

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EVENTOS ATMOSFÉRICOS SEVEROS RECENTES NO BRASIL

Iára Regina Nocentini André
Depto. de Geografia – IGCE/UNESP,
Rio Claro, iara@rc.unesp.br

Resumo

Este artigo apresenta uma breve discussão teórica sobre as mudanças climáticas e suas conseqüências catastróficas para a sociedade humana. Entretanto, os eventos atmosféricos severos ocorridos recentemente no Brasil, chamam a atenção para os possíveis reflexos das mudanças climáticas que já estão sendo verificadas no país.

Palavras-chave: mudanças climáticas, tornado, furacão Catarina, Amazônia.

Abstract

This paper presents a theoretical discussion about climatic change and his catastrophic consequences in the human society. However, the hard atmospheric events that occurred into Brazil has been calling attention about to the possible reflections from the climatic changes that already are being verified in the country.

Key words: climatic changes, tornado, Catarina hurricane, Amazônia.

Introdução

O clima e sua variabilidade são fatores importantes na configuração do espaço geográfico, ou seja, na composição do meio ambiente, disponibilidade dos recursos naturais e nas características sócio-econômicas. As alterações no clima e dos sistemas ambientais, causadas pela sociedade, motivaram acordos internacionais para minimizar tais alterações ou se adaptarem a estas, buscando ter conseqüências ambientais, econômicas e sociais satisfatórias.

Assim, as mudanças climáticas globais e seus prováveis efeitos são discussões relevantes atualmente. Pesquisas científicas buscam o conhecimento para as alterações climáticas ocorridas nos últimos anos. As condições do clima mudam significativamente ao longo do tempo, vários processos e episódios mostram a evolução da atmosfera planetária identificando as oscilações naturais em escalas de tempo diferentes. Aprimorar o conhecimento sobre o clima e os seus efeitos no espaço geográfico no passado e presente, suas variações naturais e as possíveis causas destas variações e mudanças atuais são objetivos das pesquisas científicas.

As mudanças climáticas globais podem trazer conseqüências possivelmente catastróficas para a sociedade. Já é confirmado que o aumento da concentração de gases que possuem características específicas lançados pelo Homem na atmosfera da Terra, alterando sua composição química, pode intensificar o efeito estufa.

Vale lembrar que o efeito estufa ocorre naturalmente no planeta, de forma independente da ação do Homem. A energia solar chega ao planeta na forma de radiação de ondas curtas, e a maior parte dessa radiação atravessa diretamente a atmosfera e é absorvida pela superfície terrestre, depois é liberada de volta para o espaço, na forma de irradiação infravermelha de ondas longas. A maior parte da irradiação infravermelha que a superfície emite é absorvida pelo vapor d'água, pelo dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa presentes naturalmente na atmosfera. Desta forma, esses componentes da atmosfera impedem que a energia passe diretamente da superfície terrestre para o espaço. Assim, essa energia é transportada para as camadas mais altas da atmosfera através de processos naturais. Se este processo não ocorresse naturalmente, a temperatura média do planeta estaria em torno de 17° C negativos, ou seja, cerca de 32° C inferior à temperatura média atual (TAVARES, 2001; IPCC, 2001a).

Cabe lembrar também que neste processo de balanço térmico planetário, a presença do gás ozônio na baixa estratosfera é fundamental. O ozônio faz a interceptação da radiação ultravioleta, sendo considerado um filtro natural do planeta e retém parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre (ANDRÉ, 1998). O lançamento de gases destruidores das moléculas do ozônio na troposfera seja através de ações antropogênicas ou naturais, chegam na estratosfera através da circulação atmosférica e provocam a redução desta camada. Este fato, além de alterar o balanço térmico da atmosfera causa efeitos nocivos aos seres vivos (ANDRÉ, 2001; TAVARES, 2001).

Com a redução da camada de ozônio, uma forma de interferência na temperatura da troposfera e estratosfera é que menos radiação ultravioleta seria absorvida por esta camada e chegaria na superfície terrestre, aquecendo-a; outra forma é que a menor absorção da radiação ultravioleta pela camada reduziria também a absorção da radiação terrestre e solar, proporcionando o resfriamento da troposfera. De qualquer forma, em ambos os casos, além destas alterações de temperatura nestas camadas da atmosfera, ocorreria uma mudança na circulação atmosférica e nos gases responsáveis do efeito estufa. Este fato é relevante, todavia que a absorção da radiação ultravioleta é realizada somente pelo ozônio estratosférico, mas a retenção da energia infravermelha refletida pela superfície, também realizada por este gás pode ser desempenhada por outros componentes da atmosfera. (ANDRÉ, 2001; TAVARES, 2001; CONFORTE, 2004).

Assim sendo pode-se afirmar que tanto a redução da camada de ozônio quanto o aumento de gases responsáveis pelo efeito estufa estão alterando as trocas de energia no balanço térmico do planeta (ANDRÉ, 2001; TAVARES, 2001).

Qualquer alteração na composição termoquímica e na circulação atmosférica na troposfera, tropopausa e estratosfera resulta em padrões atmosféricos diversos nestas três camadas, já que a atmosfera é dinâmica e uma camada influencia direta ou indiretamente nas outras duas.

Neste contexto, a alteração termoquímica da atmosfera poderá trazer conseqüências como o aumento da temperatura média do planeta; alterações no regime de chuvas intensificando os fenômenos como secas, inundações, furacões e tempestades severas e desertificação; e a elevação do nível dos oceanos devido ao derretimento das geleiras e das calotas polares proporcionando que nas zonas costeiras, cidades que estiverem abaixo do nível do mar e algumas ilhas ficarão submersas; e ainda poderá ocorrer a mistura da água salgada dos oceanos com a água doce, diminuindo a quantidade de água potável disponível no planeta (TAVARES, 2001; IPCC, 2001b).

Outras conseqüências possíveis são as perdas de biodiversidade, aumento da incidência de doenças transmissíveis por mosquitos e outros vetores como a malária, febre amarela, dengue e esquistossomose, perda de áreas agriculturáveis com redução das safras, aumento de fluxos migratórios, entre outras (TAVARES, 2001; IPCC, 2001b).

É importante ressaltar que se deve ter cautela em afirmar que um evento natural catastrófico pode ser resultado das mudanças climáticas. Para tais afirmações são necessárias evidências científicas relevantes que confirmem a relação de causa e efeito. Há uma variabilidade natural no clima, e não necessariamente a sucessão dos tipos de tempo de um ano é similar a do ano anterior ou posterior. Ao serem analisados os eventos climáticos catastróficos devem-se considerar o ritmo, duração e gênese dos mesmos ao longo do tempo para a confirmação de uma possível mudança nos padrões climáticos.

Mudanças climáticas e eventos climáticos severos no Brasil: haverá alguma relação?

Para Christofolletti (1993, p.20), “*embora seja aparentemente óbvio, não custa salientar que a análise das mudanças climáticas constitui tema inerentemente geográfico*”. Desta forma, há necessidade de compreensão das várias alterações atuais na organização do espaço geográfico decorrentes das possíveis mudanças climáticas para o discernimento real tanto dos riscos como dos impactos ambientais, pois as conseqüências geográficas das mudanças climáticas são relevantes quando ocorrem alterações na organização espacial, seja no meio físico ou/e nos sistemas sócio-econômicos.

Nos estudos geográficos do clima são fundamentais as variações temporais e espaciais dos meteoros (precipitação, pressão, temperatura, umidade, ventos, massas de ar, entre outros), ou seja, compreender a gênese, ritmo e duração dos vários tipos de tempo em uma determinada região ao longo do tempo. As análises devem considerar sempre a integração destes meteoros, que irá caracterizar os sistemas atmosféricos (massas de ar e frentes) que os geraram. Desta forma, os estudos geográficos que envolvem as mudanças climáticas devem analisar possíveis alterações identificando as mudanças nos padrões ao longo dos anos em diferentes escalas espaciais. (ZAVATTINI, 2004)

Christofolletti (1993) afirma que as conseqüências geográficas ocorrem nas características e na estrutura da organização do espacial, permitindo mudanças nos fluxos de matéria e energia. As organizações espaciais são unidades ou indivíduos geográficos caracterizados pela estrutura e as relações entre elementos componentes, em uma determinada área da superfície terrestre. Os elementos componentes, no primeiro nível hierárquico, são compostos pela organização espacial do meio ambiente físico (geossistema) e pela organização espacial das atividades humanas (conjunto dos sistemas sócio-econômicos).

A ocorrência de alguns episódios alarmantes nos últimos anos, especialmente na América do Sul, chamou a atenção da comunidade científica, para a possibilidade dos efeitos diretos do aquecimento global.

No segundo semestre de 2005, a Bacia Amazônica passou por uma severa estiagem, considerada a mais intensa dos últimos 103 anos na região do Rio Negro, em Manaus, e no Acre, dos últimos 50 anos (pelos registros confiáveis). O cenário foi surpreendente para uma

região que possui mais de 20% da água doce do planeta. Mais de 250 mil pessoas dependentes dos recursos naturais da região sentiram diretamente os efeitos da estiagem nos Estados do Amazonas e do Pará. O nível dos rios baixou secando os igarapés e encalhando as embarcações em bancos de areia.

Ainda não há um consenso para explicar este episódio, alguns pesquisadores afirmam que a causa principal seria a intensificação de efeito estufa, já que ocorreu um aumento entre um a dois graus na temperatura das águas do Oceano Atlântico, próximo ao norte da América do Sul, causando uma grande concentração de chuvas no mar, proporcionando que movimento descendente do ar com pouca umidade nas regiões próximas, acarretou a diminuição da formação de nuvens na bacia amazônica. Para outros pesquisadores, as queimadas na região amazônica seriam responsáveis pela estiagem severa; outros ainda acreditam que as bordas da Floresta Amazônica se tornarão mais parecidas com savanas e alguns pesquisadores mais cautelosos avaliam que ainda não existem evidências suficientes para estabelecer uma relação direta deste evento e o aquecimento global.

Outro episódio relevante ocorreu na região de Campinas, no Estado de São Paulo (FIGURA 1). Cerca de 15 cidades foram atingidas por uma forte tempestade no dia 24 de maio de 2005. Neste dia, o município de Indaiatuba, localizado a 102 km de São Paulo, foi atingido por um tornado com ventos entre 251 km/h e 330 km/h, considerado F3, na escala Fujita.

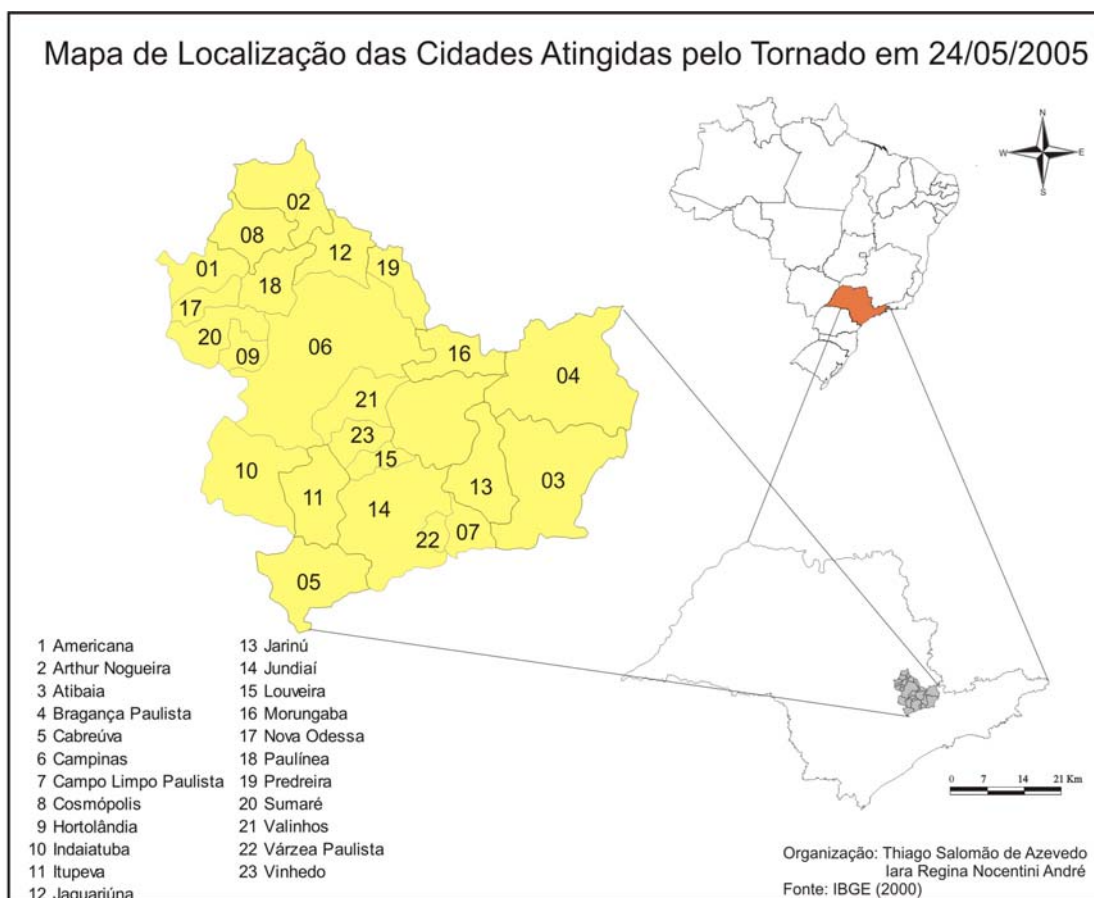


Figura 1: Localização das cidades atingidas pelo tornado em 24/05/2005
Organização: Thiago Salomão Azevedo e Iara Regina Nocentini André, 2006.

O registro de fenômeno (FIGURA 2) só foi possível devido a uma câmera de vídeo da Concessionária Colinas, instalada no km 47 da rodovia Santos Dumont (SP-75). Os prejuízos estimados foram em torno de R\$ 98 milhões, com destruição de indústrias, prédios municipais, três torres de transmissão de energia e pelo menos 400 residências.



Figura 2: Passagem do tornado em Indaiatuba (SP) em 24/05/2005
Fonte: www.apolo11.com/tornados.php?posic=dat_200505...,
acesso em 19 de abril de 2006.

Acredita-se que no mesmo dia, o município de Itatiba (84 km de São Paulo), também tenha sido atingido por um outro tornado, que arrancou duas casas e milhares de árvores, um carro foi arrastado por cerca de 15 metros, dois tombaram na rodovia que liga Itatiba a Bragança Paulista e 14 pessoas tiveram ferimentos sem gravidade.

Em Capivari (135 km de São Paulo), em função da tempestade e dos ventos fortes, 1.200 casas foram destelhadas, dezenas de árvores arrancadas e uma pessoa morreu atingida por destroços.

A ocorrência de tornados na América do Sul é rara, já que são registrados entre 10 e 15 dias por ano, quando surgem condições atmosféricas favoráveis (MARCELINO et al, 2003; MARCELINO, 2003). Algumas pesquisas já foram realizadas sobre estes eventos no Brasil, mas ainda não há um levantamento estatístico razoável sobre o fenômeno, que ocorre com mais frequência nos Estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Um fenômeno atmosférico inédito no Brasil foi registrado no litoral da região sul em março de 2004. Um furacão se desenvolveu no Oceano Atlântico, cerca de 1000km da costa da Região Sul do Brasil, de um vórtice ciclone extratropical para um tropical, entre os dias 22 a 28 de março de 2004 (FIGURA 3).



Figura 3 – Imagem do Satélite GOES-12 do Furacão Catarina cedida pelo CPTEC/INPE
Fonte: www.cptec.inpe.br; acesso em 20/02/2005

O ciclone se deslocou para a oeste, atingindo o sudeste de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul. Os ciclones extratropicais ocorrem ocasionalmente no Oceano Atlântico, ao sul da latitude de 20°S, na maioria dos casos estão associados com velocidade dos ventos acima de 60km/h, quando atingem a costa sul do Brasil. Este furacão causou prejuízo de R\$ 1 bilhão na região Sul do país com inúmeras construções, cerca de vinte mil residências, foram destruídas no litoral sul catarinense e litoral norte gaúcho (FIGURA 4). Os ventos atingiram cerca de 150km/h e ondas de 5 metros deixaram muitos municípios em estado de emergência, a rodovia BR-101 foi interditada e uma embarcação com seis tripulantes naufragou no Farol de Santa Marta (Laguna/SC), e outra em Itajaí, no dia 27 de março de 2004. A figura 3 mostra alguns estragos causados na passagem do Furacão Catarina no RS.



Figura 4- Fotos do dia 27/março de 2004, do Município de Torres (RS), após a passagem do Furação Catarina.

Fonte: www.defesacivil.rs.gov.br/comunicacao/noticia_view_html, acesso em 15 de dezembro de 2005

Sua formação teve origem numa perturbação que pareceu desprender-se de uma frente fria no Oceano Atlântico, e adquiriu em apenas dois dias características típicas de furacão (figura 2), com bandas de nuvens convergentes em espiral e um olho bem definido, além de um deslocamento de leste para oeste, um comportamento anômalo para movimentos ciclônicos na latitude onde se desenvolveu. Trata-se de um fenômeno inédito na costa brasileira que causou divergências entre especialistas, e o Centro Nacional de Furacões dos Estados Unidos classificou o Catarina como um furacão categoria 1 na Escala de Saffir-Simpson¹. Por ser um evento sem precedentes, há carência de estudos geográficos ligados a este tipo de fenômeno atmosférico no Brasil (MARTINS, 2004; MATTOS e SATYAMURTY, 2004).

As temperaturas da água do mar favorecem a formação dos ciclones tropicais, que são abundantes no atlântico norte, no sudoeste e noroeste do pacífico e no indico. Quando a temperatura é superior a 26,5°C, há a intensificação destes ciclones. Segundo Tavares (2001), Cavalcanti (1995) e Ramos da Silva (2004), não há correlação entre a elevação da temperatura acima de 26,5°C e o aumento da velocidade dos ventos ou o declínio da pressão, entretanto os ciclones mais destruidores têm ocorrido com temperaturas da água do mar entre 28° e 29°C. Conforme o efeito estufa tem proporcionado o aquecimento dos

¹ **Categoria 1-**Poucos danos: ventos de 118 a 152 km/h. Pressão barométrica mínima igual ou superior a 980 milibares. Consequências: as árvores, os arbustos e os trailers serão arrastados se não forem amarrados a algum lugar seguro. Outros tipos de construções serão atingidas de forma mais amena. Destruição parcial ou total de letreiros e anúncios mal instalados. Sequência de ondas com altura de 1 a 1,5 m acima do normal. Inundação de ruas e estradas próximas à costa. Poucos danos em ancoradouros. As embarcações pequenas têm suas amarras rompidas.

oceanos, estes eventos poderão ficar mais constante em áreas já atingidas e surgirem em lugares ainda isentos dele.

Desta forma, estudos de episódios como estes e sua possível associação com o aquecimento global, caracterizando sua gênese, desenvolvimento e dissipação, os riscos e impactos ambientais serão de suma importância e contribuição dos estudos geográficos para a comunidade científica e para a sociedade.

É indiscutível que a ocorrência de fenômenos desta natureza pode desencadear diferentes tipo de eventos atmosféricos potencialmente danosos; e um dos principais agentes para a sua formação certamente são as condições atmosféricas.

Neste contexto, serão de grande importância à interpretação dos dados quantitativos e qualitativos relacionados às perdas e prejuízos no contexto ambiental e sócio econômico. Além de responder a algumas questões como: Quais são as relações entre os episódios atmosféricos, o meio ambiente físico e sócio-econômico e a magnitude dos riscos ambientais associados? Quais as áreas de maior probabilidade de ocorrência dos fenômenos e os riscos e impactos decorrentes? Estariam relacionados às alterações globais do clima ou não? Para tais afirmações será necessário que pesquisas científicas sejam intensificadas para mostram que podem estar ocorrendo possíveis alterações nos padrões climáticos em certas regiões.

A maioria dos episódios não ocorre de forma isolada no espaço, e sim associado a outros parâmetros geográficos que contribuem para sua formação e/ou intensificação. Assim, o estudo geográfico dos fenômenos pode revelar informações imprescindíveis para um amplo entendimento dos processos que contribuíram para a sua gênese e desenvolvimento e suas relações com os aspectos físicos e humanos pertinentes aos riscos e impactos ambientais.

Referências Bibliográficas:

ANDRÉ, I.R.N.; ZAVATINI, J. A. Alterações na camada de ozônio nas medias e altas latitudes da América do Sul causadas pelo buraco antártico. Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 3, 1988 **Anais...** Salvador, UFBA, 1998.

ANDRÉ, I.R.N. **Análise Geográfica da Variabilidade do ozônio estratosférico nas altas e medias latitudes da América do Sul e no setor oriental da Antártida na primavera de 1979-1992 e as relações com a dinâmica atmosférica de 11 a 20 de outubro de 2000**, 2001. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Rio Claro.

CAVALCANTI, I. F. A. **Ciclones extratropicais**, IV Curso de interpretação de imagens e análises meteorológicas, UNIVAP, São José dos Campos, 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. Implicações geográficas relacionadas com as mudanças climáticas, **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, p. 18-31, 1993.

CONFORTE, J. C.; ANDRE, I. R. N. ; FERREIRA, N. J. . Variabilidade das múltiplas escalas temporal do conteúdo total de ozônio na América do Sul: Análise preliminar. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1.; 2004, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza, 2004. CD-ROM.

HOUGHTON, J. T. et al. (Eds.). **Intergovernmental panel on climate change (IPCC) Climate Change 2001: the scientific basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001a.

MAC CARTHY, J. J., et al. (Eds.). **Intergovernmental panel on climate change (IPCC). Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001b.

MARCELINO, I. P. V.; FERREIRA, N. J.; CONFORTE, J. C. . Análise do episódio de tornado ocorrido no dia 07/02/98 no município de Abdon Batista-SC. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, Belo Horizonte. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos : **Anais...** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. CD-ROM

MARCELINO, I. P. V. **Análise episódica de tornados em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados**. 2003. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

MARTINS, M. et al. Comportamento da Pressão Atmosférica e do Vento Máximo no Episódio Catarina: Resultados Preliminares In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1; 2004, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza, 2004. CD-ROM

MATTOS, L.F.; SATYAMURTY, P. Catarina: Um Sistema Meteorológico Raro no Litoral Brasileiro, In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1.; 2004, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza, 2004. CD-ROM.

RAMOS DA SILVA, R. et al. Impactos da Temperatura da Superfície do Mar no Ciclone Catarina In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1.; 2004, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza, 2004. CD-ROM

TAVARES, A.C. **Variabilidade e Mudanças Climáticas**, 2001. Tese (Livre Docência). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alínea, 2004.