas diretamente das inuências do clima sobre os organismos vivos.

Somente no momento presente, quando os questionamentos gerais acerca das mudanças climáticas globais e de suas repercussões nas condições de vida em escalas regionais e locais despertou a atenção de estudiosos e políticos, é que o exame atencioso sobre suas derivações presentes e futuras sobre o quadro de saúde e doença das populações ganha destaque. Preocupantes epidemias de doenças emergentes, reemergentes e/ou recorrentes ocorridas nas duas últimas décadas em várias partes do mundo têm se constituído no foco principal das atenções para a retomada de estudos da interação entre o clima e a saúde dos homens (Mendonça, 2001; Mendonça; Paula, 2002).

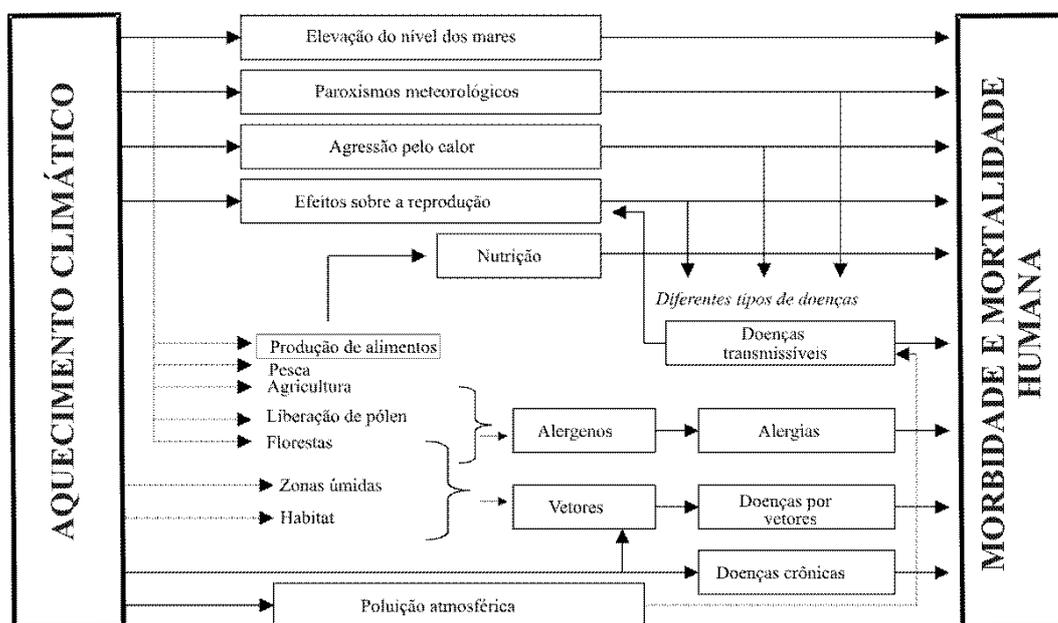
Os efeitos do aquecimento global sobre a saúde, considera Gatrel (2002, p. 11-12), dar-se-ão a longo prazo, ao contrário de efeitos decorrentes de episódios climáticos extremos que se dão a curto e curtíssimo prazo. Neste particular, é preciso notar que há uma interação direta entre os impactos de fenômenos de ordem natural e as condições socioeconômicas-tecnológicas das diversas sociedades humanas; aquelas menos aquinhoadas encontram-se mais expostas aos riscos e são portanto mais vulneráveis que aquelas dos países ricos e desenvolvidos.

Mesmo considerando-se que a zona tropical e equatorial será aquela que sofrerá menores impactos com a intensificação do aquecimento planetário, ainda assim acredita-se na intensificação de muitas doenças endêmicas desta parte do planeta, além da expansão das áreas de ocorrência de muitas das conhecidas enfermidades tropicais concomitantemente à expansão das áreas mais quentes para altitudes e latitudes mais altas que as atuais. Ondas de calor e frio muito intensas poderão estar acompanhadas pela elevação dos índices de mortalidade por enfermidades cardiovasculares, cerebrovasculares e respiratórias, isto para não dizer dos já conhecidos problemas de cataratas na visão e o câncer de pele.

Besancenot (2001) aponta que a morbidade e a mortalidade decorrentes do aquecimento climático estaria relacionada a seis fatores diferenciados, todos apresentando interações entre si (Figura 1); estes fatores são:

- a) elevação do nível do mar,
- b) paroxismos meteorológicos,
- c) agressão pelo calor,
- d) efeitos sobre a reprodução,
- e) poluição atmosférica,
- f) nutrição.

Figura 1 - Aquecimento climático e saúde



Fonte: Besancenot, 2001.

Os cinco primeiros seriam diretamente decorrentes do aquecimento climático e o último seria uma decorrência indireta, pois estaria condicionado às alterações processadas na produção de alimentos.

A alteração das florestas pelo aquecimento global incidiria sobre os pólenes e alérgenos, sobre as zonas úmidas, habitats e vetores, o que se repercutiria, respectivamente, sobre as alergias e as doenças transmitidas por vetores. Assim, “Dever-se-ia, por exemplo, esperar um recrudescimento das rinites e da asma, tanto quanto a elevação das temperaturas conduzirá um deslocamento da área de repartição de numerosas espécies vegetais, donde algumas fortemente alergênicas, enquanto a frequência crescente do bom tempo quente, ensolarado e marcado por fortes precipitações aumentará as quantidades de pólenes liberados no ar. (...)”. (Besancenot (2001, p. 121).

Sobre os vetores, haveria uma in uência da poluição atmosférica, enquanto que as doenças crônicas seriam diretamente afetadas, elevando os índices de morbidade e mortalidade da população. Aumento da incidência de cálculos renais com uma elevação da taxa de nascimentos prematuros e mortalidade perinatal, multiplicação das intoxicações (devido à má conservação dos alimentos) ou ainda um risco crescente de contaminação dos sistemas de climatização e/ou de umidificação por microorganismos variados... “De fato, tudo depende da brutalidade com a qual se operaria o aquecimento” (Besancenot, 2001, p. 123).

Ao considerar mudanças climáticas relacionadas ao efeito estufa planetário, Haines (1992, p. 140) afirmou que “várias doenças, como a malária, tripanossomíase, leishmaniose, filariose, amebíase, oncocercíase, esquistossomose e diversas verminoses, hoje restritas às zonas tropicais, têm relação com a temperatura e poderiam teoricamente ser afetadas pela mudança do clima”. A temperatura tem, como se pode observar em inúmeros estudiosos, relação também com muitas outras doenças contagiosas não-parasíticas, como febre amarela, dengue e outras enfermidades viróticas transmitidas por artrópodes, peste bubônica, disenteria e outras afecções diarréicas.

Haines (1992), numa perspectiva prognóstica, hipotetizando sobre os impactos do aquecimento global e a mudança do clima sobre a sociedade, observou também que estes talvez sejam mais expressivos em termos de algumas catástrofes associadas a eventos extremos, tais como tempestades e fome. Considerou alguns problemas ligados à sanidade mental decorrentes do impacto do rompimento de algumas barragens sobre a morte dos sobreviventes, para projetar situações futuras como a elevação do nível do mar e o aquecimento da atmosfera em sua in uência sobre a população.

Enfermidades decorrentes da alteração negativa da camada de ozônio foram sumarizadas por Gatrel (2002, p. 243-244) – Quadro 1 –, que, ao analisar os desdobramentos das implicações do aquecimento global sobre a saúde, considerou pertinente “pensar em efeitos diretos – o impacto da intensificação da temperatura sobre a psicologia humana – e efeitos indiretos, nos quais os impactos sobre a saúde são mediados pelos caminhos nos quais o clima afeta o nível do mar e o comportamento dos ecossistemas”.

Quadro 1
Impactos sobre a saúde decorrentes do esgotamento da camada de ozônio e das mudanças climáticas

<p>Esgotamento da camada de ozônio</p> <ul style="list-style-type: none"> Câncer de pele Catarata <p>Mudança climática</p> <p><u>Efeitos diretos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Estresse termal <p><u>Efeitos indiretos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Resistência dos vetores de doenças . Envenenamento alimentar . Elevação do nível do mar . Agricultura

FONTE: Martens (1998, p. 5), apud Gatrel (2002, p. 235) – alterado.

As interações entre o aquecimento planetário e as condições de saúde e doença da população têm sido, invariavelmente, concebidas como de duas naturezas: distinguindo as implicações diretas e implicações indiretas (Hufty, 1997; Besancenot, 2001; Gatrel, 2002). Essas implicações podem, de maneira geral, ser assim entendidas a partir de alguns exemplos:

Efeitos indiretos

- Degradação da camada de ozônio estratosférico, passagem de maior quantidade de raios UV, repercussão direta na incidência de cataratas e de câncer de pele (melanoma). A camada de ozônio tem diminuído mais fortemente sobre as altas latitudes (em torno de 50%) que nas baixas (em torno de 2%). Uma redução de 1% do ozônio estratosférico aumenta cerca de 25% a densidade do fluxo ultravioleta B que chega à superfície do planeta (Besancenot, 2001, p. 119).

- Ao considerar os efeitos indiretos das mudanças climáticas, Gatrel (2002, p. 245) acena para o fato de que não se deve deixar de correlacionar a poluição como um dos fatores associados para a ocorrência de determinadas doenças; aponta ele também para a possível intensificação de eventos climáticos extremos como as chuvas muito intensas, tempestades e inundações com seus malefícios correlacionados. Segundo ele, “pesquisas sugerem que as mudanças climáticas afetarão tanto os vetores quanto os agentes infecciosos que transmitem doenças infecciosas como a malária, dengue e a tripanossomíase (doença do sono)”.

- No que concerne à malária – vetor: *Anopheles*, parasita: *Plasmodium* –, as condições ambientais para sua incidência apontam que a temperatura do ar deva situar-se entre 20°C e 25°C – abaixo desta ele morre – com uma pluviosidade mínima de 1,5 mm diários. A associação entre a temperatura e a umidade atuam no controle do parasita; na África, observou-se que além da faixa de temperatura de 28°C é preciso que a pluviosidade esteja em torno de 80mm nos cinco meses anteriores (Gatrel, 2002, p. 72). Retendo sobre o aquecimento climático do planeta, Martens (citado por Gatrel, 2002) especula que, com a expansão para norte e para sul (zona subtropical da Europa, das Américas, da África, Oriente Médio e Próximo, sul da China e Austrália) e em altitude (Andes e a parte elevada da África) das condições de tropicalidade, área endêmica do vetor, ocorrerá a elevação do risco de sua transmissão; em boa parte desses lugares, afirma, o *Anopheles* já está presente, todavia o parasita *Plasmodium* não pode sobreviver devido às baixas temperaturas dos climas do presente.

Cenários estabelecidos por alguns pesquisadores (Martens, citado por Gatrel, 2002) apontam que a população global em situação de risco potencial estará entre 2,4 e mais de 3 bilhões de pessoas, sendo que entre 220-480 milhões destas, a maioria na África, desenvolverão a doença. A elevação da ocorrência de malária na Ásia está, por outro lado, associada às ocorrências do El Niño, afirma o autor. Mas é também preciso atentar para o fato de que as vacinas e novas descobertas no campo da medicina mostram que o clima não se constitui num fator limitante.

Costa Ferreira e Lombardo (1997), estudando a incidência da malária em torno do lago da hidrelétrica de Itaipu, concluíram que ocorreu uma elevação do número de casos registrados da doença naquela área; todavia, relacionaram o fato ao processo de migração da população de áreas

endêmicas da doença no Brasil (região Norte) para aquela localidade, além da intensificação da umidade do ar decorrente do aprisionamento das águas e da formação do lago.

- A dengue é uma outra doença que sofre indiretamente os efeitos das mudanças climáticas; seu vetor é o mosquito *Aedes aegypti* e a virose pertence ao gênero *Flavivirus*. A área comum de sua ocorrência tem sido a Ásia e a América Central e do Sul, onde mais de 100 milhões de casos são relatados a cada ano. De forma específica “*A OMS indica que a forma hemorrágica afeta particularmente crianças e que a mortalidade é em torno de 5 por cento, chegando a registrar 24.000 por ano. Rápida urbanização, movimentos de população, a resistência dos mosquitos aos inseticidas, e a inadequada estocagem de água limpa, são os fatores implicados no incremento da incidência de dengue*” (Gatrel, 2002, p. 247).

A distribuição dos mosquitos, a frequência de suas picadas e o período de incubação do vírus são afetados pela temperatura; com uma temperatura de 27°C, por exemplo, o período de incubação é de 10 dias, com 37°C é de 7 dias. Conforme ainda este autor (Gatrel, 2002, apud Jetten and Focks), com uma elevação da ordem de 2°C na temperatura do planeta, a dengue se expandiria para áreas como o sul da Europa (Espanha e Grécia) e sul dos Estados Unidos. Altas latitudes hoje estão livres dessa doença devido às baixas temperaturas, mas, assim como com a malária, a mudança climática global poderá favorecer a expansão da sua área de ocorrência.

Estudos muito recentes relativos à dengue têm evidenciado sua expansão geográfica para áreas não incluídas como endêmicas dessa doença; assim podem ser considerados os exemplos apresentados para o norte da Argentina e região de Buenos Aires (Bejaran, 2002) e partes mais elevadas do estado do Paraná, no Brasil, especialmente a cidade de Curitiba (localizada a uma altitude média de 900m) que registrou os primeiros casos autóctones de dengue no ano de 2002 (Paula, 2002; Fernandes de Oliveira, 2003).

- Em relação à doença do sono (vetor: mosca tsé-tsé – *Glossina morsitans*), cuja área endêmica são as franjas do deserto do Saara na África, a elevação da ordem de 1°C a 3°C poderá produzir uma expansão de sua área de incidência.

- A intensificação do aquecimento global poderá atuar indiretamente sobre o envenenamento alimentar, como in uenciando a proliferação da salmonela na estação de verão, dentre outros.

Ao tratar dos efeitos indiretos da mudança do clima sobre a sanidade mental, Haines (1992, p. 145-146) coloca que “cada vez mais, a opinião pública conscientiza-se de que uma séria ameaça ambiental, (...), constitui também grande ameaça à segurança”. Para exemplificar, comentou que “uma pesquisa de opinião feita pelo Gallup em 1988 constatou que 70% dos norte-americanos viam na degradação do meio ambiente um problema grave. (...)”. Dentre outros efeitos, considerou também que “mais importante é a considerável possibilidade de a degradação ambiental resultante da mudança do clima levar a con itos armados, e os efeitos diretos e indiretos das atividades militares gerarem ainda mais sofrimento. (...)”.

Efeitos diretos

- Intensificação da concentração dos gases de aquecimento na alta troposfera/baixa atmosfera impedindo a liberação do calor. Nestas condições “*certas conseqüências se farão sentir diretamente sobre o organismo humano, enquanto que outras se farão sentir a partir das condições ecológicas mais ou menos favoráveis à sobrevivência, à multiplicação e ao*

desenvolvimento de tal ou tal germe patógeno, ou ainda de tal ou tal inseto vetor deste germe” (Besancenot, 2001, p. 121).

O estresse termal constitui-se num dos principais problemas a serem enfrentados pela população como decorrência do processo de aquecimento planetário. Nieuwolt e McGregor (1998, p. 308) asseveram que “Nos trópicos mais úmidos e quentes, as condições de conforto termal serão diferentes daquelas vividas no presente. Isto torna-se importante quando as condições bioclimáticas humanas em muitas localidades marginais das baixas latitudes são observadas. Entretanto, algumas aclimações naturais podem ser esperadas e a intensificação do estresse termal evidenciar-se-á na elevação dos níveis de desconforto. Mudanças na frequência, duração e intensidade de períodos de ocorrência de condições de estressamento fisioclimático podem ser esperadas (McGregor, 1995a). Isto resultará na elevação da demanda pela ventilação ativa ou condicionamento de ambientes fechados (McGregor, 1995c), especialmente nas grandes cidades tropicais do futuro (...). Sazonalmente a duração da confortável estação seca se reduzirá. Mudanças nas condições higrotérmicas também trarão implicações na morbidade e na mortalidade. Para algumas localidades tropicais existe um limite claro de temperatura, acima desta a mortalidade intensifica-se (Aluciemens and Skinner, 1989; McMichael et al., 1996). Possíveis mudanças na frequência de eventos extremos manifestados pelas ondas de calor podem engendrar elevação nos índices de mortalidade, especialmente nos idosos e naqueles com dificuldades sócio-econômicas como aqueles setores da população que são particularmente sensíveis ao clima. Uma série de outros efeitos sobre a saúde pode também ocorrer, especialmente a elevação na extensão geográfica de um considerável número de doenças tropicais (Curson, 1996)”.

Alguns problemas de saúde diretamente decorrentes do aquecimento global e que parcela considerável dos estudiosos consideram como manifestados através do estresse térmico podem ser assim sumarizados:

- Diminuição das mortes decorrentes do inverno nas latitudes médias e altas, e enfraquecimento das doenças do aparelho respiratório e cardiopatias. Ao contrário, aumentar-se-ão as mortes no verão mais devido à elevação de problemas cardiovasculares, cerebrovasculares, respiratórios, metabólicos, psíquicos ou outros que do enfraquecimento dos mecanismos termoreguladores do organismo.

- Abaixo do nível de conforto térmico a mortalidade cresce 1% a cada incremento de 1°C na temperatura do ar; acima do nível de conforto térmico ela cresce 1,4% a cada incremento de 1°C.

- No caso das doenças cardiovasculares (para pessoas com idade acima de 65 anos), a mortalidade cai 4% com o incremento de 1°C em condições frias; em condições de calor ela cresce 1,6% a cada grau.

- Para doenças respiratórias, a mortalidade decai cerca de 4%, e cresce 10,4%, a cada 1°C de redução ou de elevação, respectivamente. As faixas etárias da infância e da senilidade são aquelas que se encontram em situações de maior risco, além do que se deve sempre aliar as condições de poluição do ar na abordagem das doenças respiratórias e cardiovasculares.

Martens, apud Gatrel (2002, p. 25), preocupado com as repercussões planetárias das mudanças globais, particularmente das suas repercussões sobre a saúde humana, apresentou um modelo genérico do impacto do possível aquecimento global sobre a saúde. Ele sugere, de maneira geral, que em lugares quentes “*como Singapura, onde o clima é quente o ano todo, a*

mortalidade vai aumentar, mas nas cidades de clima frio (Londres, por exemplo) observar-se-ão modestas elevações da mortalidade nos meses quentes, que serão compensadas por reduções nos meses frios. A evidência para a mortalidade cardiovascular em alguns países (com idade superior a 65 anos) pode ser observada na tabela 3.¹ Estes cenários encontram-se envoltos por um alto grau de incerteza e dependem da habilidade das pessoas para adaptarem-se fisiologicamente às mudanças de temperatura. Entretanto, a conclusão geral de Martens é que o aquecimento global provavelmente reduzirá a mortalidade, especialmente devido a doenças cardiovasculares, devido ao aquecimento do inverno. Mudanças climáticas globais reduzirão, portanto, o excesso de mortalidade no inverno decorrente de bronquites, gripe e doenças do coração”.

Tabela 3
Estimativa de mudanças na mortalidade cardiovascular devido ao estresse termal
(população de idade superior a 65 anos)

País	Mudança na mortalidade relacionada ao frio (por 100.000 pessoas)	Mudança na mortalidade relacionada ao calor (por 100.000 pessoas)
Singapura	0	43
Japão	-79	18
Países Baixos	-181	19
Reino Unido	-250	10
Estados Unidos	-184	32
Canadá	-235	26
Espanha	-129	33
Austrália	-98	22

FONTE: Martens (1998, p. 123), apud Gatrel (2002, p. 245).

Outros efeitos

- Praticamente dobrará o número de pessoas ao redor do mundo que vivem em áreas sujeitas a inundações, cujo número aproxima-se 100 milhões de seres humanos.
- Ocorrerão impactos na agricultura, gerando redução na quantidade de produção de alimentos. Em algumas áreas esses impactos resultarão em má nutrição e fome. Conforme Nieuwolt e McGregor (1998, p. 308-309)

“mudanças climáticas nos trópicos terão um número importante de conseqüências para a agricultura (...). (...). A elevação das temperaturas poderá também reduzir o ciclo de vida do milho e do arroz, acarretando numa queda da produção destes cereais. Para

1 . Adequação deste autor.

México, Brasil e Uruguai, o declínio na produção de milho pode ser previsto em torno de 5 para 50% (Reilly, 1996)”.

- Mudanças no uso do solo e elevação das áreas sujeitas a desmatamento, desflorestamento etc. implicarão na alteração de ecossistemas e habitats naturais de alguns vetores e na conseqüente elevação da incidência de algumas doenças, bem como no surgimento de doenças emergentes infecciosas, como o ebola, por exemplo.

- “(...) *Implicações na saúde também estão relacionadas a migrações da população e a mudanças na distribuição dos vetores de doenças (McMichael et al., 1996) (Gatrel, 2002).*

Considerações finais

(...) É preciso dizer: a ação do meio é indiscutível; ela desempenhou seu papel na formação das variedades físicas e mentais da humanidade. Mas é preciso admitir, ao mesmo tempo, que sua ação não é imperiosa, a ponto de determinar, em todos os casos, uma especialização rígida. (...).

Max Sorre (1984, p. 71).

A retomada dos estudos de geografia médica e da saúde constitui-se numa decorrência do agravamento das condições de vida da maioria dos seres humanos neste final de século XX e início de novo milênio. Todavia, ainda que avançadas técnicas e tecnologias tenham sido desenvolvidas para diminuir o sofrimento dos homens quando acometidos por enfermidades, a concentração das mesmas em uma pequena parcela da humanidade evidencia que a maioria dos seres humanos encontra-se numa considerável vulnerabilidade aos riscos de acidentes e catástrofes naturais. A noção de determinismo ambiental deve sempre ser refutada, como o apontou Max Sorre (epígrafe acima) e Mendonça (2002) dentre outros, mas a influência da natureza nas condições de saúde-doença de uma determinada população deve ser retomada sob uma outra perspectiva, mais relativizada e interativa com outros fatores do âmbito cultural, político e socioeconômico da sociedade, afinal “*La forma en que transita el “desarrollo en el subdesarrollo”, es la principal causa de la distribución desigual de los problemas de salud. Ello sustenta tanto la permanencia de los condicionantes del ambiente natural, como las profundas desigualdades e iniquidades sociales determinantes de la vida, incluyendo la de las prácticas de intervención en salud*”. (Iniguez Rojas, 1998, p. 14).

As mudanças climáticas globais e sua manifestação mais preocupante, o aquecimento da baixa atmosfera do planeta, apontam tanto para alterações positivas quanto negativas das paisagens e das condições de vida dos homens na superfície do planeta. As negativas constituem-se nas mais importantes, pois que suas repercussões acenam para o desencadeamento de efeitos gerais pela acessibilidade a determinados recursos naturais (solos, florestas, água potável etc.) e, de maneira muito específica, para a expansão geográfica e para a intensificação de determinadas enfermidades; dentre estas, destacam-se as metaxênicas, parasitárias e infecciosas, cuja incidência depende diretamente das condições climáticas.

O aquecimento global encontra-se, todavia, envolto em consideráveis incertezas e especulações, sobretudo quando se discute as causas do mesmo. Num tal contexto, a precaução parece ser a atitude mais correta a ser tomada pela sociedade; para tanto, várias iniciativas podem ser implementadas no sentido de desacelerar o efeito-estufa planetário, como a redução do consumismo e do desmatamento, por exemplo. A estabilidade da temperatura média da Terra, ou a redução nos níveis previstos, se repercutirá na manutenção de boas condições de vida no planeta, e mesmo na criação de novas; iniciativas como estas tendem a se manifestar diretamente nas condições de saúde da população.

De todo modo, parece ficar patente, quanto mais se analisa a realidade, que o aquecimento mais intenso ou menos intenso da troposfera se repercutirá de maneira diferenciada sobre os homens; a evidencia da desigualdade de riquezas e acessibilidades colocam claramente a maior parte dos seres humanos em situação de penúria. A realidade mostra que é preciso agir urgentemente no sentido de frear o aquecimento planetário; ela evidencia também que isto não acontecerá enquanto a concentração da riqueza e a injustiça social permanecerem nos patamares que marcam o presente momento da sociedade. A persistirem essas disparidades os cenários negativos das mudanças globais poderão ser mais impactantes e surpreendentes do que se especula.

Bibliografia

BEJARAN, R. et al. Aplicacion de la predicción meteorológica para el pronóstico de la abundancia potencial del *Aedes aegypti* en Buenos Aires. Curitiba/PR – Brasil: Palestra proferida no V SBCG, 2002. Inédito.

BESANCENOT, J-P. *Climat et santé*. Paris: PUF, 2001. (Medicine et société).

GATREL, A. C. *Geographies of health: an introduction*. Oxford: Blackwell Publishers Ltd., 2002.

CERESNIA, D. RIBEIRO, A. M. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 16, n. 3, p. 595-605, set. 2000.

CONFALONIERI, U. Global environmental change and health in Brazil: review of the present situation and proposal for indicators for monitoring these effects. In: HOGAN, D.; TOLMASQUIM, M. T. *Human dimension of global environmental change – Brazilian perspectives*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001. p.79-97.

COSTA FERREIRA, M. E. LOMBARDO, M. A. A questão climática e a ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu – PR – Brasil. *Boletim Climatológico*, Presidente Prudente, ano 2, n. 3, p. 187-193, jul. 1997.

FERNANDES DE OLIVEIRA, M. M. *A dengue em Curitiba: uma abordagem climatológica do episódio de março/abril 2002*. Curitiba, 2003. Monografia (Conclusão de curso de graduação em Geografia) – Universidade Federal do Paraná.

HAINES, A. Implicações para a saúde. In: LEGGET, J. (Ed.). *Aquecimento global – o relatório do Greenpeace*. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1992. p. 135-148.

HUFTY, A. Les climats urbains. Le climat et la santé. In: DUBREUIL, V.; MARCHAND, J. P. (Org.). *Le climat, l'eau et les hommes – ouvrage en honneur à Jean Mounier*. Rennes/France: Presses Universitaires de Rennes, 1997. p. 113-128.

INIGUEZ ROJAS, L. Geography and health: themes and perspectives in Latin America. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 14, n. 4, p. 701-711, out./dez. 1998.

LEGGET, J. (Ed.). *Aquecimento global – o relatório do Greenpeace*. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1992.

MCGREGOR, G. R. NIEUWOLT, S. *Tropical climatology – an introduction to the climates of the low latitudes*. 2. ed. Chichester/England: John Wiley and Sons, 1998.

MENDONÇA, F. Aspectos da interação clima – ambiente – saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. *RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 85-100, 2000.

_____. *Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a criminalidade urbana*. Curitiba: Ed. UFPR, 2001.

MENDONÇA, F. NOGAROLI, M. O Paraná no aquecimento global: uma explicitação das relações geográficas entre o local e o global. In: FRESCA, T. M. et al. (org.). *Dimensões do espaço paranaense*. Londrina: Ed. da UEL, 2000. (Série Geografia em Movimento, 2) p. 129-152.

MENDONÇA, F. et al. A intensificação do efeito estufa planetário e a posição dos países no cenário internacional. *RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, ano 5, n. 5, p. 99-124, 2001.

MOLION, L. C. B. Efeitos de vulcões no clima. *Caderno de Geociências*, n. 12, p. 13-24, out./ dez. 1994.

MONTEIRO, C. A. F. *Clima e excepcionalismo – conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.

PAULA, E. V. P. *Relatório de Pesquisa*. Curitiba: UFPR/PRPPG/IC, 2003. Inédito.

ROUQUAIROL, M. Z. *Epidemiologia e saúde*. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.

SERRES, M. La phylosophie et le climat. In: COLLOQUE de Lassay: "Pollution, atmosphere, ozone, effet de serre, deforestation...". Paris: Larousse, 1989. p. 50-61.

SORRE, M. A adaptação ao meio climático e biossocial – geografia psicológica. In: MEGALE, J. F. (org.). *Max Sorre*. São Paulo: Ática, 1984. (Coleção Grandes Cientistas Sociais, 46).

WOODWELL, G. M. Os efeitos do aquecimento global. In: LEGGET, J. (ed.). *Aquecimento global – o relatório do Greenpeace*. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1992. p. 106-120.

RESUMEN

Hoy en día los cambios climáticos de los últimos dos siglos constituyen un hecho incontestable. Generalmente se acepta una elevación de 3 a 6° C de la temperatura promedio de la troposfera para los próximos cien años. Las repercusiones positivas y negativas de ese calentamiento en la naturaleza y en la sociedad son todavía especulativas, pero las negativas son muy preocupantes. La incidencia de algunas enfermedades tenderá a disminuir, pero la de muchas, principalmente de las transmisibles e infecciosas (cólera, malaria, dengue, etc.) tenderá a agravarse en las regiones más cálidas. La expansión de áreas más cálidas para latitudes y altitudes más elevadas será acompañada por la expansión geográfica de esas enfermedades.

PALABRAS-CLAVE

Cambios globales – calentamiento de la troposfera – enfermedades.

ABSTRACT

Global change is, today, an undeniable fact. The increase of about 3°C to 6°C in the tropospheric mean temperature in the next hundred years is accepted worldwide. The positive and negative consequences of that warming over nature and society are, still, speculative, but the negative consequences are very worrying. The incidence of some diseases tends to decrease; however, for many others - the transmissible and infectious diseases (cholera, dengue, malaria, etc), the incidence tends to increase over warmer climatic conditions. The geographical expansion of warmer areas to higher latitudes and altitudes will be followed by the expansion area of those diseases.

KEY WORDS

Global changes – tropospheric warming – diseases.

Recebido para publicação em 6 de dezembro de 2002.