

Um Diálogo Interdisciplinar sobre Mudanças Globais

Eliezer Martins Diniz (editor)



Texto disponível em www.iea.usp.br/artigos

As opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade do autor, não refletindo necessariamente as posições do IEA/USP.

UM DIÁLOGO INTERDISCIPLINAR SOBRE MUDANÇAS GLOBAIS

Eliezer Martins Diniz (editor)¹

Introdução

O presente livro consiste em uma síntese de tudo o que foi tratado durante a II Conferência Regional sobre Mudanças Globais – América do Sul. Sendo um tema vasto e de caráter interdisciplinar, o leitor verá por si mesmo que o leque de áreas do conhecimento envolvidas com mudanças globais é amplo, indo desde a meteorologia até a medicina e a economia. Nesta seção são elencados os objetivos da conferência e como ela foi organizada. Na seção seguinte está um Sumário Executivo, em que são relatadas as conclusões principais do evento relacionadas às áreas de política ambiental e econômica. No restante do livro, há um resumo de todas as conferências realizadas e das mesas-redondas e seus debates, todas agrupadas por temas. Tomamos o cuidado de inserir notas de rodapé em que são discutidos conceitos não explicitados pelos expositores, tomando como fontes desde livros acadêmicos a sítios especializados da internet (consultados entre novembro de 2005 e janeiro de 2006). Acreditamos que o leitor irá tirar proveito de todas as exposições, seja para refinar seus conhecimentos e verificar os tópicos de pesquisa atuais, seja para iniciar-se na área.

Seguem aqui nossos agradecimentos àqueles que contribuíram para a realização do evento e seu sucesso (instituições apoiadoras, patrocinadores, comitê executivo, comitê científico e demais envolvidos). A comunidade científica é sempre beneficiada quando a realização de eventos científicos é possibilitada, principalmente quando o conhecimento pode ser divulgado também à população como um todo.

Histórico

Experimentos científicos regionais são idealizados e realizados na América do Sul visando uma melhor compreensão do impacto das perturbações ambientais de origem antrópica na escala regional e global da hidrosfera, biosfera e geosfera. Este esforço mobiliza uma parcela substancial da comunidade científica, em equipes interdisciplinares e com expressivos recursos a fim de gerar o conhecimento necessário para a compreensão do funcionamento do sistema climático, ecológico, biogeoquímico e hidrológico dos ecossistemas na América do Sul, incluindo os impactos da mudança do uso do solo que ocorrem de forma extremamente rápida.

A transição entre a expansão descontrolada para o desenvolvimento sustentável é uma tarefa difícil para os países da região sul-americana. Parte da dificuldade é de origem científica, pois:

1. o presente nível de conhecimento científico das ciências ambientais é freqüentemente precário, fragmentado e incompleto;

¹ Eliezer Martins Diniz, editor do documento, é professor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (Fearp) da USP. Atuaram como relatores: Daniela Bacchi Bartholomeu e Marcelo Theoto Rocha, ambos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq) da USP, e Luís Lacerda Aímola, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) da USP.

2. não existem soluções simples para as importantes questões ambientais, e a eficiência das que são propostas é, freqüentemente, questionável.

Frente a este quadro, e reconhecendo que é preciso avaliar o provável impacto das Mudanças Globais na América do Sul, a II Conferência Regional sobre Mudanças Globais foi idealizada com os seguintes objetivos:

1. discutir o progresso e incertezas no estudo das causas, magnitude e conseqüências das mudanças globais e vulnerabilidade à mudança global, incluindo a percepção da sociedade com relação aos problemas ambientais advindos das mudanças globais;
2. congregar cientistas e profissionais de áreas relacionadas com as pesquisas sobre as mudanças globais em um evento internacional e interdisciplinar, a fim de apresentar um balanço das atividades sobre a América do Sul do IGBP (Programa Internacional da Biosfera e Geosfera) e do IAI (Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais);
3. reunir conhecimento científico e sugestões para futuras ações dos Comitês Nacionais, órgãos governamentais e organizações não-governamentais dos países sul-americanos em questões associadas às mudanças globais.

Principais Temas

- a. Variabilidade e Mudanças Climáticas: Passado, Presente e Cenários Futuros.
- b. Modelagem do Clima Regional e da Evolução dos Ecossistemas.
- c. Mudança Climática Regional e Ecossistemas Terrestres e Aquáticos.
- d. Mudanças Globais e Relações Internacionais.
- e. Mudanças Globais e a Percepção da Sociedade.
- f. Saúde e Mudanças Globais.
- g. Mudanças Globais e o Sistema Agroalimentar.
- h. Mudanças Globais e Impactos na Energia e no Gerenciamento da Água.
- i. Aspectos Econômicos das Mudanças Globais.

Data e horário

6 a 10 de novembro de 2005, com a seguinte grade de distribuição de horários:

06 novembro 2005

18h00	Abertura oficial
19h00	Aula magna (Conferência 1)
21h00	Apresentação do Coral USP ou Orquestra de Câmara da USP
22h00	Coquetel

07, 08 e 09 novembro 2005

10h00 – 11h00	Conferências 2 (7/11), 4 (8/11) e 6 (9/11)
11h00 – 11h30	Debates
11h30 – 12h30	Conferências 3 (7/11), 5 (8/11) e 7 (9/11)
12h30 – 13h00	Debates
13h00 – 13h30	Apresentação de estudos de caso pelos patrocinadores
13h30 – 14h30	Almoço
14h30 – 16h00	Plantão dos Painéis
16h00 – 18h00	Mesas redondas 1, 2, 3 (7/11), 4, 5, 6 (8/11), 7, 8 e 9 (9/11)

18h00 – 19h00	Debates
19h00 – 19h30	Apresentação de instituições apoiadoras

10 novembro 2005

10h00 – 11h00	Conferência 8
11h00 – 11h30	Debates
11h30 – 12h30	Conferência 9
12h30 – 13h00	Debates
13h00 – 14h00	Plenária para apresentação das conclusões e recomendações do evento; Encerramento

Houve uma área de exposição científica abrangendo os painéis de todos os inscritos e outra onde tivemos os estandes dos patrocinadores e dos demais interessados em divulgar produtos e serviços aos participantes do evento.

Instituições Apoiadoras

Academia Brasileira de Ciências

Centro Clima da UFRJ

Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas

Fórum Paulista de Mudanças Climáticas e Biodiversidade

Grupo de Mudanças Globais da UNICAMP

Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI

Instituto Internacional de Ecologia

Instituto Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da USP

Pró-Reitoria de Cultura e Extensão da USP

Pró-Reitoria de Pesquisa da USP

Comitê Executivo

Pedro Leite da Silva Dias – IEA/USP e IAG/USP

Wagner Costa Ribeiro – FFLCH/USP

Luci Hidalgo Nunes – IGc/UNICAMP

Comitê Científico

Aldo Rebouças – IEA/USP

Carlos Afonso Nobre – CPTEC/INPE

Cristiane Derani – UNISANTOS/UEA

Eliezer Martins Diniz – FEA-RP/USP

Emílio Lebre La Rovere – Centro Clima/UFRJ

Fábio Feldmann – FPMC

Hilton Silveira Pinto – Cepagri/UNICAMP

Ilana Wainer – IO/USP

João Steiner – IEA/SP

José Galizia Tundisi – IIE

José Goldemberg – Secretaria Meio Ambiente São Paulo

Luiz Gylvan Meira Filho – IEA/USP

Luiz Pinguelli Rosa – FBMC

Reynaldo Victória – CENA/USP

Wanda Maria R. Gunther – FSP/USP

Waldir Mantovani – IB/USP e PROCAM/USP

Representante da ABC

Representante do IAI

Representante do IPT/SP

Realização

Instituto de Estudos Avançados da USP (IEA/USP)

Patrocinadores

BNDES

FAPESP

CNPq

CAPES

FINEP

Ministério da Ciência e Tecnologia

Ministério do Meio Ambiente

Empresas e Instituições Privadas

SUMÁRIO EXECUTIVO

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO EVENTO

1. Reconhece-se que todos os países possuem responsabilidades comuns mas diferenciadas em relação à mudança do clima. Consta-se que os países em desenvolvimento, apesar de sua contribuição histórica menor em termos relativos, mas levando em conta sua contribuição atual expressiva em alguns casos, deverão em futuros protocolos assumir voluntariamente ou de forma compulsória compromissos quantificados de limitação e redução de emissões.
2. Consta-se a necessidade de estudos mais detalhados relativos à biogeosfera, bem como a integração das ciências humanas às análises existentes. Tais estudos devem aprofundar o conhecimento sobre o problema das mudanças globais, diminuir a incerteza inerente a esse tipo de enfoque, e encontrar recomendações factíveis acerca de políticas ambientais e econômicas. Além disso, os estudos devem subsidiar estratégias de negociação para protocolos ante os pleitos dos demais países em desenvolvimento e dos países industrializados e em transição. Para isso, reconhece-se a necessidade de linhas específicas de financiamento à pesquisa sobre mudanças globais, em especial no tocante a mudanças climáticas, por parte das agências de fomento à pesquisa de cada país e das agências internacionais.
3. É necessário gerar capacitação a fim de produzir mais cenários, dada a incerteza inerente às análises da área de mudanças globais.
4. Deve-se procurar uma maior integração com outros temas do desenvolvimento sustentável, em particular a biodiversidade. As ações devem ser integradas. Os diversos protocolos devem ter ações compatíveis, evitando compromissos conflitantes.
5. É necessário que haja cooperação técnica internacional, formação de recursos humanos para pesquisa e intercâmbio de pesquisadores, tanto no plano latino-americano quanto em nível mundial.
6. Recomenda-se que a experiência do LBA venha a inspirar iniciativas em outros ecossistemas.
7. Recomenda-se uma divulgação científica dos principais resultados das pesquisas, utilizando uma linguagem apropriada para atingir o grande público.
8. É necessário levar em conta o critério social em projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, além das dimensões normalmente consideradas, a saber a econômica e a ambiental. Em particular, a razão custo-efetividade não deve ser o único

indicador a subsidiar as decisões. No entanto, reconhece-se que os projetos em geral não terão um desempenho igualmente bom em todas as dimensões mencionadas.

9. Deve-se pensar na possibilidade do país fomentar mecanismos diretos de transferência de tecnologia por meio de incentivos econômicos adequados, não ficando restrito apenas aos mecanismos de flexibilização.
10. É necessário reconhecer que ações mitigadoras das conseqüências das mudanças globais devem contemplar os grupos socialmente menos favorecidos, historicamente afetados por uma distribuição de renda concentrada e pela pobreza, os quais serão afetados em maior escala.
11. Deve-se procurar elaborar estudos com previsões para o curto prazo, apesar de se reconhecer que o fenômeno do aquecimento global é de longo prazo.
12. Deve-se procurar antecipar os efeitos da mudança climática sobre o perfil da agricultura de cada país, antecipando as alterações e suas possíveis conseqüências sobre a composição setorial do produto e a renda per capita de cada região. Deve-se contemplar medidas de adaptação, se for o caso.
13. Deve-se procurar antecipar os efeitos da mudança climática sobre as doenças regionais que afetam o homem e pragas que atacam as plantas. Em cada caso, deve-se buscar antecipar a solução para os problemas em potencial, seja por meio de medicamentos, seja por variedades mais resistentes de plantas, ou por outras soluções não contempladas neste documento.

**VARIABILIDADE E MUDANÇAS
CLIMÁTICAS: PASSADO, PRESENTE E
CENÁRIOS FUTUROS**

Conferência 1:

IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF THE LIVING EARTH (THE CHALLENGES FOR THE NEXT DECADE OF IGBP SCIENCE)

Carlos Afonso Nobre

International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) e CPTEC/INPE

A conferência de abertura da II Conferência Regional sobre Mudanças Globais foi proferida pelo recém eleito presidente do International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), o Dr. Carlos Afonso Nobre. Ela enfocou os seguintes tópicos:

- Os maiores marcos na pesquisa do Sistema Terrestre
- A Terra como um sistema complexo
- O novo IGBP
- O Earth Science System Partnership
- Desafios para o futuro
- Condução do Sistema Terrestre

O Dr. Nobre buscou salientar durante sua exposição o papel da pesquisa científica em países em desenvolvimento, em especial o papel da ciência das mudanças ambientais globais.

Resumo dos principais pontos apresentados e debatidos

Para compreender adequadamente as mudanças ambientais globais torna-se necessário a utilização de um leque bastante amplo de disciplinas (físicas, biológicas e humanas). No enfoque tradicional, estas disciplinas são utilizadas para estudar os diferentes problemas de forma isolada e em profundidade. Seria como se estivéssemos diante de um enorme quebra-cabeça e que para se ter uma visão geral do Sistema Terrestre fosse necessário separar as peças e estudá-las isoladamente. Este enfoque têm-se mostrado falho, uma vez que muitas das peças do quebra-cabeça estão faltando e outras carecem de detalhes. O Sistema Terrestre e as mudanças ambientais globais exigem um enfoque sistêmico, levando em consideração todos os seus componentes, assim como todas as interações entre estes componentes: atmosfera, oceanos, superfície terrestre, criosfera e o homem.

Os maiores marcos na pesquisa do Sistema Terrestre

Desde a primeira previsão climática², passando pelo precursor Wladimir I. Vernadsky³, houve uma série de marcos na pesquisa do Sistema Terrestre: nas décadas de 1940 e 1950, o desenvolvimento de previsões numéricas de tempo (Smagorinski, Charney, von Neumann); nas décadas de 1950 e 1960, o desenvolvimento dos primeiros modelos climáticos (Manabe); em 1957, o lançamento da Sputnik; e, em 1969, a primeira foto da Terra feita do espaço (Apollo).

Merecem destaque as descobertas que colocaram os oceanos como um componente dinâmico do Sistema Terrestre: a correia transportadora oceânica (W. Broecker); a

² Svante August Arrhenius (1859-1927) calculou, em 1896, que a temperatura da superfície do planeta poderia aumentar em aproximadamente 5°C em função da duplicação da concentração de dióxido de carbono.

³ Nas palavras de Vernadsky: “The biosphere is a unique region of the Earth’s crust occupied by life. There are no stronger chemical forces at the earth surface [...] than living organisms taken in their totality”.

circulação termoalina (W. Munk); a ventilação em oceanos profundos (H. Stommel and P. Rhines); e a bomba biológica de carbono. Cabe ressaltar que estudos de Cubasch et al. (2001)⁴ já mostram alterações na força da Circulação Meridional do Atlântico Norte em função do aumento dos gases de efeito-estufa.

Descobertas importantes também ajudaram a compreender o papel da biosfera no Sistema Terrestre: a identificação dos ecossistemas terrestres como sumidouros de dióxido de carbono (Keeling, Sr & Jr., Tans); a importância da resposta do albedo da vegetação (Charney); o papel da biosfera no controle da decomposição química da atmosfera natural; e a importância das grandes queimadas naturais.

Já em relação à atmosfera, ficou cada vez mais claro o seu papel de “canário de mina” em relação às mudanças globais, graças aos estudos: do aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono (D. Keeling); da destruição do ozônio estratosférico e do buraco na camada de ozônio na Antártica (Crutzen, Molina, Rowland); da oxidação potencial da atmosfera; e dos radicais hidroxilo OH e do ozônio troposférico como poluentes globais (Levy, Weinstock, Crutzen).

A Terra passou a ser vista como um sistema não linear. Esta não linearidade pôde ser comprovada através de várias evidências: o núcleo de gelo de Vostok⁵ (Oeschger, Lorius); os ciclos de Dansgaard-Oeschger⁶; a hipótese de CLAW⁷ (R. Charlson, J. Lovelock, M. Andreae e S. Warren); os atratores de Lorenz⁸; a importância do ciclo do carbono (B. Bolin, R. Revelle); e, a fertilização por ferro⁹ (J. Martin).

Por fim, a história mostra que o clima, a dinâmica dos oceanos, os ecossistemas terrestres e o ciclo de carbono são um único sistema interligado. Nos últimos 150 anos, o homem tem provocado fortes perturbações em algumas das variáveis. Como o sistema irá responder?

⁴ CUBASCH, U.; MEEHL, G. A.; BOER, G.G.; STOUFFER, R. J.; DIX, M.; NODA, A.; SENIOR, C. A.; RAPER S.; YAP, K. S. 2001: Projections of future climate change. In: HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. I., eds. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

⁵ N. do E.: Existem evidências de que haja uma grande correlação entre a concentração de dióxido de carbono na atmosfera e as flutuações climáticas no longo prazo. Por meio das variações na concentração de dióxido de carbono contidas nas bolhas de ar das camadas de gelo, por exemplo, pode-se reconstruir as variações de temperaturas de até 420.000 anos atrás. Essa relação pode ser ilustrada pela camada de gelo de Vostok, no leste da Antártida. Para uma discussão, veja Petit, J.R., J. Jouzel, D. Raynaud, N.I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Benders, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delayque, M. Delmotte, V.M. Kotlyakov, M. Legrand, V.Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Pépin, C. Ritz, E. Saltzman, and M. Stievenard (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399: 429-436.

⁶ N. do E.: As oscilações de temperatura em termos de milhares de anos são chamadas de ciclos de Dansgaard-Oeschger, em homenagem a Willi Dansgaard e Hans Oeschger.

⁷ N. do E.: A hipótese CLAW (em homenagem aos sobrenomes dos autores) é a de que, se uma mudança na temperatura da Terra ocorre (através do aquecimento global, por exemplo) então o fitoplâncton responde para reduzir esta mudança. Veja R. Charlson, J. Lovelock, M. Andreae and S. Warren (1987). Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. *Nature*, 326, 655-661.

⁸ N. do E.: Um atrator é um conjunto em um sistema dinâmico caótico em que todas as órbitas suficientemente próximas convergem para ele. Para uma introdução, veja DEVANEY, Robert L. Fractal patterns arising in chaotic dynamical systems. In: PEITGEN, Heinz-Otto; SAUPE, Dietmar, eds. *The Science of Fractal Images*. New York: Springer-Verlag, 1988. Para uma discussão específica do atrator de Lorenz e algumas aplicações em Economia, veja o capítulo 5 de LORENZ, Hans-Walter. *Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion – Second Edition*. Berlin: Springer-Verlag, 1993.

⁹ N. do E.: O processo de fertilização por ferro consiste em uma maior produção de pó rico em ferro elevando a produtividade marinha, o que aumenta a absorção de carbono nas águas da superfície e o fluxo de carbono subsequente para o oceano profundo, diminuindo dessa forma o dióxido de carbono na atmosfera. Veja J. Martin (1990). Glacial-interglacial CO₂ change: The iron hypothesis, *Paleoceanography*, 5(1), 1-13.

A Terra como um sistema complexo

Em sistemas não lineares complexos pequenas ações podem, no longo prazo, causar mudanças de larga escala. Estas mudanças podem ser abruptas, devastadoras, supreendentes e não manejáveis.

De acordo com Steffen et al. (2003)¹⁰, a Terra está operando em um estágio sem precedentes. Em relação aos principais parâmetros ambientais, observa-se recentemente no Sistema Terrestre valores fora do intervalo de variabilidade natural observado pelo menos no último meio milhão de anos. A natureza das mudanças que agora ocorrem simultaneamente no Sistema Terrestre, suas magnitudes e as taxas de mudança não possuem precedentes.

As variáveis sócio-econômicas (população, PIB, investimentos estrangeiros diretos, uso da água, consumo de fertilizantes, consumo de papel, número de veículos, entre outras) aumentaram consideravelmente nos últimos anos e levaram a alterações na atmosfera, nos oceanos e na terra (aumento da concentração de dióxido de carbono, óxido nitroso e metano, destruição do ozônio, aumento da temperatura, aumento da frequência dos desastres naturais, perda de ecossistemas, aumento do número de espécies em extinção, entre outras).

Diante disto, vários desafios de pesquisa são colocados para a próxima década:

1. Quão perigoso é o experimento humano não planejado com o funcionamento do Sistema Terrestre?
2. Quais são os distúrbios antropogênicos e as perturbações que impactam o Sistema Terrestre?
3. Quais são os elementos e funções vitais do Sistema Terrestre que podem ser atualmente transformados pela ação do homem?
4. Quais são os domínios acessíveis (para o homem) mas intoleráveis no Sistema Terrestre?

O novo IGBP

O IGBP é um programa de pesquisa científica internacional sobre mudanças globais. Seus objetivos são:

- Descrever e compreender as dinâmicas do Sistema Terrestre;
- Focar na interatividade dos processos biológico, químico e físico;
- Focar nas mudanças que estão ocorrendo nestas dinâmicas; e,
- Focar no papel das atividades humanas nestas mudanças.

A síntese do IGBP é:

- Os processos biológicos desempenham hoje um papel muito mais importante no funcionamento do Sistema Terrestre do que foi imaginado anteriormente;
- Mudanças globais vão além das mudanças climáticas. São reais, estão ocorrendo agora e estão se acelerando;
- A dinâmica da Terra é caracterizada por pontos críticos e mudanças abruptas;
- Atividades humanas provocam efeitos múltiplos e interativos que repercutem através do Sistema Terrestre de forma complexa e com potenciais consequências catastróficas; e,
- A Terra está operando atualmente em um estágio sem precedentes.

O IGBP nos próximos 10 anos tem como missão gerar conhecimento científico para aumentar a sustentabilidade da Terra. O IGBP irá estudar especificamente as

¹⁰ STEFFEN, W.; SANDERSON, A.; TYSON, P.; JÄGER, J.; MATSON, P.; MOORE, B. III; OLDFIELD, F.; RICHARDSON, K.; SCHELLNHUBER, H. J.; TURNER, B. L. II; WASSON, R. J. *Global change and the earth system: a planet under pressure*. Berlin: Springer-Verlag, 2003. (Global change – the IGBP Series)

interações entre os processos biológico, químico, físico e os sistemas humanos. Irá colaborar com outros programas para gerar o conhecimento necessário a fim de responder às mudanças ambientais.

As características do IGBP II serão:

- Mais interativo e interdisciplinar;
- Focado em mudanças globais e não em mudanças climáticas;
- Fortemente baseado nas ciências bio-geoquímicas;
- Maior ênfase em aspectos de preocupação social;
- Maior ênfase na escala regional;
- Parcerias estratégicas através do Earth System Science Partnership (ESSP)

Para tanto o IGBP irá utilizar de uma rede de instituições e programas: iLEAPS¹¹, CACGP¹², IGAC¹³, SOLAS¹⁴, WCRP¹⁵, PAGES¹⁶, IHDP¹⁷, Global Land Project¹⁸, LUCC¹⁹, LOICZ²⁰, GLOBEC²¹, IMBER²² e AIMES²³.

¹¹ N. do R.: “iLEAPS, the Integrated Land Ecosystem – Atmosphere Processes Study is the 10 year land-atmosphere core project of the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). The scientific goal of iLEAPS is to provide understanding how interacting physical, chemical and biological processes transport and transform energy and matter through the land-atmosphere interface. The project studies interactions and feedbacks from the cell level to global scale. Times scales range from diurnal to centennial, past to future. iLEAPS encourages international and crossdisciplinary collaboration, particularly involving scientists from the developing countries.” (www.atm.helsinki.fi/ILEAPS/)

¹² N. do R.: Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution (<http://croc.gsfc.nasa.gov/cacgp/>)

¹³ N. do R.: “The International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project, under joint sponsorship of the Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution (CACGP) of the International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS) and the International Geosphere- Biosphere Programme (IGBP), was created in the late 1980s to address growing international concerns over rapid changes observed in Earth's atmosphere.” (<http://www.igac.noaa.gov/>)

¹⁴ N. do E.: “SOLAS (Surface Ocean - Lower Atmosphere Study) is a new international research initiative that has as its goal "To achieve quantitative understanding of the key biogeochemical-physical interactions and feedbacks between the ocean and atmosphere, and of how this coupled system affects and is affected by climate and environmental change." (<http://www.uea.ac.uk/env/solas/>)

¹⁵ N. do R.: “The World Climate Research Programme (WCRP) was established in 1980, under the joint sponsorship of International Council for Science (ICSU) and the World Meteorological Organization (WMO), and has also been sponsored by the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO since 1993. The objectives of the programme are to develop the fundamental scientific understanding of the physical climate system and climate processes needed to determine to what extent climate can be predicted and the extent of human influence on climate.” (<http://www.wmo.ch/web/wcrp/wcrp-home.html>)

¹⁶ N. do R.: “PAGES (Past Global Changes) supports research aimed at understanding the Earth's past environment in order to make predictions for the future.” (<http://www.pages.unibe.ch/>)

¹⁷ N. do R.: “The International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP) is an international, interdisciplinary, non-governmental science programme dedicated to promoting, catalyzing and coordinating research on the human dimensions of global environmental change.” (<http://ihdp.org/>)

¹⁸ N. do R.: “The Global Land Project is a proposed joint research project for land systems for the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) and the International Human Dimensions Programme (IHDP).” (<http://www.glp.colostate.edu/>)

¹⁹ N. do R.: “The Land Use and Land Cover Change (LUCC) Project is a Programme Element of the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) and the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP). This Core Project is an interdisciplinary programme aimed at improving the understanding of the land use and land cover change dynamics and their relationships with the global environmental change.” (<http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/lucc.html>)

²⁰ N. do R.: “Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone - LOICZ is engaging in research to inform the scientific community, policymakers, managers and stakeholders on the relevance of global environmental change in the coastal zone.” (<http://www.loicz.org/>)

²¹ N. do R.: “GLOBEC (Global Ocean Ecosystem Dynamics) was initiated by SCOR and the IOC of UNESCO in 1991, to understand how global change will affect the abundance, diversity and productivity of marine populations comprising a major component of oceanic ecosystems.” (<http://www.pml.ac.uk/globec/>)

Earth Science System Partnership (ESSP)

O ESSP é um estudo integrado do Sistema Terrestre que foca as mudanças ocorridas no Sistema e as implicações para a sustentabilidade global. Os projetos do ESSP:

- Enfocam aspectos críticos da sustentabilidade global que dependem fortemente das dinâmicas do Sistema Terrestre;
- São orientados por questões científicas relacionadas à mudanças globais;
- Desenvolvem um arcabouço para a integração das contribuições das pesquisas existentes (DIVERSITAS²⁴, IGBP, IHDP e WCRP);
- Desenvolvem parcerias com organizações que trabalham com as consequências das mudanças globais para questões de sustentabilidade.

As questões que o ESSP procurará responder são:

A) Relacionadas ao Ciclo do Carbono:

- Padrões e variabilidade: quais são os padrões geográficos e temporais das fontes e sumidouros de carbono?
- Processos, controles e interações: quais são os controles e mecanismos de respostas - naturais e antropogênicos – que determinam as dinâmicas do ciclo do carbono em diferentes escalas temporais?
- Manejo do ciclo de carbono: quais são as dinâmicas futuras do sistema carbono-clima e quais são os pontos de intervenção e as janelas de oportunidades para manejo do sistema?

B) Relacionadas aos Recursos Hídricos:

- Quais são as magnitudes relativas de mudanças no sistema hídrico global decorrentes das atividades humanas e fatores ambientais?
- Quais são as respostas sociais e do Sistema Terrestre para as mudanças humanas no sistema hídrico global?
- Em que extensão o sistema hídrico global é resiliente e adaptável às mudanças globais?

C) Relacionadas à Disponibilidade de Alimentos:

- Como as mudanças ambientais globais irão afetar a disponibilidade de alimentos e sua vulnerabilidade?
- Como a sociedade e os produtores de alimentos podem adaptar seus sistemas para lidar com as mudanças ambientais globais?
- Quais devem ser as consequências ambientais e socioeconômicas de tais adaptações?

²² N. do R.: “The Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research (IMBER) project is an international and multi-disciplinary activity jointly sponsored by the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) and the Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR). The IMBER project goal is: To understand how interactions between marine biogeochemical cycles and ecosystems respond to and force global change.” (<http://www.imber.info>)

²³ N. do R.: “Analysis, Integration and Modeling of the Earth System (AIMES) is the new Earth System synthesis and integration project of the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). It builds on the foundation of the Global Analysis, Integration and Modeling (GAIM) task force. The challenge for AIMES is to achieve a deeper and more quantitative understanding of the role of human perturbations to the Earth’s biogeochemical cycles and their interactions with the coupled physical climate system.” (<http://www.aimes.ucar.edu/>)

²⁴ N. do E.: “The DIVERSITAS Programme is a partnership of inter-governmental and non-governmental organisations formed to promote, facilitate and catalyse scientific research on biodiversity – its origin, composition, ecosystem function, maintenance and conservation. The goal of DIVERSITAS is to provide accurate scientific information and predictive models of the status of biodiversity, to find ways to support a more sustainable use of the Earth’s biotic resources, and to build a world-wide capacity for biodiversity science.” (<http://www.diversitas-international.org/>)

D) Relacionadas à Saúde Humana (em desenvolvimento):

- Determinar o passado, presente e futuro dos impactos na saúde das mudanças ambientais globais
- Enriquecer a discussão de políticas sobre mitigação e adaptação do ponto de vista da perspectiva da saúde humana.

Desafios para o futuro

Os principais desafios de pesquisa para o futuro são:

1. Qual é o papel da biologia no funcionamento do Sistema Terrestre?
2. Quão importante é a química e a biologia no funcionamento do Sistema Terrestre?
3. Como as sociedades podem compreender, antecipar e se adaptar para os impactos múltiplos?
4. As atividades humanas podem inadvertidamente ocasionar mudanças abruptas no Sistema Terrestre? Caso afirmativo, quais são as conseqüências?

Para responder a estas perguntas será necessário aumentar a capacidade de observação e monitoramento das mudanças globais. Atualmente, observações de várias plataformas (NSF/NCAR C-130, MISR, Navy/CIRPAS Twin Otter, Kosan, Korea, NOAA R/V Ronald H. Brown, JAMSTEC R/V Mirai, entre outras) são coordenadas para conectar a superfície do planeta. Será necessário também aumentar o entendimento, a inovação e a modelagem. Em relação à modelagem, avanços significativos são observados, desde o ENIAC até os supercomputadores para a simulação terrestre (Simulated Leaf Area Index; JSBACH & ECHAM5; Effects of Biomass Burning Aerosol in Amazonia: direct radiative effect; entre outros).

A modelagem do Sistema Terrestre deve utilizar ferramentas que reconheçam que as interações entre as partes do sistema levam a novas estruturas e à auto-organização. Será necessário uma estrutura de modelagem aberta, aonde diferentes módulos podem ser adaptados e diferentes conceitos podem ser testados. O desenvolvimento de modelos deverá envolver as partes interessadas, pois assim estas poderão compreender conceitos e incertezas.

Acima de tudo é preciso introduzir as dinâmicas humanas. O Sistema Terrestre precisa ser visto como um sistema único cujas interações entre os sistemas social e o natural desempenham um papel fundamental. As comunidades de pesquisadores envolvidas devem buscar uma linguagem comum.

Condução do Sistema Terrestre

As mudanças causadas pelo homem estão levando o Sistema Terrestre para uma “terra desconhecida”. As opções de manejo incluem desde a simples ignorância, precaução máxima, precaução jurídica e regulação sistemática. Modelos do Sistema Terrestre podem auxiliar na escolha entre as opções.

Vários sinais já vêm sendo dados: enchentes no leste da Europa em 2003, ondas de calor no oeste da Europa em 2004, fenômenos climáticos extremos e não esperados no litoral sul do Brasil (Furacão Catarina), números extremos de furacões no Atlântico Norte (entre eles o Furacão Katrina), seca na Amazônia, entre outros.

Diante destes sinais algumas questões se colocam para a Ciência:

1. Será que as pesquisas recentes afastaram a comunidade científica da resposta a questões mais relevantes do ponto de vista de políticas públicas, tais como estratégias de adaptação e seus limites, redução da vulnerabilidade, manejo de ecossistemas, decarbonização do sistema energético, etc.?
2. Como as decisões podem ser tomadas em um mundo de incertezas científicas?

3. Como as pesquisas das mudanças ambientais globais podem ser mais relevantes para os países em desenvolvimento?
4. Que tipo de sociedade e natureza as pessoas desejam?
5. Quão frágil é o Sistema Terrestre? Quão frágeis são os homens?

Mesa Redonda 1:

VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: PASSADO, PRESENTE E CENÁRIOS FUTUROS

Coordenador:

Ilana Elazari Klein Coaracy Wainer (IO/USP)

Debatedores:

Antonio J. Busalacchi (Earth System Science Interdisciplinary Center, EUA)

Jefferson Cardia Simões (Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas - UFRGS)

Dieter Anhuf (Universidade de Passau, Alemanha)

Patricio Aceituno (Universidade do Chile)

CLIMATE VARIABILITY AND CHANGE: PAST, PRESENT, AND FUTURE

Antonio J. Busalacchi

Earth System Science Interdisciplinary Center, Estados Unidos

A primeira apresentação foi do Prof. Busalacchi do Earth System Science Interdisciplinary Center. Inicialmente foi apresentado o programa CLIVAR (Climate Variability and Predictability).²⁵ Trata-se de um esforço de pesquisa interdisciplinar do World Climate Research Programme (WCRP). Ele está focado na variabilidade e predições dos componentes de resposta lenta do sistema climático. O CLIVAR investiga os processos físicos e dinâmicos no sistema climático que ocorrem em escalas sazonais, interanuais, decenais e de centenas de anos. A missão do CLIVAR é observar, simular e prever o sistema climático da Terra, com foco nas interações oceano-atmosfera, permitindo melhor entendimento da variabilidade, predição e mudanças climáticas, em benefício da sociedade e do ambiente em que ela vive.

De acordo com o Prof. Busalacchi para aprimorar nossos conhecimentos do sistema climáticas devemos (objetivos e metas do CLIVAR):

- Descrever e compreender os processos físicos responsáveis pela variabilidade e predição climática em escalas estacionais, interanuais, decenais e de centenas de anos; através da coleta e análise de observações e desenvolvimento e aplicação de modelos climáticos em cooperação com outros programas relevantes
- Expandir a base de dados sobre variabilidade climática ao longo do tempo através de amostras paleoclimáticas e dados instrumentais
- Expandir a abrangência e a exatidão das previsões climáticas através do desenvolvimento de modelos globais
- Compreender e prever a resposta do sistema climático ao aumento dos gases e aerossóis e comparar estas previsões com as observações a fim de detectar as modificações antropogênicas

Algumas das observações e previsões que merecem destaque é a do El Niño/Southern Oscillation (ENSO)²⁶; da temperatura média do planeta; e, da circulação termohalina.

²⁵ N. do R.: <http://www.clivar.org>

²⁶ N. do R.: <http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/>

Porém o estudo do clima não precisa e não deve ser o estudo da variabilidade climática ou das mudanças climáticas. É preciso que seja também o estudo das previsões para que se possa determinar as implicações regionais das mudanças globais.

A temporada 2005 de furacões serve para ilustrar a importância deste enfoque: o número de furacões nas categorias 4 e 5 (p. ex. o Katrina, em 28/08/2005, e o Rita, em 21/09/2005) foi recorde. Através da análise das estatísticas recentes e comparação com as séries históricas existentes é possível estabelecer a relação entre o aumento da temperatura do mar e a ocorrência de furacões nas categorias 4 e 5. Outras evidências têm ocorrido, como o primeiro “furacão” na costa brasileira (o Catarina, em março de 2004).

Neste novo enfoque, os desafios para o futuro são:

- Realizar “mais” com “menos”:
 - Aprimorando a capacidade de previsão
 - Reduzindo as incertezas
 - Sendo relevante para a sociedade
- Estreitar a ligação entre mudanças climáticas e variabilidade climática
- Trabalhar da escala global até a regional
- O papel da capacidade de previsão para as aplicações da ciência do clima
- A migração dos resultados das pesquisas para a previsão climática operacional

O PAPEL DA CRIOSFERA NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Jefferson Cardia Simões

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas – UFRGS

A questão colocada pelo Prof. Simões é como a criosfera vai responder ao aquecimento do planeta. A imprensa responde a esta questão de forma catastrófica, afirmando algumas vezes que todo gelo derretido elevaria o nível do mar em 70 metros, o que pode ser considerado um absurdo.

Para responder melhor a esta questão, é preciso lembrar que a criosfera cobre 10% do planeta e é composta de quatro componentes: gelo glacial (geleiras e mantos de gelo); gelo marinho (mar congelado); permafrost; e neve sazonal.

O derretimento do gelo marinho não irá afetar o nível do mar (devido ao princípio de Arquimedes), porém existem outras consequências da redução da área coberta por gelo marinho:

- Redução do albedo planetário;
- Maior transferência de calor para a atmosfera nos oceanos polares;
- Enfraquecimento na circulação termoalina;
- Rápidas modificações nos habitats polares (fonte de alimentos, rotas de migração).

Já o derretimento do gelo glacial (Antártica - 25 milhões km³; Groenlândia - 2 milhões km³; Ilhas árticas - 1 milhão km³ e geleiras de montanha - 0,3 milhão km³), aquele formado pela precipitação de neve e que está sobre continentes e ilhas, afeta o nível do mar. Por outro lado é de se esperar que o aquecimento global venha a aumentar o volume de gelo na Antártica, devido à seguinte retroalimentação: Aquecimento Global → Menos mar congelado → Maior evaporação → Maior precipitação → Maior volume de gelo na Antártica. Porém, nas partes mais quentes da Antártica (mais ao norte) é observado colapso das plataformas de gelo (foram perdidos 14 mil km² em 12 anos). Um exemplo é o colapso da Plataforma de Gelo Larsen em 2002.

O ponto crítico está no desaparecimento de geleiras de montanhas extra-polares. Nos Andes, geleiras perderam 20-30% de área ao longo dos últimos 40 anos. Algumas

perguntas precisam ser respondidas: Quais as conseqüências desse derretimento para: os recursos hídricos dos países andinos? E para o ciclo hidrológico da bacia Amazônica?

Outro ponto que merece destaque é o derretimento das calotas de gelo da Patagônia: que perderam 17.200 km² ao longo dos últimos 40 anos. O derretimento anual equivale a um aumento anual de $0,105 \pm 0,011$ mm do nível do mar (contribuição maior que o derretimento das geleiras do Alaska que são 5 vezes maiores).

O gelo também pode ser uma aliado na compreensão das mudanças climáticas, uma vez que as testemunhas de gelo são os melhores arquivos naturais da história do meio ambiente. Testemunhos profundos (3623 m) podem nos dar informação de até 900 mil anos (Domo C). Algumas informações derivadas dos estudos de testemunhos de neve e gelo são:

- Temperatura do ar no passado;
- Grandes erupções vulcânicas;
- Poluição global;
- Concentração de gases de efeito estufa.

Concluindo:

- (1) O gelo marinho tem papel fundamental na circulação atmosférica e oceânica e, junto com as plataformas de gelo, é o principal formador das águas de fundo dos oceanos. Só teremos modelos adequados da circulação geral se incluirmos a variabilidade do gelo marinho (quinzenal). Sua redução nas próximas décadas mudará rapidamente o albedo planetário.
- (2) O manto de gelo antártico tem 90% do gelo e 68% da água potável do planeta, e pequenas variações no seu volume tem relevância global.
- (3) São as geleiras extra-polares que estão derretendo e que contribuirão com a maior parte do aumento do nível do mar até 2100. O volume do gelo antártico aumentará no caso de aquecimento global.
- (4) Derretimento do gelo andino trará sérios problemas de recursos hídricos na América do Sul. O impacto na bacia Amazônica é desconhecido.
- (5) A neve e o gelo Antártico e da Groenlândia guardam o melhor arquivo natural sobre a variabilidade climática ao longo dos últimos 900 mil anos. Os testemunhos de gelo mostram claramente o aumento dos gases de efeito estufa após a Revolução Industrial. Nunca, nos últimos 650 mil anos, as concentrações de CO₂ e CH₄ foram tão altas como agora. O gelo andino guarda o registro da história ambiental continental.
- (6) O Ano Polar Internacional (2007-2008) será uma oportunidade única para entendermos melhor o papel destas regiões no clima do planeta.

PALEO-ENVIRONMENTAL CHANGE IN AMAZONIA DURING THE LGM AND FOR BRAZIL DURING THE MID-HOLOCENE

Dieter Anhuf

Universität Passau, Alemanha

A apresentação do Prof. Anhuf enfocou a história ecológica da maior floresta tropical continental desde a última glaciação (Last Glacial Maximum - LGM). As regiões de floresta tropical são de particular interesse porque elas representam uma fonte de calor e está sendo demonstrado que elas possuem um significativo impacto na circulação atmosférica extratropical.

Os dados do período paleo-tropical na América do Sul foram interpretados a partir de pólen; dados geo-químicos; e $\delta^{18}\text{O}$ (isótopos estáveis de oxigênio) coletados no Brasil e áreas vizinhas selecionadas. Os dados terrestres disponíveis são consistentes com as precipitações derivadas das temperaturas superficiais dos oceanos (SST). No entanto, o impacto da LGM foram menos severos na Amazônia do que por exemplo na África. As áreas de floresta úmida na África foram reduzidas provavelmente em 84%. Por sua vez, a área da floresta tropical úmida na Amazônia ficou reduzida em 54% da sua extensão atual. Porém, ainda existem diferentes interpretações a respeito da quantidade da área florestal reduzida na Amazônia em função da LGM.

Desde o início do período Holoceno a floresta tropical Atlântica expandiu. Apenas em Serra da Boa Vista é que a expansão da floresta tropical Atlântica começou durante a metade do período Holoceno (entre 7000 e 6000 ^{14}C anos B.P.) e com mais intensidade entre 5000 e 4000 ^{14}C anos B.P. Os resultados das terras altas do sul do Brasil mostram que áreas enormes de vegetação campestre continuaram a dominar a paisagem durante a metade do Holoceno. As áreas no sul e centro do Brasil (Lagoa Santa, Lago dos Olhos, Lagoa Silvana, Lago do Pires, e Lagoa Nova) documentam grandes áreas de cerrado durante a metade do Holoceno, refletindo uma variação sazonal no clima com 5-6 meses de seca (hoje 1000-1500 mm e entre 3 e 5 meses de seca). Desde 5500 ^{14}C anos B.P., e especificamente depois de 1000 ^{14}C anos B.P., o cerrado foi sendo substituído por florestas semi-decíduais devido a períodos de seca menores e condições climáticas mais úmidas.

O sul e centro do Brasil aparentemente ter sido mais secos no começo do Holoceno, até 7000 ^{14}C anos B.P. Mudanças significativas na vegetação foram observadas desde a transição entre a floresta tropical Amazônica e cerrado/savana no sul da Amazônia (Rondônia) durante a metade do Holoceno. Uma regressão notável da fronteira da floresta de aproximadamente 200 km no sudeste de Rondônia foi observada. O pólen coletado na Bolívia indica um clima mais seco do que o atual, de tal forma que a fronteira da floresta tropical Amazônica no leste da Bolívia estava posicionada a pelo menos 120-150 km em direção ao norte do que hoje.

As áreas costeiras de savanas foram fortemente afetadas pelo nível dos oceanos mas apenas marginalmente por mudanças climáticas regionais.

FACTORES DEL CLIMA Y SU VARIABILIDAD EN LA COSTA OESTE DE AMERICA DEL SUR

Patricio Aceituno

Departamento de Geofísica - Universidad de Chile

Considering large scale factors influencing climate along the west coast of South America, three regions are identified:

- Tropics: ITCZ²⁷, ENSO, Pacific Decadal Oscillation (PDO)²⁸, tropical Kelvin waves²⁹ and coastal upwelling

²⁷ N. do R.: "The Intertropical Convergence Zone (ITCZ) is an area of low pressure that forms where the Northeast Trade Winds meet the Southeast Trade Winds near the earth's equator. As these winds converge, moist air is forced upward. This causes water vapor to condense, or be 'squeezed' out, as the air cools and rises, resulting in a band of heavy precipitation around the globe. This band moves seasonally, always being drawn toward the area of most intense solar heating, or warmest surface temperatures. It moves toward the Southern Hemisphere from September through February and reverses direction in preparation for Northern Hemisphere Summer that occurs in the middle of the calendar year." (<http://iri.ldeo.columbia.edu/~bgordon/ITCZ.html>)

- Subtropics: Subtropical anticyclone, subtropical jet stream in the atmosphere, cut-off lows, mid-latitude blocking in the atmosphere, coastal upwelling, ENSO, PDO
- Extra-tropics: Antarctic Oscillation³⁰, migratory low and high pressure systems, Rossby wave regime³¹ in the Southern Hemisphere

Long-term climate changes are characterized by a weak negative trend in sea surface temperature during recent decades off the coast of northern Chile. Negative trends in rainfall are also dominant, particularly in the region around 40 S.

ENSO is the major factor of interannual variability in the coastal region northward from 30 S. Changes in some variables are so large during El Niño episodes that trends are quite meaningless as a tool to estimate their long term changes. A good example of this is the evolution of seasonal frequency of warm nights (minimum temperature above the percentile 90%) in coastal stations of northern Chile that may increase from around 10 during regular years up to 70 during major El Niño episodes. The Pacific Decadal Oscillation and associated changes in the functioning of the Southern Oscillation are very important in shaping climate change at the decadal time scale along the West coast of South America. In fact, the abrupt shift of the SO toward the warm phase in the mid 70's seems to be at the origin of an upward stepwise change in the surface air temperature along the coast of northern Chile. PDO related changes in the intensity of the SE Pacific subtropical anticyclone and in the rainfall regime in central Chile were described.

²⁸ N. do R.: “The ‘Pacific Decadal Oscillation’ (PDO) is a long-lived El Niño-like pattern of Pacific climate variability. While the two climate oscillations have similar spatial climate fingerprints, they have very different behavior in time. Fisheries scientist Steven Hare coined the term ‘Pacific Decadal Oscillation’ (PDO) in 1996 while researching connections between Alaska salmon production cycles and Pacific climate (his dissertation topic with advisor Robert Francis). Two main characteristics distinguish PDO from El Niño/Southern Oscillation (ENSO): first, 20th century PDO ‘events’ persisted for 20-to-30 years, while typical ENSO events persisted for 6 to 18 months; second, the climatic fingerprints of the PDO are most visible in the North Pacific/North American sector, while secondary signatures exist in the tropics - the opposite is true for ENSO.” (<http://www.jisao.washington.edu/pdo/>)

²⁹ N. do R.: “When a ship or duck passes through relatively calm water, one of the most distinctive features is the wave pattern formed. (...) Such patterns are nearly always the same and are referred to as Kelvin Ship Waves after Lord William Thomson Kelvin who was a leading 19th century physicist and applied mathematician.” (http://www.fluidmech.net/tutorials/ocean/k_waves.htm)

³⁰ N. do R.: “The Antarctic Oscillation (AAO) is the dominant pattern of non-seasonal tropospheric circulation variations south of 20S, and it is characterized by pressure anomalies of one sign centered in the Antarctic and anomalies of the opposite sign centered about 40-50S. The AAO is also referred to as the Southern Annular Mode (SAM).” (<http://www.jisao.washington.edu/aao/>)

³¹ N. do R.: “Rossby waves, also known as planetary waves as they owe their origin to the shape and rotation of the earth, are one of the most intriguing natural phenomena. They are easily observed in the atmosphere (i.e. as large-scale meanders of the mid-latitude jet stream), but their existence in the oceans, first theorised by Carl-Gustav Rossby in the 1930s, has been only indirectly confirmed before the advent of satellite oceanography.” (<http://www.soc.soton.ac.uk/JRD/SAT/Rossby/Rossbyintro.html>).

MODELAGEM DO CLIMA REGIONAL E DA EVOLUÇÃO DOS ECOSISTEMAS

Conferência 7:

USE OF REGIONAL CLIMATE MODELS IN IMPACTS ASSESSMENTS AND ADAPTATIONS STUDIES FROM CONTINENTAL TO REGIONAL AND LOCAL SCALE: THE CREAS INITIATIVE IN SOUTH AMERICA

José Marengo Orsini
CPTEC/INPE

O conhecimento dos possíveis efeitos da mudança climática é extremamente importante para a agricultura, pois permite a elaboração de estratégias para minimizar prejuízos futuros.

Como exemplo, cita-se um estudo realizado para verificar as possíveis alterações decorrentes das mudanças climáticas na distribuição espacial de nematóides e do bicho-mineiro-do-cafeeiro, importantes problemas fitossanitários da cafeicultura.

Todos os modelos utilizados para as previsões indicaram tendência de aumento da temperatura, proporcionando um possível aumento nas infestações pelo bicho do café, quando se compara com a situação climática atual (média dos últimos 30 anos). Estes resultados apontam para que sejam tomadas ações no sentido de prevenir o setor frente a esta tendência; caso contrário, certamente haverá queda da produtividade do cafeicultura.

Com relação aos modelos de projeção do clima, ainda existem sérias limitações. Uma delas é a capacidade de resolução.

Coupled Atmosphere-Ocean Global Climate Models (AOGCMs) são ferramentas de modelagem tradicionalmente utilizadas para a produção de cenários e projeções de mudanças climáticas. Entretanto, os modelos globais têm uma capacidade de resolução bastante limitada (acima de 300 km, pode-se perder informações importantes). Conseqüentemente, estes modelos não podem ser utilizados para caracterizar variáveis climáticas em muitas regiões do mundo.

Por outro lado, os *Regional Climate Models* (RCM), modelos regionais, são muito úteis para cenários de mudanças climáticas de alta resolução.

Por que usar modelos regionais? Para ser possível identificar variações e particularidades de uma determinada região, bacia etc. Estas informações mais detalhadas são importantes para fornecer ferramentas para estudos de impactos - tem sido demonstrado que a mensuração da adaptação necessária varia com a resolução espacial.

No caso do Brasil, a Comunicação Nacional (2004)³² alerta para a necessidade de “desenvolver modelos de mudança do clima de longo prazo, com resolução espacial adequada para análise regional”. “Os modelos climáticos regionais apresentam uma resolução bem mais alta do que o modelo global e, em conseqüência, fornecem informações climáticas com detalhes locais úteis, inclusive previsões realistas de eventos extremos”.

Assim, as previsões realizadas pelos modelos regionais gerarão informações mais confiáveis sobre a vulnerabilidade da região em estudo frente à mudança climática e as alternativas de adaptação.

³² BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, novembro de 2004.

O CPTEC está trabalhando na produção de cenários climáticos, através da utilização dos dois enfoques: modelos globais do clima e modelo regional do clima encaixado em modelo global do clima (*downscaling* dinâmico).³³

O CPTEC vem desenvolvendo cenários *downscaled* para a América do Sul (PROBIO-GEF), que utiliza um modelo global e outros quatro modelos regionais para produzir cenários para o clima presente e futuro (2071-2100). Três regiões serão focadas na elaboração dos cenários: Bacia do Rio São Francisco, Bacia Amazônica e Bacia Paraná-Prata. Além disso, as projeções também focarão três setores-chave: agricultura, hidreletricidade e saúde humana.

Os cenários e as análises de vulnerabilidade produzidos serão colocados à disposição tanto da comunidade científica quanto dos tomadores de decisão.

Deve-se destacar que todo modelo traz consigo uma incerteza, inclusive os modelos do CPTEC. Entretanto, os erros devem ser minimizados para a área de estudo específica de forma que eles possam ser corrigidos estatisticamente.

Uma iniciativa do Brasil tem sido a implementação de Cenários Regionalizados de Mudanças de Clima para América do Sul (CREAS) para estudo dos impactos da mudança climática sobre os ecossistemas naturais no Brasil, realizados pelo CPTEC.

O CREAS é baseado em outros programas da Europa e América do Norte, que possuem tecnologia similar e trabalham com modelos regionais.

Seu objetivo geral é fornecer cenários climáticos de alta resolução para a América do Sul com vistas a alertar governos e tomadores de decisão. Os principais objetivos específicos são:

- produzir cenários de mudança de clima de alta resolução para o período 2071-2100, para a América do Sul, inicialmente;
- avaliar incertezas dos cenários produzidos pelos vários modelos regionais;
- estimar a exposição ao risco decorrente da mudança climática;
- estimar e quantificar alterações dos extremos climáticos;
- prover informações que auxiliem nas decisões políticas e socio-econômicas e interagir com agências governamentais, tomadores de decisão e quaisquer partes interessadas quanto ao aspecto de vulnerabilidade (provar que tais cenários têm aplicabilidade);
- colaborar com outros países na implementação de suas Comunicações Nacionais.

As principais motivações apontadas foram:

- científica (treinamento e construção de capacidades, bem como tratamento de incertezas pelo aumento do número de projeções de climas futuros);
- fornecer informações a tomadores de decisão;
- atrair os tomadores de decisão para a política, bem como para as pesquisas em ciências naturais;
- tentar mitigar o problema antes de sua ação.

O modelo ETA/CPTEC tem como principais benefícios a publicação de informação que ainda é incipiente, mesmo depois do término do projeto (previsto para 2008). Os cenários produzidos pelos modelos serão operacionais mesmo depois da finalização do projeto. Novas iniciativas e projetos serão adicionados e os resultados serão continuamente atualizados.

Além disso, o estabelecimento de uma conexão entre cientistas e tomadores de decisão resultará, com o tempo, em cooperação permanente entre produtos da pesquisa

³³ N. do R.: *Downscaling*: termo técnico para o processo de redução de escala de um modelo, a partir de um modelo com escalas maiores. Por exemplo, a partir de um modelo de clima global, uma grade espacial de 500 Km, pode-se fazer uma representação mais detalhada de uma região específica do sistema, com uma grade de 40 Km, usando-se as condições de contorno do modelo de escala maior.

científica e o processo de tomada de decisão. A questão é: como aproximá-los? As alternativas propostas dizem respeito à tentativa de influenciar o governo e os órgãos relacionados ao tema (como o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas) e de realizar periodicamente reuniões científicas e não científicas, bem como participar de eventos para divulgação dos resultados das pesquisas.

Os principais produtos seriam a geração e divulgação de informação em diferentes línguas para possibilitar o entendimento do público não científico (estudantes e tomadores de decisão). Um exemplo da informação produzida é o primeiro relatório sobre a “Caracterização do clima no Brasil no século XX e Cenários no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos Modelos Globais de Clima do IPCC” (a segunda parte, referente aos cenários, deverá ser publicado em dezembro de 2005).

Debate:

Uma questão levantada discorre sobre a possibilidade de utilização dos modelos não somente com a finalidade de prever o clima, mas também para verificar os impactos da mudança climática no uso do solo (como o desmatamento na Amazônia). Atualmente os modelos do CPTEC ainda não são capazes de considerar esta questão.

Além disso, muitas perguntas foram feitas relacionadas às incertezas dos modelos, e qual o posicionamento do CPTEC frente a esta questão.

Em geral, o CPTEC pesquisa quais modelos seriam os melhores para cada objetivo e região a ser estudada; esta etapa de seleção do modelo pode levar anos de estudo. A região Sul do Brasil é a que reflete menor nível de incerteza, frente às regiões Centro-Oeste e Sudeste, que possuem maior nível de incerteza. Além disso, para reduzir a incerteza, o CPTEC produz dois cenários: um pessimista (catastrófico) e outro otimista, com base nos cenários propostos pelo IPCC, para dar uma referência aos tomadores de decisão. Desta forma, o usuário da informação tem ambos os cenários extremos prováveis (o pior e o melhor) para guiar sua tomada de decisão.

Com relação à falta de sintonia que vem sendo verificada entre a geração de informações (previsões para 70-100 anos) e a necessidade do usuário (informações de curto prazo), os modelos do CPTEC (assim como diversos outros modelos) simplesmente não geram resultados para períodos próximos. O caminho seria a estimativa de previsões climáticas para períodos mais longos e, com base nos resultados, estimar cenários para períodos mais curtos.

Quanto à validade dos modelos, a alternativa apontada é a aplicação de um modelo global e vários modelos regionais para tentar verificar se pelo menos as tendências sugeridas seriam as mesmas. Toda esta dificuldade surge do desconhecimento do clima do passado, o que dificulta a previsão do clima presente e mais ainda do clima futuro.

Portanto, deve-se sempre tentar selecionar o modelo mais adequado para os objetivos, regiões etc. Além disso, também deve-se deixar clara as incertezas presentes na geração da informação.

Com tais limitações, talvez o usuário das informações fique com a impressão de que os modelos não conseguem produzir informações úteis. É importante ressaltar que, apesar destas limitações, tem-se verificado enorme progresso no sentido de buscar reduzir as incertezas dos modelos. Neste processo, é fundamental que os grupos que trabalham no desenvolvimento dos modelos se interajam e troquem informações, para poupar esforços e obter resultados efetivos.

Mesa Redonda 6:

MODELAGEM DE CLIMA REGIONAL E EVOLUÇÃO DOS ECOSISTEMAS

Coordenador:

Maria Assunção Faus Silva Dias (CPTEC/INPE)

Debatedores:

Mario Nestor Nuñez (Universidad de Buenos Aires)

Humberto Ribeiro da Rocha (IAG/USP)

Michael Keller (USDA Forest Service)

Antônio Donato Nobre (INPA)

CREATING REGIONAL CLIMATE SCENARIOS FROM RCM USING GLOBAL HADLEY CENTRE SIMULATIONS

Mario Nestor Nuñez

Universidad de Buenos Aires

O objetivo do Dr. Mario Nuñez foi mostrar os principais resultados de um trabalho de modelagem regional de mudança climática em 2080 relativamente à época atual com *downscaling* para a Argentina realizado no Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, CIMA sediado em Buenos Aires.

Existe uma cascata de incertezas na nossa representação do sistema do clima e dos fatores que afetam a mudança climática, de forma que as projeções da mudança climática e seus impactos são ainda grandemente incertas. Esta cascata de incertezas acompanha a cadeia causal da mudança climática.

A cadeia causal da mudança de clima e seus impactos é basicamente a seguinte: ocorrem as emissões antropogênicas, que são modeladas a partir de cenários de crescimento populacional, de produção e uso de energia e de modelos econômicos. Nesta modelagem já existem consideráveis incertezas.

Estas emissões produzem um aumento de concentração atmosférica de dióxido de carbono, metano, sulfatos, etc. Para se saber qual exatamente será a concentração atmosférica resultante para um cenário de emissões, se faz necessário modelar o ciclo do carbono e a química da atmosfera. Neste ponto também encontramos incertezas.

A mudança na concentração atmosférica dos gases do efeito estufa produz um forçamento radiativo, e uma mudança de temperatura. Para sabermos qual será esta mudança precisamos de modelos climáticos globais.

As mudanças climáticas são mudanças regionais, e a partir dos modelos globais devemos fazer estudos em escalas menores correspondentes à regiões de interesse. Novamente existem muitas incertezas nas representações dos elementos regionais que vão definir o clima regional. Em geral as maiores incertezas estão nos modelos regionais.

A mudança do clima regional vem acompanhada de impactos sobre os sistemas de água, sobre os ecossistemas, e os sistemas econômicos. Para representarmos esta parte também precisamos de modelos, que atualmente são ainda muito incompletos e com inúmeras incertezas sobre parâmetros e processos.

Assim, juntamente com as representações de cada elo da cadeia causal, temos várias incertezas que se propagam de um elo a outro formando uma cascata de incertezas. É importante reduzir estas incertezas e o trabalho de modelagem descrito pelo Dr. Nuñez

visou dar alguns passos para aprimorar a representação do clima da região sul da América do Sul, focalizando a atenção sobre a Argentina.

Foram rodadas várias simulações da mudança de clima regional da Argentina. Para as emissões de CO₂ foram escolhidos dois cenários do IPCC, os cenários A2 e B2.³⁴ Para obter a mudança climática, usou-se o modelo do Hadley Centre³⁵, HADCM3, que no caso do cenário B2, obteve-se elevações de temperaturas de 0,88 °C para o ano 2020, 1,64 °C para 2050 e 2,34°C para 2080. Com o cenário A2, obteve-se 0,88 °C para 2002, 1,87 °C para 2050 e 3,29 °C para 2080.

O CIMA construiu uma versão do modelo RCM MM5, que foi rodado para a região sul da América do Sul usando-se uma resolução média de 50 Km. As condições de contorno HADAM3P somente com circulação geral atmosférica (isto é, sem considerar a circulação geral oceânica) foram usadas para forçar o modelo regional.

Os objetivos destes exercícios de simulação regional foram:

- a) avaliar e validar o modelo atmosférico HADAM3P, para reproduzir o clima presente na Argentina e países vizinhos;
- b) analisar experimentos realizados para avaliar a habilidade do modelo de clima regional MM5/CIMA em reproduzir o clima presente na Argentina;
- c) simular o clima presente com o modelo de clima regional forçado nas condições de contorno do HADAM3P;
- d) avaliar a capacidade do modelo de clima regional em representar o clima; esboçar as limitações do modelo regional; projetar as mudanças climáticas, como sendo a diferença relativa ao presente 1981-1990, para o período da década de 2080 e para os cenários de emissões SRES A2 e B2 do IPCC.

Foram simulados cenários de mudança de clima regional usando a técnica de *downscaling*.

As conclusões preliminares desse estudo foram as seguintes: em todas as estações, o sul da América do Sul sofre aquecimento tanto no cenário A2 quanto no B2. Foram projetadas mudanças mínimas na temperatura média para o verão e inverno nos domínios de simulação (2.5 – 3.5 °C na simulação A2). Foram projetadas mudanças máximas na temperatura média para outono e primavera no domínio de simulações (2.5 – 5.0 °C na simulação A2).

As mudanças de precipitação variam substancialmente de estação a estação e através das regiões, em resposta às mudanças das circulações de larga escala. Foram projetadas mudanças sazonais de precipitações na Argentina para o verão e o inverno (oeste e Pampas úmido aumentaram aproximadamente 180 mm no máximo, por estação na simulação A2). Foram obtidas mudanças mensais máximas para fevereiro, março, novembro e dezembro na precipitação.

As simulações no cenário B2 mostram um padrão geográfico de mudanças na temperatura e precipitação similares aos do A2, com diferenças somente quantitativas entre esses cenários de emissões.

³⁴ N. do R.: O cenário A2 do IPCC é caracterizado por uma população e economias mundiais que crescem continuamente. O desenvolvimento econômico é primariamente orientado regionalmente e o crescimento per capita e a mudança tecnológica são muito fragmentadas e lentos. Não há preocupações importantes com questões de equidade e meio ambiente. No Cenário B2 a população cresce a uma taxa menor do que em A2, há maior orientação em direção à preservação ambiental e à equidade social que A2, mas há um foco sobre os níveis regionais e locais. Para detalhes ver o terceiro relatório de avaliação do IPCC: TAR, Mitigation, Work Group III Summaries (2001).

³⁵ N. do R.: O Hadley Centre for Climate Prediction and Research: é um centro de excelência em modelagem de variabilidade e mudança de clima sediado no Reino Unido.

Mudanças na pressão do nível médio do mar mostram uma célula de pressão crescente centrada em algum lugar do Oceano Atlântico e do Oceano Pacífico, principalmente durante o verão e inverno no Atlântico e na primavera no Pacífico.

Os largos padrões de mudança no modelo climático regional aninhado MM5 e os campos de forçantes do HADAM3P são geralmente consistentes um com o outro, como pode ser esperado a partir da forte influência da forçante das condições de contorno na simulação do modelo regional. No verão, entretanto, diferenças significativas na mudança de temperatura e precipitação pode ser encontrada entre os modelos. Isto poderia ser devido aos processos físicos locais.

Este trabalho deu alguns passos na direção de uma melhor representação do clima regional, principalmente da Argentina, indicando uma nova agenda de pesquisa para aprimorar o *downscaling*.

A MODELAGEM DO DESMATAMENTO E O CLIMA REGIONAL E A TRANSIÇÃO DE ECOSISTEMAS: PARÂMETROS AMBIENTAIS DE FLORESTA-ECÓTONO-CERRADO.

Humberto Ribeiro da Rocha
IAG/USP

O objetivo do Prof. Rocha em sua apresentação foi relatar de forma sintética os principais resultados das pesquisas que vem realizando sobre a funcionalidade dos três principais biomas do Brasil, a floresta Tropical, o Cerrado e as zonas de transição ou Ecótonos. Ele buscou enfatizar as diferenças marcantes entre cada um desses biomas em termos dos parâmetros que descrevem os fluxos de energia, água e carbono em cada um deles.

Há basicamente dois enfoques na modelagem da interação entre mudanças climáticas e os ecossistemas. Por um lado existe a modelagem do desmatamento da Amazônia e sua influência sobre o clima regional. Por outro lado, existe a pesquisa sobre zonas de transição dos ecossistemas, que busca definir os parâmetros ambientais da floresta-ecótono-cerrado.

No que se refere aos estudos de modelagem sobre o impacto do desmatamento sobre o clima regional podemos citar dois resultados notáveis. Com os cenários de emissões do IPCC, rodados no modelo HADCM3, é previsto para 2091-2100 anomalias de temperatura e chuva para a região amazônica. De outro lado, no modelo de Oyama & Nobre (2003)³⁶ houve uma combinação de aumento de temperatura e redução da chuva produzindo um estado de equilíbrio que leva à “savanização” da bacia.

No âmbito da modelagem regional no Sudeste do Brasil, estudos de Juarez & Rocha (2006)³⁷ indicaram uma sensibilidade do clima a mudanças de uso da terra em escalas seculares. No Estado de São Paulo obteve-se aumento de precipitação sobre o setor regional de cana de açúcar, acima de 200 mm/ano; decréscimo de precipitação nas áreas ocidentais do estado, acima de 200 mm/ano; e aumentos da temperatura do ar acima de 0,5 °C.

³⁶ OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. A New climate-vegetation equilibrium state for tropical South America. *Geophys. Res. Letters* v. 30, n. 23, p. 2199-2203, 2003.

³⁷ JUAREZ, R. I. N.; ROCHA, H. R. da. Mudanças de uso da terra e mudanças climáticas no Sudeste do Brasil. São Paulo, 2006.

Para entender os estudos dos parâmetros ambientais de zonas de transição entre a floresta tropical e o cerrado, é importante primeiro definir alguns conceitos. Existem dois tipos de zonas de transição: os ecótonos e as várzeas.

A palavra ecótono vem da palavra grega “tono” que significa tensão. Ela refere-se a uma transição entre duas comunidades, e é descrito por parâmetros intermediários entre aqueles da floresta e do cerrado. Existe uma tensão entre ambas as comunidades, com uma interagindo e interferindo na outra. Por isso, essas regiões têm baixa previsibilidade em seu clima regional.

Uma outra zona de transição refere-se às planícies inundáveis ou várzeas. São faixas por onde correm os rios, no canal e na área de inundação, seja ela permanente ou temporal. Nessas várzeas o transporte lateral dos rios se torna importante, pois pequenas diferenças de nível da água alagam grandes extensões. Nesses casos existe razoável previsibilidade, pois há um controle do pulso sazonal das cheias. Como exemplo, temos a calha do Rio Solimões, no Estado do Amazonas, a depressão do Rio Araguaia e o Pantanal.

Em uma visão de larga escala do Brasil, podemos ver claramente que o índice de chuvas, isto é o número de meses secos abaixo de um limiar, demarca os quatro grandes biomas nacionais: a Floresta Amazônica, a Floresta Atlântica, a Savana, que inclui o Cerrado e o Pantanal, e a Estepe. Entre um bioma e outro temos as zonas de transição, tendo como um exemplo a Ilha do Bananal.

O estudo do Prof. Rocha na Ilha do Bananal se concentra no extremo norte da ilha. Lá encontramos uma zona de transição com três tipos de comunidades convivendo juntas: o cerradão, o cerrado restrito e o campo. Uma questão que está sendo investigada é: esta zona de transição seria um ecótono ou uma várzea?

Para compreender cada tipo de bioma é importante estudar as suas entradas e saídas de energia e água, que controlam as chuvas e os fluxos de carbono. Estes aspectos estão sintetizados nas grandezas Produtividade Primária Líquida (PPL) e na Produtividade Ecosistêmica Líquida (NEE). A PPL mede a diferença entre a assimilação de CO₂ por fotossíntese e a perda por respiração. A NEE mede a diferença entre a PPL e a perda de CO₂ através da respiração do solo.

Para medir estes fluxos tem-se usado Torres de Fluxo, em experimentos conduzidos pelo Prof. Rocha e colaboradores. Existe pelo menos uma torre colocada em locais escolhidos em cada um dos três biomas: 1) em Santarém para a Floresta Tropical; 2) em Santa Rita do Passa Quatro, no Cerrado *stricto sensu*; e 3) no ecótono da Ilha do Bananal. A medição destes fluxos é feita pelo método *eddy covariance*. E quais têm sido até aqui os resultados básicos sobre estes parâmetros em cada bioma?

No Cerrado *stricto sensu*, o que é observado é uma forte sazonalidade do fluxo total de CO₂. Na estação chuvosa a PPL sobe, mas há uma perda líquida de carbono intensa pela NEE. Na estação seca a PPL cai, com a senescência e a dormência, e há perda líquida de carbono pela NEE.

Na Floresta Tropical o padrão da estação seca, isto é sua duração e intensidade, controla a produtividade do ecossistema florestal. Na estação chuvosa a PPL sobe e há perda líquida de carbono pela NEE. Na seca a PPL cai e há ganho líquido de carbono pela NEE.

E no ecótono da Ilha do Bananal ocorre uma situação mais complexa que as anteriores. Na época das cheias, ocorre estresse hídrico e anóxia,³⁸ e a PPL cai. E na transição da estação seca para o início da estação úmida, há elevação da produtividade PPL. Há assim um controle do pulso da cheia sobre o fluxo de dióxido de carbono.

³⁸ N. do R.: Anóxia é a deficiência de oxigênio nos tecidos.

Em termos gerais os estudos feitos pelo Prof. Humberto até aqui trazem as seguintes conclusões:

- No que se refere aos fluxos de carbono nas florestas tropicais, eles são marcados pelo padrão da estação seca e estes padrões discriminam-se nas diferentes florestas de terra firme, tendo no cerrado o exemplo extremo (forte sazonalidade).
- No caso dos ecótonos, em áreas de várzeas, constata-se que são biomas singulares entre a floresta e os cerrados. Nestes biomas o pulso da cheia e o estresse hídrico (na estação seca) controlam o modo de absorção ou perda de C e as trocas de água e energia com a atmosfera.

Estes estudos demonstram que entender a funcionalidade dos ecossistemas é um dos passos para entender a transição entre eles.

BIOLOGICAL SPECULATIONS ON TROPICAL FOREST RESILIENCE AND VULNERABILITY IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE

Michael Keller
USDA Forest Service

O Dr. Michael Keller fez uma breve exposição onde teve o objetivo de fazer algumas especulações em uma área de incertezas e muitas lacunas em nosso conhecimento: a interação da floresta tropical com o clima. Através de um diálogo informal com a audiência, formulou muito mais perguntas do que respostas e, a partir de suas especulações, esboçou uma agenda de pesquisa. Ele procurou fazer uma reflexão a partir do que se alcançou até o momento no LBA,³⁹ apontando novas direções de pesquisa.

Nos últimos anos foram publicados alguns trabalhos sobre modelos acoplados de vegetação e clima, que projetam futuros dramaticamente diferentes para a floresta amazônica usando diferentes modelos de ecossistemas. Este é um indicador das grandes incertezas que ainda prevalecem sobre este assunto.

Alguns destes trabalhos projetam a extinção da floresta em virtude de processos de retroalimentação entre o desmatamento e a precipitação. O desmatamento extensivo levaria à diminuição da precipitação, que por sua vez levaria a floresta à extinção em larga escala, por causa de sua exposição a secas prolongadas. Este é o processo conhecido como “dieback”, isto é, seria uma retroalimentação positiva que levaria a floresta à morte. Se isto viesse a ocorrer, a grande injeção de dióxido de carbono na atmosfera contribuiria significativamente para o aquecimento global e a perda de biodiversidade seria enorme.

Uma questão básica que estes estudos nos levam a formular é se a floresta resiste à seca, e até que ponto. Para tentar dar algumas respostas iniciais, foi realizado um experimento pelo Instituto de Pesquisa da Amazônia (IPAM) e o Woods Hole Research Center (WHRC),⁴⁰ no qual em uma área escolhida e bem definida da floresta, o solo sob as árvores foi coberto por placas que retêm a água da chuva impedindo-a de alcançar o solo e conseqüentemente impedindo a sua infiltração. Controlou-se o corte no fornecimento de água de forma a ficar restrito à metade do usual na estação chuvosa. O experimento durou três anos.

A observação geral foi que a seca, quando prolongada, leva a uma alta taxa de mortalidade das grandes árvores. Entretanto, as árvores menores se mostraram mais

³⁹ N. do R.: Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment on Amazonia (LBA).

⁴⁰ N. do R.: <http://www.whrc.org>

resistentes. Isto sugere que a floresta pode tender a se contrair ao invés de morrer com uma seca prolongada.

Um outro ponto importante ainda não considerado nos modelos de ecossistemas tropicais são os padrões fenológicos sazonais das árvores. Existem indicações de que esses padrões (p. ex. a queda das folhas) afetam o padrão das trocas de carbono. Os padrões fenológicos têm grande consistência espacial através da região amazônica e isto sugere que eles sejam condicionados pelo padrão sazonal da radiação. Além disso, parece que esses padrões sazonais de fenologia evoluíram para maximizar a absorção da radiação e/ou evitar os herbívoros. Padrões fenológicos de larga escala de troca de folhas no pico da estação seca podem expor a floresta a estresses adicionais de seca e podem ter impacto negativo sobre o seqüestro anual de carbono. É importante que se comecem a introduzir este tipo de padrão nos modelos dos ecossistemas tropicais.

Um outro ponto a ser investigado refere-se aos efeitos da extinção. Vamos supor que as taxas de extinção aumentem devido às intervenções humanas. Nessas circunstâncias, quais são os efeitos potenciais sobre o estoque de carbono a partir da extinção? Um modelo simples buscou verificar a hipótese de que para que a floresta mantenha a mesma área basal das árvores, poderia ocorrer substituição de espécies. O que se obteve foi que, mesmo em estações secas, algumas vezes é possível haver acúmulo de carbono.

Estes estudos são apenas algumas direções para onde podemos aprofundar nosso conhecimento sobre a resiliência da floresta amazônica. A partir dessas considerações podemos formular ainda mais algumas questões: Qual é a interação entre seca e o dióxido de carbono elevado? Seriam os padrões fenológicos plásticos? Quais são as respostas ao estresse para as espécies individuais?

O que nós precisamos daqui para frente é realizar mais experimentos em escalas de ecossistemas. Nós precisamos aprender mais sobre as histórias das espécies, sua reprodução, e a fisiologia das árvores grandes e pequenas. Dessa forma nossos modelos poderão nos dar respostas mais realistas.

IS THE AMAZONIAN RAINFOREST A SITTING DUCK FOR CLIMATE CHANGE?

Antônio Donato Nobre
INPA

O Prof. Antônio Nobre fez uma breve e animada exposição. Propôs algumas perguntas desafiadoras para a comunidade científica que vêm estudando a floresta amazônica, principalmente no LBA. Sua principal intenção foi, a partir do estado do conhecimento atual sobre a interação entre a floresta tropical, o clima e o homem, fazer algumas provocações que motivem pesquisa adicional sobre esse tema.

A provocação básica foi: é a floresta amazônica um *sitting duck* para a mudança climática?⁴¹

As relações Biosfera – Atmosfera podem explicar a capacidade potencial da floresta tropical úmida de resistir à forçante climática. Essas relações mostram que há um

⁴¹ N. do R.: O Dr. Nobre usa uma expressão comum em barracas de tiro ao alvo em parques de diversão. O *sitting duck* é um patinho que passa diante do atirador, que deve acertá-lo com um tiro de espingarda. A metáfora aqui é colocar a Amazônia como um objeto que estaria sendo atingido pela mudança de clima. O Dr. Nobre quer saber se a floresta é vulnerável às mudanças de clima.

intrincado mecanismo de retroalimentação, que preserva e ao mesmo tempo faz a floresta evoluir adaptando-se a novas circunstâncias climáticas.

Uma das principais contribuições do LBA foi a de compreendermos os mecanismos de formação de chuvas em uma floresta úmida, esteja ela perturbada ou não pela ação humana.

No caso da floresta não perturbada sabemos hoje que as árvores emitem partículas do tipo VOC⁴² para a atmosfera que em geral encontra-se limpa, e ali permanecem suspensas. Ao mesmo tempo, a evapotranspiração da floresta coloca continuamente vapor de água nessa atmosfera. A corrente de ar que vem do Oceano Atlântico, por causa da circulação global, também traz vapor para a região amazônica, que se junta ao vapor produzido pela floresta, saturando o ar de vapor e tornando-o propício à formação de nuvens e chuva. Um ponto importante a notar aqui é que a biodiversidade está associada com as emissões de VOCs. Se a biodiversidade diminui, certamente teremos menos emissões e menor diversidade desses compostos. Mas qual é a importância destes VOCs?

Os VOCs, uma vez emitidos e suspensos na atmosfera limpa, transformam-se por fotoxidação em núcleos de condensação do vapor (CCNs), que por sua vez formam as nuvens quentes e de baixa altitude, as quais condensam e caem como chuvas pesadas mas não destrutivas. Sem os VOCs o ar, mesmo, saturado de vapor não formaria as nuvens e as chuvas.

Esse é um ciclo contínuo que mantém a floresta e o clima tais como são observados na floresta não perturbada. Dada a larga escala da floresta amazônica, e as evidências paleoclimatológicas, este processo teve durante milhares de anos, e ainda tem, um papel importantíssimo no controle das chuvas da região da América do Sul e do planeta como um todo, por teleconexões via células de Hadley.⁴³ Isso indica também que o controle climático da floresta também influenciou a distribuição da fauna no continente americano, o que vem sendo corroborado por várias evidências: evidências faunais de savanas menos extensas na América do Sul; evidências biológicas da conexão entre as florestas amazônicas e atlânticas.

A floresta resiste ao longo da história às mudanças climáticas. Ela continuará a sobreviver, mesmo com as intervenções humanas? Esta é uma provocação para levar à reflexão e à pesquisa. Mas o que ocorre hoje na floresta?

Primeiramente, com o extenso desmatamento e as queimadas, não temos mais grandes quantidades de VOCs para desempenharem o papel de núcleos de condensação. A atmosfera não se encontra mais limpa – está cheia de fuligem das queimadas. Quando o vapor produzido pelas florestas remanescentes junta-se àquele proveniente do Atlântico, não surgem mais as nuvens produtoras das chuvas, mas nuvens dissipativas, (*smoky dissipative clouds*), que têm a estranha característica de não produzirem chuva, dissipando-se pela atmosfera.

Um novo ciclo se instaura-se na floresta que, com o acúmulo de fuligem e o aumento da umidade, produz nuvens frias em forma de torre (*cold towering clouds*). Estas geram fortes chuvas com relâmpagos que, por sua vez, podem queimar extensas áreas da floresta.

⁴² N. do R.: VOC é a sigla em inglês para “componentes orgânicos voláteis”.

⁴³ N. do R.: *Células de Hadley* – a atmosfera do globo terrestre é subdividida em várias células de convecção de ar, isto é, movimentos ascendentes de ar quente que ao atingirem regiões altas esfriam e retornam à superfície formando um circuito fechado. Cada célula de convecção é formada por esse circuito de ar ascendente/descendente. As conexões das células formam a circulação global, denominada Circulação Hadley. Essas células permitem transferir quantidades de energia de uma região para outra do globo, mesmo distantes.

Até onde estes novos processos mudarão a dinâmica da floresta tropical? Essa ruptura do transporte interno de umidade da floresta pode produzir desertificação, secas, alterar o volume dos aquíferos, etc. Esse estado de coisas pode estar fazendo da floresta um *sitting duck* para as mudanças climáticas.

Debate:

A Coordenadora da mesa, Profa. Assunção, sintetizando as discussões, lembrou que há um reconhecimento geral entre os expositores dos avanços observacionais e de modelagem que houve até aqui sobre a floresta Amazônica. Existem, no entanto, muitas limitações e lacunas, e há a necessidade de se pesquisar muitos pontos importantes ainda não esclarecidos sobre os mecanismos de interação entre a floresta, o clima e o homem. Nesse sentido a modelagem integrada, incorporando as dimensões sócio-econômicas também é uma área que precisa de avanços para compreendermos melhor a interação entre a floresta e o homem.

Foi feita uma pergunta quanto à produção de metano pela floresta amazônica. O Dr. Michael Keller disse que a Amazônia pode produzir até 35% do metano mundial por processos unicamente naturais. Entretanto existe um mistério ainda não resolvido: é observado um excesso de metano sobre a floresta e ninguém ainda sabe o porquê.

Somado a este fator natural temos que lembrar que LULUCF também aumenta a produção de metano, através da criação de gado e das queimadas.

**MUDANÇA CLIMÁTICA REGIONAL E
ECOSSISTEMAS TERRESTRES E AQUÁTICOS**

Conferência 4:

MUDANÇA CLIMÁTICA REGIONAL E ECOSSISTEMAS

Carlos Alfredo Joly
IB/UNICAMP

A apresentação do Prof. Joly é o resultado da interação com diversos pesquisadores (George J. Shepherd; Humberto R. Rocha; Luiz A. Martinelli; Marcos P. M. Aidar e Marcos S. Buckeridge).

Ela iniciou mostrando como o passado geológico recente teve influência na fauna e flora atuais. Por exemplo: a ligação da América do Sul com a América do Norte permitiu o grande intercâmbio americano (*Great American Interchange*), um importante evento paleozoogeográfico no qual animais migraram da América Central para a América do Sul e vice versa. O pico da migração ocorreu há 3 milhões de anos atrás. Seus efeitos mais dramáticos ocorreram na zoogeografia de mamíferos, mas também deu oportunidades para artrópodes não-alados, répteis, anfíbios e até mesmo para peixes de água doce migrarem. Tais acontecimentos geológicos podem explicar a diferença entre as savanas africana e americana.⁴⁴

Em São Paulo, a vegetação teria sido diferente com a predominância de cerrados e caatinga. Bastaria 5° C a menos na temperatura média para que as fisionomias florestais fossem diferentes. Junto com as mudanças de vegetação ocorrem as mudanças de fauna, como por exemplo o desaparecimento dos grandes pastadores que ocorreu por causa da redução das áreas de pastagem e do aumento das florestas. Portanto, é preciso entender melhor o passado para compreendermos o presente e os processos que hoje ocorrem (p. ex. savanização da Amazônia)⁴⁵ e seus impactos, em especial na agricultura.

Dados do Sinbiota⁴⁶ mostram que poderia haver predominância de cerrados no Estado de São Paulo com evidentes consequências sobre a fauna e a agricultura. Atualmente as áreas de cerrado estão bastante antropizadas, não suportando a fauna existente.

Porém, as projeções possuem limitações em função da falta de informações sobre a reação das plantas às mudanças globais. É preciso aprimorar o que sabemos da ecofisiologia das espécies nativas e de como elas respondem ao aumento de concentração de gases de efeito estufa. Para tanto é necessário utilizar todas as informações disponíveis do meio físico: imagens de uso da terra, drenagem, clima, relevo e solos.

Alguns casos podem ser estudados, como por exemplo as consequências da deposição de N (NO_x NH₄⁺) na Serra do Mar em Cubatão em função das emissões das refinarias da Petrobras. Através da utilização de um isótopo estável (¹⁵N), é possível

⁴⁴ DE VIVO, M.; CARMIGNOTTO, A. P. Holocene vegetation change and the mammal faunas of South America and Africa. *Journal of Biogeography* v. 31, p. 943–957, 2004.

⁴⁵ NOBRE, Carlos A. ; NOBRE, Antonio D. O balanço de carbono na Amazônia brasileira. *Revista Estudos Avançados*, v. 16, n. 45, p. 81-90, 2002.

⁴⁶ N. do R.: O Programa de Pesquisas em Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo, denominado BIOTA/FAPESP - O Instituto Virtual da Biodiversidade, foi criado em 1999 com base nas premissas da Convenção sobre a Diversidade Biológica. O objetivo é fomentar um amplo programa de pesquisas em conservação da biodiversidade, que subsidie estratégias públicas de planejamento ambiental e desenvolvimento sustentável. O SinBiota é produto de um dos Projetos Temáticos que integram o Programa Biota/Fapesp ("Desenvolvimento e estruturação de um Sistema de Informação Ambiental para o Programa Biota/Fapesp", processo 98/05117-1). Foi financiado pela Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) de 1999 a 2002 (<http://sinbiota.cria.org.br/info/>).

determinar a “taxa” de ocorrência dos diferentes isótopos estáveis de N na planta (partes) em relação ao padrão atmosférico. A quantidade de N está claramente fora dos padrões, e a comparação entre diversas regiões e entre diferentes épocas (através de espécies de epífitas em herbário) mostra que existe uma relação entre a instalação do pólo petroquímico e a quantidade de N nas plantas.

Outro experimento importante é a relação do CO₂ com o jatobá.⁴⁷ Os resultados mostram um aumento da taxa fotossintética em função da alteração da fisiologia da planta (estômatos). O processo de alteração ainda é pouco compreendido.

A quantidade de informação por espécie ainda é muito limitada. Na mata atlântica existem de 180 a 300 espécies arbóreas, e atualmente só existem informações sobre quatro espécies: Jatobá (*Hymenaea courbaril*); Guapuruvú (*Schyzolobium parahyba*); Jacaré (*Piptadenia gonoachanta*) e Jacarandá (*Dalbergia nigra*).

Além da compreensão das espécies, é preciso compreender também a interação biosfera / atmosfera. Estudos, como a “Interação Biosfera-Atmosfera Fase 2: Cerrados e Mudanças de Uso da Terra” (Biota/FAPESP - Coordenador Dr. Humberto R. da Rocha IAG/USP) possuem uma visão integrada, enfocando não somente a reação das espécies, como também o ecossistema como um todo. Trata-se de um enfoque inovador, cada vez mais necessário para o entendimento do ecossistema e aprimoramento das modelagens. Resultados demonstram que existe uma forte sazonalidade do fluxo total CO₂ (perda de C na estação seca e ganho de C na estação chuvosa).

Em relação a novos enfoques, merece destaque a aplicação de grupos funcionais.⁴⁸ Este enfoque vai trazer resultados sobre ciclos de N e C na atmosfera, planta e solo e também sobre a interação biosfera-atmosfera.

Como considerações finais, o Prof. Joly coloca que:

1. Mudanças climáticas estão intrinsecamente correlacionadas com ecossistemas e, conseqüentemente, com biodiversidade;
2. É necessário promover internacionalmente uma aproximação entre os órgãos – Secretariados/SBSTAs/COPs – que coordenam a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima e a Convenção sobre Diversidade Biológica;
3. É imprescindível integrar dentro do Brasil o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Ministério das Minas e Energia, que coordenam as atividades e o posicionamento do Brasil nas COPs das duas Convenções;
4. Quanto aos Programas de Pesquisa, é preciso, por exemplo, mais ecologia e ecofisiologia no LBA e mais estudos atmosféricos e biogeoquímicos no BIOTA. É de fundamental importância promovermos uma maior integração entre as diversas áreas do conhecimento, estimulando a criação/expansão de interfaces. O resultado será um salto qualitativo na nossa capacidade de compreensão, mitigação e adaptação ao aquecimento do planeta que estamos vivendo e que, inevitavelmente, se prolongará por pelo menos dois séculos.

Por fim, o Brasil tem a oportunidade histórica, e a obrigação moral, de iniciar as negociações do Período Pós-2012, propondo uma diminuição voluntária de suas emissões de gases de efeito estufa. Uma redução de 10% dos gases de efeito estufa que o Brasil emite anualmente corresponde a uma redução de, apenas, 15% das taxas atuais de

⁴⁷ AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S.M.C.; BUCKERIDGE, M. S. Efeito do enriquecimento do CO₂ atmosférico sobre o estabelecimento de plântulas de jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Biota Neotropica* v. 2, n. 1, 2002 (www.biotaneotropica.org.br/v2n1/pt/abstract?article+BN01602012002).

⁴⁸ Projeto Temático – Gradiente Funcional: Composição florística, estruturada e funcionamento da floresta ombrófila densa nos núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual Serra do Mar – coords. Carlos A. Joly e Luiz A. Martinelli (www.ib.unicamp.br/destaques/biota/gradiente_funcional/index.html).

desmatamento. Portanto, limitar voluntariamente nossas emissões não é um empecilho para nosso desenvolvimento econômico. Pelo contrário, significa não incinerar nossa rica biodiversidade, dando às gerações futuras a possibilidade de utilizá-la de forma sustentável.

Mesa Redonda 7:

MUDANÇAS CLIMÁTICAS REGIONAIS E ECOSISTEMAS TERRESTRES E AQUÁTICOS

Coordenador:

Reynaldo Victória (CENA/USP)

Debatedores:

Jorge Oscar Rabassa (CADIC/CONICET, Argentina)

Heloisa Sinátori Miranda (UnB)

Peter Mann de Toledo (INPE)

Yara Schaeffer-Novelli (IO/USP)

EL CÁMBIO CLIMÁTICO GLOBAL E SU IMPACTO EN LOS GLACIARES Y EN EL PERMAFROT DE PATAGONIA, TIERRA DEL FUEGO Y LA PENÍNSULA ANTÁRTICA

Jorge Oscar Rabassa

CADIC/CONICET, Argentina

Foram mostrados vários gráficos da concentração de CO₂ ao longo de milhões de anos e da evolução da temperatura ao longo destes anos, mostrando que ambas aumentam e caminham na mesma direção⁴⁹. Além das séries históricas, também foram mostradas uma série de projeções futuras.

Quais os impactos das mudanças climáticas nas diversas regiões do mundo? Certamente as regiões sofrerão conseqüências diferentes e estarão mais ou menos vulneráveis, de acordo com sua localização e preparo para enfrentar o problema. Já se prevê que a região da Antártida, por exemplo, sofrerá grandes impactos decorrentes do aumento da temperatura, como a ruptura de barreiras de gelo e forte desequilíbrio no seu habitat. Na Patagônia já se presencia o derretimento e o deslocamento de placas de gelo.

No caso da América Latina, a capacidade adaptativa da sociedade é baixa, especialmente frente a eventos climáticos extremos. Entre outros impactos negativos, cita-se o aumento da frequência de inundações e secas, que degradarão a qualidade da água; o aumento da intensidade dos ciclones tropicais, que colocarão em risco muitas vidas e propriedades; a redução importante de rendimentos nas colheitas em muitas localidades da América Latina, mesmo se considerarmos os efeitos favoráveis da concentração de CO₂; a ameaça sobre a agricultura de subsistência em algumas regiões. Além disso, a distribuição geográfica de enfermidades se expandirá até os pólos; a biodiversidade será reduzida e os assentamentos humanos costeiros também serão afetados negativamente com a elevação do nível do mar.

Nas regiões polares, os sistemas naturais são extremamente vulneráveis à mudança climática, e os ecossistemas atuais possuem baixa capacidade adaptativa. Comunidades com tecnologias mais desenvolvidas provavelmente se adaptarão mais facilmente,

⁴⁹ Entre outras fontes, foram citadas as seguintes: IPCC Third Assessment Report (TAR), *The Scientific Basis*, 2001, p.6; Scientific American, Oct. 2001, p.9; IPCC Third Assessment Report (TAR), *The Scientific Basis*, 2001, p.14; JACOBY, H. et al. *Uncertainty analysis of global climate projections*. MIT; *The Economist*, April 7, 2001, p.74; IPCC Third Assessment Report (TAR), *The Scientific Basis*, p. 76, 2001.

enquanto as comunidades tradicionais (como as indígenas) sofrerão mais para se adaptar. Espera-se também que a mudança climática nestas regiões será mais forte em termos físico, ecológico, sociológico e econômico. Habitats próximos ao gelo estão ameaçados. Entretanto, alguns ecossistemas podem se adaptar através da migração, de alterações na composição de espécies e, possivelmente, do aumento da produtividade total. Tais regiões, mesmo que as concentrações de gases de efeito estufa sejam estabilizadas, possuem mecanismo de condução da mudança climática que, uma vez presente, continuará por séculos.

Com relação aos acordos internacionais, o Protocolo de Quioto estabelece compromissos de redução de emissões os principais países emissores. Alguns compromissos, como os do Japão, União Européia e, especialmente, dos Estados Unidos (caso estes tivessem aderido ao Protocolo), serão difíceis de se alcançar.⁵⁰

MUDANÇAS CLIMÁTICAS REGIONAIS: QUEIMADAS DE CERRADO

Heloisa Sinátora Miranda & Margarete Naomi Sato

UnB

O Cerrado, que cobre cerca de 2 milhões de km² do território nacional, é um complexo mosaico vegetacional com várias formas fisionômicas, sendo as mais comuns: o campo sujo, uma fitofisionomia exclusivamente herbáceo-arbustiva, com arbustos e subarbustos esparsos; o cerrado *stricto sensu* que apresenta árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com altura média entre 3 e 6 m, e um estrato arbustivo e herbáceo bastante desenvolvido; e o cerradão, uma formação florestal, com aspectos xeromórficos, que apresenta dossel predominantemente contínuo, com cobertura entre 50 e 90% proporcionando condições de luminosidade favoráveis à formação de estratos arbustivo e herbáceo diferenciados. As formas de campo ocupam cerca de 12% da área do Cerrado, 53% são ocupados pela vegetação do cerrado *stricto sensu*, enquanto apenas 8% são ocupados pelo cerradão. O restante da área é ocupada por formas fisionômicas menos representativas como campo úmido, campo rupestre, vereda, mata ciliar, mata de galeria, etc.

A sazonalidade pluviométrica no Cerrado é bem definida, com cerca de 90% da precipitação ocorrendo na estação chuvosa, que vai de outubro a abril. Durante este período há grande produção de biomassa, principalmente de gramíneas, que na próxima estação seca, em sua maioria, estarão inativas, com a maior parte de sua biomassa aérea morta e seca, favorecendo a ocorrência de queimadas. As queimadas, de origem natural ou antrópica, são comuns na região dos Cerrados. Estudos paleoclimáticos e paleovegetacionais em sedimentos de uma vereda localizada em Cromínia (GO) reportam a ocorrência de queimadas há cerca de 32000 anos. Desta forma, o fogo, juntamente com a sazonalidade das chuvas e com o solo pobre em nutrientes, é um dos determinantes da vegetação do Cerrado. As queimadas de Cerrado são caracterizadas como de superfície, consumindo basicamente o combustível fino do estrato herbáceo (gramas e folhas, vivas ou mortas, e ramos finos, com diâmetro menor ou igual a 6 mm). A vegetação do estrato herbáceo representa cerca de 90% do combustível consumido durante as queimadas. Desta forma, a eficiência de queima é maior nas formas mais abertas de Cerrado, uma vez que ramos e troncos, presentes em maior densidade nas formas mais fechadas, não são consumidos durante a passagem da frente de fogo.

⁵⁰ UNFCCC. *The Economist*, April 7, 2001, p. 74.

Para avaliar os efeitos do fogo na vegetação de cerrado *stricto sensu* duas parcelas de 10ha têm sido queimadas, em regime bienal, em junho (J - início da estação seca) e em agosto (A - meio da estação seca) desde 1992, quando estavam protegidas da queima há dezoito anos na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. Antes da primeira queimada prescrita, a biomassa aérea nas parcelas J e A era de 11,5 t/ha e 11,2 t/ha, respectivamente. A biomassa do estrato herbáceo era de 4,6 t/ha em J e de 3,7 t/ha em A e a do estrato lenhoso era 6,9 t/ha em J e 7,5 t/ha em A. Dois anos após a queima, o total de biomassa aérea era 11,3 t/ha em J e 10,6 t/ha em A, sendo que a biomassa do estrato herbáceo era 4,2 t/ha em J e 4,4 t/ha em A. Considerando que o carbono armazenado na vegetação representa 50% do seu peso seco, e que, em média, o cerrado *stricto sensu* acumula 2 t C/(ha.ano), o carbono perdido com as queimadas de 1992 seria repostado em pouco mais de dois anos, independente da época da queima. Entretanto, após cinco queimadas prescritas o total de biomassa aérea foi reduzido para 10,2 t/ha em J e 7,7 t/ha em A, com o estrato herbáceo contribuindo com 3,4 t/ha em J e 2,9 t/ha em A. Neste caso, dois anos não seriam suficientes para repor o carbono perdido nas parcelas, indicando que a contribuição das queimadas de cerrado *stricto sensu* para as mudanças climáticas regionais está relacionada não apenas à frequência de queima, mas também à época em que as mesmas são realizadas.

REGIONAL EFFECTS OF GLOBAL CHANGES IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS: AMAZONIA

Peter Mann de Toledo
INPE

A maior consequência do advento da agricultura foi a explosão da população humana. Além disso, também possibilitou a divisão do trabalho e uma notável conversão dos ecossistemas naturais terrestres em terras aradas. Atualmente, esta tendência de conversão da terra tem continuado, e toda terra capaz de ser aproveitada para produção tem sido convertida para uso agrícola.

A apresentação enfoca as mudanças nos ecossistemas terrestres na Amazônia, quais as principais causas das mudanças e os possíveis efeitos do aquecimento global.

A migração das espécies tem sido verificada há milhões de anos. Além disso, mudanças geológicas também podem provocar alterações no bioma, nos cursos dos rios etc.

Para analisar cenários evolutivos na Amazônia, dois métodos alternativos podem ser empregados:

a) Vicariância: análise através de rios como barreiras, refúgios do Pleistoceno, mudanças paleoclimáticas, dinâmica da planície de inundação, heterogeneidade ecológica, tectonismo e mudança de níveis eustáticos;

b) Especiação parapátrica: análise através da divergência entre gradientes ecológicos.

A Biogeografia de Vicariância é compreendida como a “parte da Biogeografia Histórica que procura, através dos padrões de distribuição de diferentes grupos, uma explicação geral tendo como idéia que a evolução das áreas afeta a evolução dos táxons”⁵¹.

A vicariância refere-se à ruptura de uma população em duas subpopulações, pelo aparecimento posterior de uma barreira. Barreiras representam qualquer fator climático ou topográfico, ou uma combinação de fatores que impossibilitem a distribuição de um

⁵¹ N. do R.: www.fortunecity.com/campus/biology/752/biog11.htm

organismo. Essa barreira pode ter sido originada a partir da ruptura de continentes, ou a partir de outros eventos geológicos, climáticos ou ecológicos, tais como o surgimento de desertos.⁵²

Já a especiação parapátrica ocorre sem que haja isolamento geográfico. Neste modelo, as populações se divergem por adaptação a ambientes diferentes dentro de um continuum na faixa de dispersão da espécie ancestral.⁵³

A adaptação a ambientes distintos que ocorrem ao longo da grande faixa de dispersão da espécie ancestral parece ser a mais importante etapa neste processo de especiação. Muitas vezes pode ser criada uma zona híbrida entre as duas espécies "incipientes" derivadas, cujos híbridos podem possuir diferentes graus de viabilidade ou fertilidade. Esta zona híbrida pode funcionar como barreira ao fluxo gênico entre as duas espécies que estão se diferenciando.⁵⁴

Os elementos de análise histórica são: Palinologia, Paleomastozoologia, Geologia (tectônica e sedimentologia), Biogeografia e Filogeografia, e, finalmente Modelagem Climática.

A modelagem climática, juntamente com a coleta e a interpretação de dados históricos, são as duas aproximações primárias para o estudo do clima passado e produzem uma poderosa indicação. Logicamente, ambas possuem incertezas, mas as incertezas associadas a cada uma delas são independentes.

Vários estudos buscam apontar os determinantes da biodiversidade. Dirzo (2001)⁵⁵ aponta como os principais: as mudanças climáticas, o incremento de gases de efeito estufa, as mudanças no uso da terra e a introdução de espécies invasoras. Já os potenciais forçantes nas florestas tropicais em decorrência das mudanças globais são: temperatura, precipitação, radiação solar, extremos climáticos, concentrações de CO₂ atmosférico, deposição de nutrientes, deposição de ácidos, caça predatória, entre outros.⁵⁶

A Amazônia possui cerca de 430 espécies de mamíferos e 135 endêmicas. Responde por 20% da biodiversidade do planeta, 10% da produtividade primária global e 10% estoque de carbono do planeta.

A pecuária tem papel fundamental na expansão da fronteira. Os principais fatores condicionantes do modelo atual são: a necessidade de garantir a posse da terra, a expansão do rebanho, a degradação da pastagem, e questões ligadas à barreiras sanitárias.

Atualmente existem 64 milhões de bovinos na Amazônia Legal, o que equivale a 32% do rebanho nacional. Levaria aproximadamente 500 anos para a área de floresta que foi desmatada pela pecuária se regenerar.

O conhecimento atual sobre a Amazônia está longe da conclusão e certamente continuará sendo objeto de investigação. Neste processo, é importante analisar criticamente as novas informações, as quais podem, eventualmente, estar em desacordo com os modelos tradicionais.⁵⁷

Finalmente, foram deixadas algumas questões sobre a capacidade dos ecossistemas amazônicos em suportar mudanças regionais e pressões dos padrões de uso da terra:

⁵² N. do R.: www.fortunecity.com/campus/biology/752/biog11.htm

⁵³ N. do R.: www.icb.ufmg.br/~lbem/aulas/grad/evol/especies/especie8.htmlm

⁵⁴ N. do R.: www.icb.ufmg.br/~lbem/aulas/grad/evol/especies/especie8.html

⁵⁵ DIRZO, R. Tropical forests. In: CHAPIN III, F. S.; SALA, O. E.; HUBER-SANNWALD, E., eds. *2001 Global Biodiversity in a Changing Environment. Scenarios for the 21st Century*. Berlin: Springer, 2001, p. 251-276. (Ecological Studies 152)

⁵⁶ LEWIS, S. L.; MAHLI, Y.; PHILLIPS, O. L. Fingerprinting the impacts of global change on tropical forests. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, v. 359, p. 437-462, 2004.

⁵⁷ ROSSETTI, D. F.; TOLEDO, P. M.; GÓES, A. M. 2005. New geological framework for western Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research* v. 63, p. 78-89, 2005.

- Como tratar o clima regional frente ao uso de terra e a vulnerabilidade local?
- Como o clima regional é afetado pelo padrão e escala da mudança de uso da terra?
- Como essas mudanças podem influenciar a vegetação?
- A mudança climática regional induzida pelo desflorestamento nos trópicos pode implicar a savanização de partes da Amazônia?
- Quais são os padrões de mudança de mecanismos de uso da terra? Quais os mecanismos de retroalimentação que irão afetar o padrão de uso da terra? Quais as consequências no futuro dessas mudanças na qualidade de vida e viabilidade de sustentabilidade das populações na região amazônica?
- Quais as vulnerabilidades e riscos mais prováveis ligados às mudanças ambientais irreversíveis na Amazônia? Onde estão localizadas?

Para que os territórios tornem-se sustentáveis, sugere-se a elaboração de uma agenda integrada de pesquisa científica na Amazônia.

REGIONAL CLIMATE CHANGES: LAND AND AQUATIC ECOSYSTEMS

Yara Schaeffer-Novelli

IO/USP

A apresentação teve como principal objetivo despertar o público para refletir sobre aspectos associados a mudanças climáticas, aumento populacional, crescimento econômico e desenvolvimento sustentável.

Ao longo dos últimos 500 anos, a curva da perda de biodiversidade foi crescente, coincidindo com o aumento demográfico, sugerindo algum tipo de relação direta, pelo menos, no que tange às espécies de aves e de mamíferos.

As questões referentes ao crescimento econômico e à globalização seriam determinantes em modificações de ambientes naturais, como fragmentação de ecossistemas, expansão das fronteiras agrícolas, introdução de espécies exóticas e perda de diversidade biológica (principalmente as espécies nativas).

Atenção especial foi dada ao caso do cultivo do camarão marinho, oferecendo, por um lado, expressivas vantagens econômicas para o empreendedor (elevada rentabilidade e lucratividade em curto espaço de tempo), mas gerando passivos ambientais e sociais nas áreas costeiras tropicais onde se instalam.

Comentando sobre as tecnologias, no caso destas alavancarem crescimento e, supostamente, o desenvolvimento, foi destacado que essas ferramentas têm apresentado como resultado a necessidade de gerar novas tecnologias, capazes de resolver os impactos e/ou problemas delas oriundos. Enfoque especial foi dado ao fato de que tecnologias não substituem a ética.

Atualmente, as grandes questões das gerações presente e futuras são:

- De onde viemos? Onde estamos? Para onde vamos?
- Qual a real percepção da sociedade (atual) diante dos problemas ambientais, maximizados pelas mudanças climáticas?

A apresentação logrou reunir conhecimento científico que, juntamente com o público presente, levou à proposição de ações para atendimento às questões debatidas.

Questões que ficaram:

- Tais ações serão efetivadas? Quando?

MUDANÇAS GLOBAIS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Conferência 2:

RELAÇÕES INTERNACIONAIS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM PAÍSES EMERGENTES

Luiz Gylvan Meira Filho

Professor Visitante do Instituto de Estudos Avançados - Universidade de São Paulo
(IEA/USP)

A apresentação do Dr. Meira Filho enfocou os desafios existentes para a compreensão do sistema climático global, em especial suas dinâmicas e a interferência do homem. Esta compreensão é fundamental para que se possa realizar previsões adequadas.

Existem duas esferas aonde o problema deve ser debatido: a esfera científica e a esfera política. Ambas são necessárias, porém o histórico de relações entre cientistas e políticos mostra que a coordenação entre as duas esferas nem sempre é fácil. As dificuldades ocorrem por divergências profundas, uma vez que os cientistas normalmente estão acostumados a compartilhar o conhecimento, enquanto a política internacional é um jogo de trocas.

Desde 1957-1958, quando foi decretado o Ano Geofísico Internacional⁵⁸, passando pela criação do Comitê sobre Pesquisa Espacial (COSPAR)⁵⁹ do Conselho Internacional de Uniões Científicas (ICSU)⁶⁰, pela publicação do relatório sobre mudança não intencional do clima, na década de 1970, até a recomendação da Academia Nacional de Ciências dos EUA em 1988, vários foram os momentos em que o sistema climático foi discutido em ambas as esferas. Apesar dos esforços envidados ainda não foram encontradas respostas adequadas, dado que o problema não possui precedentes.

Com a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)⁶¹ em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial, foram estabelecidas as bases para a primeira reunião intergovernamental sobre mudança do clima em 1990 e para o estabelecimento de uma Resolução da Assembleia-Geral da ONU em 1990. Esta Resolução deu o mandato para a negociação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.⁶² Na verdade, o primeiro relatório do IPCC já continha a minuta da Convenção. A Convenção é importante, pois coloca a discussão do problema no contexto do multilateralismo e não através de sistemas controlados (como por exemplo o International Research Institute for Climate and Society

⁵⁸ N. do R.: “Following a suggestion by NAS member Lloyd Berkner, the International Council of Scientific Unions in 1952 proposed a comprehensive series of global geophysical activities to span the period July 1957-December 1958. The International Geophysical Year (IGY), as it was called, was modeled on the International Polar Years of 1882-1883 and 1932-1933 and was intended to allow scientists from around the world to take part in a series of coordinated observations of various geophysical phenomena.” (www.nas.edu/history/igy/)

⁵⁹ N. do R.: “COSPAR's objectives are to promote on an international level scientific research in space, with emphasis on the exchange of results, information and opinions, and to provide a forum, open to all scientists, for the discussion of problems that may affect scientific space research. These objectives are achieved through the organization of Scientific Assemblies, publications and other means.” (www.cosparhq.org/)

⁶⁰ N. do R.: www.icsu.org

⁶¹ N. do R.: www.ipcc.ch

⁶² N. do R.: www.unfccc.int

- IRI⁶³). Caso haja o colapso do sistema de negociação, a discussão deverá voltar à Assembléia Geral da ONU (no âmbito político).

A discussão científica, por sua vez pode continuar nos fóruns adequados, como o IPCC. O IPCC originalmente era constituído por três grupos de trabalho: I) ciência; II) impactos e estratégias de resposta; e, III) um grupo de países em desenvolvimento. Este último grupo acabou sendo eliminado. Foi estabelecido um sistema de co-presidentes para os grupos de trabalho, um representante de país industrializado e outro representante de país em desenvolvimento. O IPCC também deu origem a institutos regionais como o START⁶⁴ e o IAI (Américas)⁶⁵. Estes institutos são importantes, pois permitem maior envolvimento das comunidades científicas de países em desenvolvimento. Ainda seria necessário estender o modelo para outras regiões como a África e a Ásia. No Brasil, merece destaque o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)⁶⁶, que foi elogiado em editorial da Science Magazine.⁶⁷

Independentemente da esfera aonde ocorra o debate, é necessário que haja uma cooperação global. A comunidade científica e as grandes empresas estão acostumadas com a cooperação. Prova disto são as declarações do Painel Inter-Academias (IAP)⁶⁸ e do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD)⁶⁹.

Para estabelecer esta cooperação foi necessária a introdução de novos conceitos tais como “*global commons*”^{70 71}; *cidadania planetária*⁷²; e a *responsabilidade objetiva* (ressarcimento de danos, independentemente de leis⁷³)

⁶³ N. do R.: “The mission of the IRI is to enhance society's capability to understand, anticipate and manage the impacts of seasonal climate fluctuations, in order to improve human welfare and the environment, especially in developing countries. This mission is to be conducted through strategic and applied research, education and capacity building, and provision of forecast and information products, with an emphasis on practical and verifiable utility and partnerships.” (iri.ldeo.columbia.edu/)

⁶⁴ N. do R.: “Global environmental change and the complex dependency of humans to the Earth's natural systems and resources pose a significant challenge to society in embracing the sustainable development paradigm. This challenge is greatest in developing regions of the world, which are the most vulnerable to changes in the environment, but lack sufficient numbers of scientists to conduct necessary regional and local-scale research into environmental changes and to inform their decision-making communities. START, the global change SysTEM for Analysis, Research and Training, provides an international framework for such capacity building.” (www.start.org/)

⁶⁵ N. do R.: “The IAI is an intergovernmental organization supported by 19 countries in the Americas dedicated to pursuing the principles of scientific excellence, international cooperation, and the open exchange of scientific information to increase the understanding of global change phenomena and their socio-economic implications. The IAI pursues the principle of scientific excellence, international cooperation and the full and open exchange of scientific information relevant to global change.” (www.iai.int/)

⁶⁶ N. do R.: www.cptec.inpe.br/

⁶⁷ N. do E.: HUNTINGFORD, Chris; GASH, John. Climate Equity for All. *Science* v. 309, p. 1789, 16 Sept. 2005. A citação a que se refere o Dr Meira Filho é a seguinte: “There is strong argument for concentrating scientists at centers of excellence in the developing world. When Carlos Nobre directed the Brazilian Center for Weather Forecasting and Climate Research in the 1990s, he initiated collaborations with experts in the United Kingdom and United States, building a critical mass of local expertise. As a result, Brazil now includes climate change in its long-term planning for economic and land use development.”

⁶⁸ N. do E.: “The InterAcademy Panel on International Issues (IAP) is a global network of the world's science academies, launched in 1993. Its primary goal is to help member academies work together to advise citizens and public officials on the scientific aspects of critical global issues. IAP is particularly interested in assisting young and small academies achieve these goals and, through the communication links and networks created by IAP activities, all academies will be able to raise both their public profile among citizens and their influence among policy makers.” (www4.nationalacademies.org/iap/iaphome.nsf)

⁶⁹ N. do E.: World Business Council for Sustainable Development – WBCSD (www.wbcsd.ch/)

⁷⁰ N. do E.: Há um problema clássico na economia conhecido como *problema dos bens comuns* (no original *tragedy of the commons*) que é discutido em livros de microeconomia em nível intermediário. Ele ocorre quando existe um recurso limitado e divisível, de acesso generalizado, p. ex. a pesca no oceano. Sob a ótica econômica, a solução privada leva a uma sobreexploração do recurso. Isso ocorre porque os direitos de

Outro ponto importante da cooperação é a discussão sobre competitividade entre países. Para evitar a mudança climática será preciso mudar o padrão de produção de energia, o que certamente trará impactos na competitividade econômica/comercial dos países. Reflexos no comércio internacional também são esperados.⁷⁴

Neste novo ambiente de discussão e cooperação internacional, o papel e o desempenho dos países emergentes tornam-se pontos importantíssimos. É preciso lembrar que nestes países uma porcentagem significativa da população ainda precisa ser incluída na economia formal. É evidente que esta parcela não pode ser incluída seguindo o padrão de consumo atual, que claramente não é sustentável. O combate à pobreza e o processo de inclusão tornam-se portanto pontos decisivos desta cooperação.

O processo de decisão deve ser racional, buscando maximizar a função utilidade levando em consideração os custos da prevenção, os danos, a distribuição dos custos no tempo, a aversão ao risco e as incertezas.

Algumas questões merecem destaque:

- 1) Como rebater para hoje os custos distribuídos no tempo?
- 2) Qual é o fator de aversão ao risco?
- 3) Qual é o custo marginal de redução das emissões?

Não são perguntas simples de se responder. São debates profundos entre *perdedores* e *ganhadores*. A repartição do ônus entre países (objetivo das negociações internacionais) depende da escolha de um critério adequado entre os seguintes: equidade; “*fairness*” (equilíbrio de interesses conflitantes); ou responsabilidade comum porém diferenciada. Cada critério traz vantagens e desvantagens, facilidades e dificuldades.

O discurso de inclusão do Brasil, da China e da Índia no Protocolo de Quioto acaba sendo uma discussão equivocada, uma vez que todos os países são responsáveis e não é possível que um único país sequer continue emitindo indiscriminadamente.

Algumas das idéias apresentadas para tentar achar uma repartição adequada são:

- 1) Contração e convergência⁷⁵ (todos têm direito a emissões iguais);
- 2) Responsabilidade objetiva (ônus de cada país deve ser proporcional à contribuição);⁷⁶

propriedade não estão bem definidos, produzindo ineficiência como resultado das interações econômicas dos indivíduos envolvidos. O conceito de *bens comuns globais* (*global commons*) consiste apenas na extensão do conceito de bens comuns para problemas globais como, p. ex. o aquecimento global. Ensaios interessantes sob essa ótica podem ser encontrados, *inter alia*, em KAUL, I.; GRUNBERG, I. ; STERN, M. A., eds. *Global Public Goods – International Cooperation in the 21st Century*. New York: Oxford University Press, 1999.

⁷¹ A inclusão da Amazônia dentro deste conceito gerou certo “desconforto” em alguns setores nacionais.

⁷² Na preparação da Cúpula do G8 + 5 foi organizada uma conferência científica com a seguinte pergunta (política): como evitar a “interferência antrópica perigosa no sistema climático”; e os cientistas deveriam se comportar como cidadãos planetários, esquecendo a negociação entre países.

⁷³ Neste caso vale destacar a posição dos países insulares, que apesar de assinarem a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, não abrem mão de eventuais ressarcimentos.

⁷⁴ O GATT e a OMC querem eliminar possíveis restrições não-tarifárias relacionadas à questão ambiental.

⁷⁵ N. do E.: A proposta mais refinada de contração e convergência foi feita pelo Global Commons Institute em 1996. Na fase de contração, os governos entrariam em acordo quanto a uma trajetória de emissões globais que levaria à estabilização das concentrações de gases de efeito estufa. A repartição do orçamento de emissões globais se faria de modo a assegurar a cada país a convergência linear a mesma alocação por habitante em uma determinada data futura, p. ex. 2030. Para detalhes, veja MEYER, A. *Contraction and Convergence – The Global Solution to Climate Change*. Global Commons Institute, Schumacher Briefing N° 5, 2000. (www.gci.org.uk/)

⁷⁶ N. do E.: É também conhecida como *responsabilidade histórica*. A Proposta Brasileira para um protocolo (FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3) feita para o Ad-hoc Group on the Berlin Mandate (AGBM), e que inspirou o Protocolo de Quioto em muitos aspectos, é um exemplo da idéia de responsabilidade objetiva. A Proposta Brasileira está disponível em www.unfccc.int.

- 3) Direito adquirido (quem chegou primeiro, emite);⁷⁷
- 4) Integração regional (caso da União Européia);⁷⁸
- 5) Preços iguais de redução de emissões.⁷⁹

Todas devem buscar determinar a atribuição de causa da mudança do clima, separando fatores naturais e antrópicos. Em relação aos fatores antrópicos é preciso distinguir entre aqueles que estão incluídos na Convenção e os que não estão.

A não-linearidade do sistema climático e a separação dos fatores convencionais são os grandes desafios. A biosfera (estoques de carbono) deve ser vista como parte do sistema climático e, portanto, é necessário separá-la das emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

Por fim, o estabelecimento do Regime pós-2012 é uma incógnita no momento atual. As discussões da COP/MOP de Montreal devem se limitar em estabelecer o mandato de negociação, evitando-se discussões de conteúdo.⁸⁰

⁷⁷ N. do E.: Esta proposta favorece os países desenvolvidos em detrimento dos países em desenvolvimento no seguinte aspecto: admite-se que os países desenvolvidos emitam, mas o mesmo não é permitido aos países em desenvolvimento. Logo, os países em desenvolvimento devem adotar tecnologias menos poluentes desde o início de seu processo de crescimento.

⁷⁸ N. do E.: Para os blocos, é possível a adoção de compromissos de redução de emissões para o conjunto e, depois, repartir esses compromissos para cada país de uma forma diferenciada. A União Européia utilizou como base para essa repartição o enfoque tríptico (*Triptych approach*), que define limites de emissões para três setores individuais (indústria pesada, produção de eletricidade e setor doméstico) e adiciona as emissões setoriais a fim de obter as emissões totais. Uma discussão da proposta pode ser encontrada em GROENENBERG, H.; PHYLIPSEN, D.; BLOK, K. Differentiating commitments world wide: global differentiation of GHG emissions reductions based on the Triptych approach – a preliminary assessment. *Energy Policy* v. 29, n. 12, p. 1007-1030, 2001.

⁷⁹ N. do R.: Ver a proposta de Warwick McKibbin. *Sensible Climate Policy*. Sydney: Lowy Institute for International Policy, Feb. 2005 (Lowy Institute working paper).

⁸⁰ N. do E.: Esta conferência foi proferida antes da realização da COP/MOP de Montreal em 2005.

Mesa Redonda 8:

MUDANÇAS GLOBAIS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Coordenação:

Wagner Costa Ribeiro (FFLCH/USP)

Debatedores:

Jacques Marcovitch (FEA/USP)

Eduardo Viola (UnB)

Luiz Gylvan Meira Filho (IEA/USP)

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Jacques Marcovitch

FEA/USP

O Dr. Marcovitch procurou responder às seguintes perguntas em sua exposição: 1) Quais são as etapas para um novo regime de redução de emissões? 2) Como os Estados lidarão com as opções a serem confrontadas? 3) Quais as perspectivas para as negociações internacionais em andamento?

Apesar do Estado deter um papel central nas relações internacionais, os protagonistas sociais têm tido uma importância crescente nos processos de comunicação e decisão. Por isso é preciso aprofundar o conhecimento das leituras da realidade, das manifestações de expectativas e das proposições de compromissos. Com seus reflexos globais, as mudanças climáticas exigem três leituras simultâneas de tempos distintos e valores próprios:

1. A *leitura científica* movida pela lógica do conhecimento, de caráter universalista com horizonte de longo prazo. A leitura científica observa que, mesmo atingidas as metas acordadas, terão elas um impacto ainda insuficiente para reduzir as causas antrópicas e suas graves conseqüências.
2. A *leitura política*, movida pela lógica do poder, prioriza interesses locais e regionais. Os momentos de tragédia (eventos climáticos extremos) forjaram lideranças, desenvolveram a consciência ambiental, fortaleceram “partidos verdes” e organizações dedicadas à causa ambiental
3. A *leitura empresarial* é movida pela lógica dos resultados e, conseqüentemente, pelos interesses imediatos dos acionistas. Investidores institucionais, no entanto, como fundos de pensão, privilegiam corporações voltadas para políticas de sustentabilidade. Eis aí um dos motivos que levaram empresas a adotarem iniciativas voluntárias de redução das suas emissões de gases de efeito estufa, antes mesmo da entrada em vigor do Protocolo de Quioto. Outra motivação está no acesso a mercados que exigem padrões de emissões ou a financiamentos por meio de agentes que aderiram ao protocolo verde. Mercados e financiadores que, além do rigor econômico, impõem a responsabilidade ambiental como parte do seu processo decisório.

As leituras fazem avaliações conflitantes que apresentam janelas de complementaridade. É o caso do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que almeja oferecer uma conciliação das três visões mencionadas.

O Brasil merece destaque, uma vez que tem empreendido ações pioneiras de redução da emissão de gases de efeito estufa nos setores sucro-alcooleiro, siderúrgico e de saneamento; além disto tem avançado na observação de suas condições atmosféricas e na geração de dados sobre os seus ecossistemas. Infelizmente estes esforços não foram suficientes. Faltam, por exemplo, maiores avanços no conhecimento da realidade amazônica e no combate ao desmatamento.

As expectativas e promessas de compromissos para pós-2012 manifestadas podem ser agrupadas em quatro conjuntos:

1. Expectativas da comunidade científica, enunciadas conjuntamente por várias Academias Nacionais de Ciências, estão centradas em três focos: 1) realização de um estudo internacional para definir alvos de concentrações de gases de efeito estufa e cenários de emissões que levem os países a evitar os efeitos considerados como inaceitáveis; 2) o desenvolvimento de tecnologias eficientes para uso de energias limpas; 3) a identificação de medidas cuja relação custo-benefício justifique sua adoção imediata para uma redução substancial e de longo prazo das emissões causadoras de mudanças climáticas.
2. Propostas de empresas globais, feitas em uma Declaração que precedeu o encontro do G-8 realizado em julho de 2005, resumem-se em: a) que se estabeleça uma estrutura global de mercado de emissões com vigência até 2030 e com indicativo de extensão até 2050; b) que sejam definidos limites para as emissões de gases de efeito estufa a serem cumpridos através de sistemas *cap-and-trade* e outros mecanismos de mercado; c) que se induzam tecnologias limpas capazes de reduzir a emissão de gases ao longo do ciclo de vida dos produtos; d) que sejam simplificados os procedimentos do MDL para reduzir o custo dos projetos; e) que se estabeleça uma harmonização das metodologias existentes para reportar e contabilizar as emissões de gases das empresas.
3. Ação de lideranças políticas de países emergentes (Brasil, China, Índia, México e África do Sul) que, além de enfatizarem responsabilidades diferenciadas dos países desenvolvidos, empenham-se na adoção de estratégias de longo alcance, tais como: a modificação dos padrões de consumo, em especial de energia, para elevar a eficiência energética e promover fontes renováveis, entre elas os biocombustíveis (como etanol e biodiesel); financiamento de medidas de adaptação aos efeitos adversos inevitáveis das mudanças climáticas.
4. Reiteração na Declaração de Gleanegles dos seguintes pontos: a) consolidação de mecanismos de mercado para a redução de gases de efeito estufa e disseminação de tecnologias limpas; b) alocação de recursos financeiros através de agências multilaterais como o Banco Mundial e a Agência Internacional de Energia; c) priorização de desafios como a elevação da eficiência energética, a inovação tecnológica, o financiamento da transição para as energias limpas e o combate ao comércio ilegal de madeira nativa (tendo em vista a preservação de sumidouros de carbono, como a Amazônia).

O conjunto destas expectativas e compromissos declarados ao longo deste ano de 2005 revelam convergências e dissonâncias. As convergências dizem respeito aos objetivos globais almejados e ao desenvolvimento de tecnologias limpas e eficientes. As dissonâncias verificam-se na repartição das responsabilidades, na forma de alcançar os objetivos almejados, nos mecanismos que viabilizem redução de emissões e mobilidade de tecnologias limpas.

Aos protagonistas brasileiros cabe, agora, além das ações voluntárias para a implementação do Protocolo de Quioto, influir na configuração das bases legais das

decisões que devem resultar da Convenção das Partes (COP-11), a se realizar em Montreal.⁸¹

Às lideranças científicas, empresariais e políticas cabe projetar as possíveis implicações do regime pós-2012 e preparar-se com instrumentos quantitativos para elevar ainda mais a competência negociadora do Brasil nesta área.

Aos dirigentes mundiais cabe agora responder pela garantia da paz, defesa da liberdade, consolidação democrática e preservação da natureza como forma suprema de garantir o bem-estar das próximas gerações. A reunião de Montreal é mais uma oportunidade para que estas lideranças afirmem sua missão, apesar de eventuais conjunturas adversas. Na mesa está posta uma agenda ambiental que, além de medidas pontuais e urgentes, incluem os preparativos do regime pós-2012.

EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DO REGIME INTERNACIONAL DE MUDANÇA CLIMÁTICA (1990-2005)

Eduardo Viola
UnB

O Dr. Viola colocou que, para compreender a complexidade dos problemas ambientais globais e da mudança climática em particular, é necessário diferenciar quatro grandes dimensões internacionais de clivagem (linha divisória) e alinhamento:

1. Interestatal: fonte fundamental de competição e cooperação, aonde os os EUA ocupam uma posição de superpotência. Essa dimensão é fundamental nos problemas ambientais globais, à medida que são os Estados as partes contratantes nos regimes internacionais.
2. Civilizatória: ocidental (papel de destaque); latino-americana (alta heterogeneidade); eslava (em processo de aproximação com o Ocidente); japonesa (em plena convergência com a ocidental); confuciana (impulsionada na direção da convergência com o Ocidente por causa do vetor tecnológico e impulsionada para se distanciar do Ocidente pelo vetor sociopsicológico); islâmica (atualmente em processo de confronto com a civilização ocidental); hinduísta (mantém-se distante do Ocidente ao conservar o regime de castas, mas aproxima-se do Ocidente por causa do vetor tecnológico e pela democracia política); e africana (em processo de devastadora regressão).
3. Democracia versus não-democracia
4. Dentro do mundo democrático a clivagem entre liberalismo e comunitarismo: o liberalismo é a corrente dominante em todos os países democráticos desenvolvidos (exceto no Japão) e em alguns democráticos emergentes (Chile, Polônia, Hungria) e se baseia no predomínio do indivíduo sobre os grupos, no predomínio do mercado sobre a política, na meritocracia e na representação política com participação esporádica através dos partidos políticos; o comunitarismo se baseia no predomínio do grupo sobre o indivíduo, no predomínio da política sobre o mercado (sendo que nas suas formas mais extremas existe uma rejeição do mercado) e na alta participação política através de múltiplas estruturas associativas, que podem ser mais adscritivas (em função do gênero ou da etnia) ou mais baseadas nas opções construídas individualmente. A maior parte do ambientalismo adscribe-se a

⁸¹ N. do E.: Esta conferência foi proferida antes da ocorrência da COP/MOP em Montreal, no final de 2005.

concepção comunitarista o que dificulta a comunicação e inserção plena de suas propostas no sistema internacional.

Dentro deste cenário, a negociação original do Protocolo de Quioto (1997) representou uma vitória parcial da cultura americana (instrumentos de mercado, como o comércio de cotas de emissão entre países desenvolvidos, complementares aos limites de emissão) sobre a cultura europeia. Porém, o Protocolo de Quioto, ao impor limitações, afeta em maior grau os EUA e Austrália, que são economias com alta orientação ao risco e à inovação, favorecendo economias menos dinâmicas como a União Europeia e o Japão.

Outro problema fundamental do Protocolo é que este não inclui limitações para países com rápido crescimento econômico: China e Índia, cujas emissões decorrem da matriz energética; e o Brasil, cujas emissões decorrem das falhas (dinâmica de governabilidade) ao combate ao desmatamento. O Protocolo de Quioto é frágil do ponto de vista das relações internacionais, uma vez que estas relações são de poder e de estratégia. E ele não será efetivo por não atuar no centro do sistema, que são os EUA.

Para que seja efetivo um regime de mitigação de emissões de carbono, seja uma extensão do Protocolo de Quioto ou, o que é mais provável, outro protocolo, é preciso uma negociação em uma arena focalizada, fora da ONU. Esta negociação deve ocorrer entre todos os países fundamentais no ciclo global do carbono - EUA, Canadá, União Europeia, Japão, Austrália, Brasil, México, China, Índia, Rússia, Indonésia, África do Sul, Irã e Arábia Saudita. Os países desenvolvidos deveriam aceitar reduções de emissões, e os países emergentes, significativas reduções de suas curvas de crescimento de emissões.

Em relação à Proposta Brasileira, o Prof. Viola argumenta que ela é tecnicamente robusta, legítima de um ponto de vista histórico e está moldada por um enfoque teórico baseado em direitos universais da população mundial ao uso da atmosfera como bem público mundial. Pode ser considerada utópica por estar bem longe da realidade do poder mundial no início do século XXI, mas é provável que a Proposta Brasileira acabe contribuindo para a melhoria do poder de barganha dos países emergentes em futuras negociações do regime climático, especialmente para o estabelecimento de seus compromissos de redução da curva de emissões a partir de 2010, caso se continue com a arquitetura de Quioto.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Luiz Gylvan Meira Filho
IEA/USP

De acordo com o Dr. Meira Filho, China, Índia e Brasil não conseguiriam modificar a posição norte-americana devido a interesses econômicos específicos. Caso estes países venham a assumir metas de redução, a próxima linha de defesa dos EUA seria colocar novamente em dúvida as conclusões científicas.

A resistência do setor do carvão nos EUA se explica pelo fato de que este setor auxiliou o país durante o choque do petróleo, realizando grandes investimentos que precisariam ser recuperados. Ao reduzir as emissões nos EUA, este setor sofreria impactos econômicos, porém o impacto seria menor na economia do país como um todo. Seria necessário pensar em mecanismos de compensação.

O Senado norte-americano por sua vez, coloca a necessidade de um acordo “*fair*”, ou seja, que leve em conta de forma equilibrada os interesses conflitantes. Trata-se de um conceito diferente de “justo”.

Combater o efeito estufa traz ganhos e perdas não somente dentro dos países, mas também entre países. Um exemplo é a Arábia Saudita, que exige compensação econômica para as perdas decorrentes da redução de suas exportações.

Outra consequência do combate ao efeito estufa seria a alteração na competitividade relativa dos países (em especial, EUA, UE e Japão), uma vez que os produtos industriais exportados por estes países são muito dependentes da energia. Segundo os críticos do Protocolo de Quito, não pode haver mudanças na competitividade. A fim de flexibilizar o combate ao efeito estufa, o Protocolo de Quioto trabalha com um cesta de gases.

A sociedade brasileira deveria tomar medidas para reduzir as emissões e depois cobrar do governo medidas para o combate ao desmatamento. É preciso também definir quais são os interesses nacionais em relação ao tema, tanto do ponto de vista de impactos potenciais (adaptação), como também do ponto de vista de ações mitigadoras. As emissões históricas do país levam a uma responsabilidade objetiva, porém não nula, aonde metas precisam ser pensadas sob a ótica do planejamento. Ou seja, é preciso estabelecer programas (p. ex. combate ao desmatamento) com metas adequadas. O Artigo 4 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima já estabelece metas para o Brasil.⁸²

Em relação ao regime futuro, é preciso mais criatividade, com a adoção de diferentes tipos de metas: metas específicas com prazos mais curtos e metas menos precisas (tecnologia) e com prazos mais longos.

⁸² N. do E.: O texto completo da Convenção está em www.unfccc.int. O conferencista não fala em “metas” no sentido de “compromissos de redução de emissões”, mas somente como “diretrizes da política governamental a serem obedecidas”.

MUDANÇAS GLOBAIS E A PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE

Conferência 3:

MUDANÇAS AMBIENTAIS E A PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE

Guillermo Foladori

Universidad Autónoma Zacatecas, México

Uma reflexão sobre o papel da ciência leva à conclusão de que ela deve se desenvolver num sentido que busque a satisfação das necessidades sociais. Entretanto, há evidências de que a ciência se justifica por si própria, desconsiderando, de certa forma, as necessidades sociais. Esta palestra pretende chamar a atenção para esse fato e proporcionar uma reflexão sobre a prática científica.

Durante o século XX e, especialmente a partir de 1980, registros comprovam que houve um aumento violento no número de *desastres* relacionados a variações climáticas no mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, não houve um incremento no número de furacões nas últimas décadas. Entretanto, a força e a intensidade dos furacões aumentaram.

Deve-se destacar a diferença entre evento climático (que possui uma determinada força associada a ele) e os impactos econômico e social causados por este evento. O poder de destruição de um evento não depende somente, nem principalmente, da intensidade do evento climático, mas principalmente do sujeito que ele atinge. Neste sentido, é interessante destacar que, ao ajustar os eventos ocorridos há mais de um século às condições socioeconômicas atuais, é bastante provável que eles pudessem ter causado maiores impactos sobre a economia do que os eventos observados recentemente.

Pielke e Sarewitz⁸³ ajustaram as perdas históricas (a partir de 1900) decorrentes de furacões nos EUA para o ano de 2001, baseados na inflação, população e saúde. Concluíram que muitos eventos passados produziram prejuízos extremamente maiores do que aqueles verificados mais recentemente.

Apesar de não estar cientificamente clara a relação direta entre um evento extremo (como, por exemplo, um tsunami ou o furacão Katrina) e a mudança do clima, é muito comum observar artigos e reportagens que postulam essa relação.

Assim, dado que a mudança do clima foi considerada basicamente a partir da década de 1980 como eixo dos principais problemas ambientais, devemos analisar qual é o papel da ciência a partir de então.

Anteriormente, os problemas ambientais eram concretos e visíveis, tais como poluição da água, por exemplo. A partir de 1980, as discussões se voltam para aspectos mais abstratos, de difícil percepção, como o aquecimento global. Perguntas sobre a origem, as causas e conseqüências deste fenômeno são mais difíceis de serem respondidas, e a magnitude do problema somente pode ser avaliada cientificamente.

A centralização da discussão ambiental na mudança do clima:

- a) reflete a unificação ideológica da espécie humana face a um problema comum (a mudança do clima está relacionada à biodiversidade, produção e produtividade, doenças etc.);
- b) reflete a idéia de inter-relação entre fenômenos e ciclo de vida;
- c) passa a culpar os humanos pelos problemas ambientais;
- d) racionaliza a demanda;

⁸³ PIELKE JR, Roger; SAREWITZ, Daniel. Bringing Society Back into the Climate Debate. *Population and Environment*, v. 26, n. 3, 255-268, Jan. 2005.

e) oferece uma solução para o problema, a saber a redução das emissões de dióxido de carbono;

f) a ciência torna-se avaliadora da problemática ambiental, elitizando a discussão.

Especialmente após 1990, nota-se uma mudança na percepção da sociedade descrita no quadro a seguir.

Antes de 1990	Após 1990
- os problemas ambientais possuíam diferentes causas concretas;	- os problemas ambientais passam a ter um único responsável: o aquecimento global;
- argumentos éticos predominavam;	- argumentos científicos passam a predominar;
- os problemas eram concretos e visíveis;	- os problemas se tornam abstratos e invisíveis;
- os responsáveis pelos problemas ambientais (tanto os prejudicados quanto os beneficiados) eram conhecidos/identificados.	- não é mais possível identificar o agente responsável pelos problemas ambientais. Os problemas passam a ser de responsabilidade da humanidade.

Além disso, entidades especializadas em estudar a mudança do clima são criadas e recursos financeiros vultosos são destinados à pesquisa. Em 1990, cria-se o Programa de Pesquisa de Mudanças Globais dos EUA (*US Global Change Research Program*), com o objetivo de evitar a mudança global por meio da pesquisa. Neste mesma época, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) alerta que o problema teria como causa as atividades antrópicas.

A partir de então surgem grandes dificuldades e incertezas: qual seria o clima normal? Como distinguir as causas antrópicas?

Como resultado, presencia-se um significativo aumento de pesquisas na área, mas uma redução nas ações propriamente ditas.

Neste mesmo sentido, a ONU declarou que a década de 1990 teria como ênfase a redução dos desastres naturais, destinando US\$ 20 milhões para esse fim. Porém, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) e o IPCC receberam US\$ 21 milhões somente entre 1998 e 1999 para estudar o clima. Desta maneira, os recursos destinados à mudança do clima em apenas dois anos foram superiores aos alocados durante uma década para os estudos de eventos extremos.

A ciência vem se perguntando como a atividade humana altera o ambiente, ao invés de perguntar como satisfazer às necessidades humanas. Assim, acredita-se sob essa ótica que a tecnologia possa solucionar os problemas do aquecimento global (Delphi Group, 2005)⁸⁴. Conseqüentemente, as alternativas encontradas são sempre técnicas, e acabam implicando em mais pesquisa.

No entanto, nem sempre a solução correta é encontrada com mais pesquisa científica. A tecnologia não substitui uma política social adequada. É extremamente

⁸⁴ DELPHI GROUP. *High-Tech & Climate Change: Promoting the application of enabling & high-tech solutions to reduce GHG emissions*. Ottawa: Delphi Group, 2003 (para o sumário executivo veja www.delphi.ca/reports/high_tech%20climate_change_execsum.pdf).

importante que a política esteja em sintonia com as necessidades da sociedade. Não adianta uma pesquisa científica de alta qualidade sem que exista vontade política para as mudanças necessárias.

Como exemplo, pode ser citado o caso do furacão Ivan (de categoria 4-5), que teve impactos diferentes sobre as áreas por onde passou nos EUA e em Cuba. Enquanto nos EUA, apesar da elevada experiência e capacidade de previsão, o furacão provocou dezenas de mortos, em Cuba não houve nenhum óbito. Isto foi resultado, neste último país, de uma mobilização da sociedade na prevenção do evento, através do deslocamento das pessoas em áreas de risco para locais mais seguros. Outro caso, relacionado à saúde, foi a capacidade de mobilização da sociedade para o combate aos mosquitos transmissores da malária no Vietnã e na China.

Conclui-se, em primeiro lugar, que a ciência deve estar voltada para satisfazer às necessidades sociais. Se não for este o objetivo, não existirá uma ciência de verdade. Em segundo lugar, não adianta apenas ter ciência. É preciso ter apoio político para pôr em prática as ações indicadas pela ciência.

Debate:

Foi discutida a questão da mudança do clima (considerada um problema comum) frente à necessidade de mobilização da sociedade (que é uma questão séria ainda não resolvida).

Ficou claro que existe uma elitização da ciência, em que grande parte da população desconhece seus avanços e benefícios. Neste sentido, torna-se difícil esclarecer totalmente a questão do aquecimento global para a maioria da população. Por outro lado, deve-se garantir que as necessidades desta população sejam satisfeitas, através de uma política energética que ande em conformidade com o problema do aquecimento global, via distribuição de recursos que incentivem estudos na área.

Portanto, este é um momento de reflexão crítica sobre o papel da academia frente à sociedade:

- A academia está conseguindo satisfazer às necessidades da sociedade?
- A ciência está colocando o problema do aquecimento global como central. Será que, para a sociedade, este também é um problema central?

Mesa Redonda 5:

MUDANÇAS GLOBAIS E A PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE

Coordenador:

Cristiane Derani (UNISANTOS/UEA)

Debatedores:

Walter Baethgen (International Research Institute for Climate Prediction, Estados Unidos)

Cláudia Natenzon (Universidad de Buenos Aires, Argentina)

Maria da Graça Barros Sartori (Universidade Federal de Santa Maria – UFSM)

Henri Acselrad (IPPUR/UFRJ)

EXPERIÊNCIAS DO INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR CLIMATE AND SOCIETY (IRI)

Walter Baethgen

International Research Institute for Climate and Society (IRI), Estados Unidos

Os conceitos de “variabilidade climática” e “mudança climática”, são muitas vezes confundidos. O tempo é uma variável contínua, e torna-se muito difícil distinguir quando a variabilidade climática termina e a mudança climática se inicia (quanto tempo é necessário para definirmos mudança climática? Meses, anos, décadas ou séculos?).

A apresentação enfoca o conceito de mudança climática, apontando uma divergência existente entre os tomadores de decisão e a comunidade científica no que se refere ao tempo. No caso dos tomadores de decisão (setor público e privado), há uma busca por respostas advindas de problemas que requerem ações imediatas; os efeitos de suas ações devem ser evidentes durante seu período de ação (entre 4 e 10 anos). Consequentemente, dão pouca prioridade a temas de longo prazo, como a mudança climática. Já a comunidade científica, por outro lado, dedica grande parte de sua atenção a previsões de cenários para períodos de tempo maiores, de 50 a 100 anos. Sua importância está na conscientização da sociedade em geral. Mas existe um claro conflito entre prazos e necessidades, o qual deve ser minimizado, através da conscientização da sociedade.

Uma maneira efetiva de preparar a sociedade para enfrentar a mudança climática é melhorar sua capacidade de entender e se adaptar à variabilidade climática atual. Neste sentido, o IRI vem adotando duas linhas de pesquisa. Uma delas é justamente a tentativa de introduzir a mudança climática como um assunto do presente, para que o processo de adaptação seja mais eficiente. É necessário considerar o tema nas agendas de decisões e de desenvolvimento. As principais vantagens desta linha seriam a imediata assistência aos setores público e privado, a melhoria da capacidade de adaptação à variabilidade climática que afeta a sociedade no presente e, finalmente, a possibilidade de verificação dos impactos de ações e decisões durante o prazo da agenda dos tomadores de decisão.

A segunda linha de pesquisa vem considerando períodos de tempo maiores (entre 10 e 30 anos), que são importantes para a tomadas de decisão em setores que implicarão relevantes impactos sócio-econômicos, tais como infra-estrutura (água, transporte, hidreletricidade), planos de negócios de bancos de desenvolvimento, seguradores, resseguradores, entre outros.

A comunidade científica utiliza dois métodos para predizer cenários de mudança climática:

a) estimativas de tendências geradas a partir de dados históricos observados do clima; e
b) Modelos de Circulação Global (*General Circulation Models - GCM*), os quais são modelos climáticos complexos, mas são limitados pelo conhecimento científico e pelos recursos computacionais disponíveis.

Entretanto, ao se aplicar ambos os métodos para uma determinada área de estudo, diversos fatores (como por exemplo, escala e localização da área a ser estudada) acabam produzindo resultados divergentes em termos da tendência do clima, bem como sua magnitude.

Isto é um problema bastante sério para os usuários da informação, especialmente por representar a presença de grandes riscos na tomada de decisão. Em outras palavras, o cenário levado em conta para a tomada de decisão do agente nem sempre será o mais correto.

Como solucionar esta questão?

A sugestão do IRI é que cada previsão deixe muito claro para o usuário da informação o grau de incerteza e os riscos do modelo adotado. Além disso, os resultados devem ser informados de modo transparente, em idioma que seja utilizado pelo público demandante da informação.

Da mesma forma, também existem ferramentas utilizadas para estudar os impactos da mudança climática, tais como modelos de simulação. Estes modelos buscam identificar respostas aos possíveis cenários climáticos, a fim de auxiliar a tomada de decisão e avaliar os riscos.

Concluindo, a questão da mudança climática deve ser, por um lado, introduzida como um problema do presente e, por outro, transmitida de forma simples à comunidade. Assim, a sociedade deve adaptar-se à mudança climática, através do manejo dos riscos da variabilidade climática atual.

Existe atualmente um grande número de ferramentas capazes de gerar cenários de mudança climática e seus impactos. Entretanto, tais métodos só terão valor se forem traduzidos numa linguagem didática e, além disso, se apontarem as incertezas neles envolvidas. Somente assim a comunidade será capaz de lidar com a mudança climática, tanto no que diz respeito à tomada de decisão, quanto à prevenção dos riscos.

SOCIAL VULNERABILITY, DISASTERS AND CLIMATE CHANGE IN LATIN AMERICA

Cláudia Natenzon

Universidad de Buenos Aires, Argentina

A América Latina vem presenciando um grande avanço da pobreza e da desigualdade, caminhando para uma situação insustentável. De acordo com instituições internacionais, tais como BID (1998)⁸⁵ e CEPAL (2004)⁸⁶, a América Latina é a região com a maior desigualdade do mundo: enquanto os 10% mais ricos recebem 40% da renda nacional, os 30% mais pobres recebem apenas 7,5% da renda nacional. Além disso, cerca de 40% da população (aproximadamente 200 milhões de habitantes) vivem abaixo da linha de pobreza. Neste contexto, é inserida a noção de vulnerabilidade (social) e sua relação com a situação de pobreza, desastres e riscos.

⁸⁵ BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. *América Latina frente a la desigualdad. Programa económico y social en América Latina*. Washington, DC: BID, 1998.

⁸⁶ CEPAL. *Panorama Social de América Latina*. CEPAL, 2004 (www.eclac.cl ou www.eclacwash.org).

A pobreza pode ser classificada em dois tipos:

- *ordinária*: a pobreza é um efeito indesejável do processo de desenvolvimento, mas é considerada uma situação normal, um fenômeno natural;
- *extraordinária*: a pobreza é decorrente de um desastre inesperado advindo da interrupção do processo de desenvolvimento.

Com relação à vulnerabilidade, pode-se afirmar que ela é função da mudança climática à qual um sistema está exposto, bem como de sua capacidade de adaptação. Entretanto, existem diferentes conceitos para a vulnerabilidade, elaborados por diversas óticas de pensamento.

Do ponto de vista dos estudos de mudança climática, vulnerabilidade é definida como (IPCC, 2001)⁸⁷:

- a suscetibilidade de um sistema aos efeitos adversos da mudança climática, incluindo os efeitos da variabilidade climática e eventos extremos;
- uma função da natureza, tamanho e proporção da variação climática à qual um sistema está exposto, e de sua sensibilidade e capacidade de adaptação.

Do ponto de vista dos estudos de desastres, vulnerabilidade social é um conjunto de características de um grupo que determinam sua capacidade de antecipar, resistir e superar o impacto de um evento (Blaikie et al., 1996)⁸⁸.

Quanto ao risco, sua definição econômica relaciona-o com a quantificação da incerteza (Knight, 1921)⁸⁹; para a sociologia, é um resultado acidental das atividades ou decisões tomadas (Giddens, 1990)⁹⁰.

A questão é saber como medir qualitativamente a vulnerabilidade social de cada grupo. Como cada grupo social pode enfrentar a vulnerabilidade, os riscos a que estão expostos?

Como muitas outras, as estimativas de vulnerabilidade social são muito sensíveis ao critério adotado para considerar cada elemento envolvido na elaboração do indicador. Desta maneira, é muito importante explicitar o critério adotado, bem como suas limitações, já que as fontes de dados, bem como o critério de elaboração do indicador, influenciam os resultados.

Na elaboração do modelo, alguns aspectos qualitativos devem ser considerados: socioeconômicos; modelo de desenvolvimento; ideologia e cultura; percepção à vulnerabilidade; experiência acumulada; instituições; negócios; políticas sociais etc.

Alguns desafios da aplicação deste marco conceitual em relação ao tema da mudança climática são:

- romper a dicotomia entre “presente” e “futuro” (solucionar hoje e prever para prevenir amanhã);
- construir ferramentas que dão evidências empíricas do extraordinário como normal;
- entender a heterogeneidade social;
- aplicar os resultados para prevenir desastres.

Finalmente, devemos buscar a resposta para entender como enfocar o processo de adaptação da sociedade frente à sua vulnerabilidade.

A PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

⁸⁷ IPCC. *Climate change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report*. New York: Cambridge University Press, 2001.

⁸⁸ BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá: LA RED/ITDG, 1998.

⁸⁹ KNIGHT, F. H. *Risk, Uncertainty and Profit*. Chicago: University of Chicago Press, 1921.

⁹⁰ GIDDENS, A. *Consecuencias de la modernidad*. Madrid: Alianza Editorial, 1990.

Maria da Graça Barros Sartori
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

A principal mensagem da palestra foi a conclusão de que ainda existem diversas dúvidas quanto ao tema, e apenas algumas poucas certezas. Neste sentido, o papel da mídia foi colocado como fundamental no processo de formação da percepção da sociedade frente às mudanças globais.

A percepção da sociedade passa inicialmente pela percepção do indivíduo, a qual, por sua vez, é fundamentada na fé e direcionada a uma verdade em si e onde se encontra a razão de todas as aparências. Entretanto, este é um quadro parcial, pois depende da experiência e vivência, do conhecimento e da realidade objetiva de cada indivíduo, que é único. Desta forma, a percepção humana ocorre segundo uma ótica individual, não refletindo a percepção de toda sociedade.

Dos cinco sentidos humanos, a visão é a mais importante no que diz respeito à percepção do indivíduo, pois fixa uma “imagem” na mente humana, com as características do ambiente percebido. A percepção é um processo mental seletivo, que, de acordo com os objetivos, necessidades e interesses pessoais, bem como o juízo de valor, a cultura, a educação, entre outros aspectos individuais, seleciona e organiza as informações recebidas do meio ambiente.

A visão pessoal do mundo merece atenção nos estudos relacionados ao meio ambiente, que ganha reforço nas palavras de Merleau-Ponty (1996):⁹¹

“...tudo que sei do mundo, mesmo devido à ciência, o sei a partir de minha visão pessoal ou de uma experiência do mundo, sem o qual os símbolos da ciência nada significariam. Todo universo da ciência é construído sobre o mundo vivido e se quisermos pensar na ciência com rigor, apreciar exatamente seu sentido e seu alcance, convém despertarmos primeiramente para esta experiência do mundo da qual ela é a expressão segunda. A ciência não tem e não terá jamais o mesmo sentido de ser que o mundo percebido, pela simples razão de que é sua determinação e sua explicação”.

A percepção climática resulta das relações entre o homem e seu ambiente físico. Neste sentido, a percepção humana vai diferir de acordo com o ambiente em que vive, se meio rural ou urbano, em função do contato mais ou menos direto com as condições climáticas, respectivamente.

O clima, segundo a visão geográfica, é definido como uma sucessão habitual dos tipos de tempo, que reflete as condições normais da circulação atmosférica regional, mas inclui também os paroxismos climáticos resultantes de distúrbios na dinâmica da atmosfera causando condições extremas e desvios de comportamento de um ou mais elementos meteorológicos na interface entre atmosfera superfície terrestre (oceânica e continental). Às condições habituais o homem está adaptado, mas às condições extremas (desvios do habitual) ainda está desarmado e sofre as consequências dos acidentes climáticos esporádicos que se desenvolvem no seu meio ambiente. Tanto para a seqüência habitual dos tipos de tempo como para os acidentes climáticos, o homem desenvolve sua percepção do tempo e do clima.

Para compreender as relações entre a percepção climática nos ambientes rurais e urbanos, bem como a percepção (climática) do clima urbano, foi realizado um estudo na região de Santa Maria (RS), no qual foram entrevistadas cerca de 300 pessoas adultas. O estudo mostrou que mais de 90% da população sabe como se faz a sucessão habitual dos

⁹¹ MERLEAU-PONTY, M. *Fenomenologia da Percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

tipos de tempo no Rio Grande do Sul, o que significa, segundo a visão geográfica de clima, que mudanças climáticas propriamente ditas ainda não aconteceram.

Constatou-se que a percepção no meio rural é mais desenvolvida, já que há um contato mais direto com as condições climáticas. Entretanto, a percepção climática não é importante somente nas áreas rurais, mas também é relevante em ambientes urbanos. Nestes ambientes, a percepção do clima urbano se dá através de três canais perceptivos: do conforto térmico, da qualidade do ar e do impacto meteórico.

Portanto, a percepção climática é um processo mental seletivo e irregular, hoje muito afetada pelas informações disponíveis, pelo desenvolvimento tecnológico, pela mídia, etc.

Neste sentido, a mídia, e em particular a televisão aberta, está exercendo papel fundamental no processo de divulgar informações, pois atualmente é a principal fonte de lazer, cultura e informação da sociedade. A mídia, através dos diferentes meios como televisão, Internet, imprensa escrita, etc, interfere na percepção climática individual divulgando informações (ou desinformações) que alcançam um número cada vez maior de pessoas, transformando-a em percepção da sociedade.

A mídia pode alterar e até mutilar a percepção climática individual e da sociedade, pois reproduz imagens (principal fator de impacto na percepção, através do sentido da visão) distorcidas da realidade, como as de catástrofes, destruição, sofrimento, morte, desamparo, etc (“terrorismo da mídia”), que prendem a atenção das pessoas através da emoção, da fantasia e do medo, os quais sempre ocuparam lugar na mente humana.

Como considerações finais, dois aspectos devem ser colocados. O primeiro é que alguns estudiosos do clima não têm considerado a dinamicidade da atmosfera em suas várias escalas e definem o clima restritivamente (por exemplo, restringindo-o apenas à temperatura). O outro aspecto é que os tipos de tempo dificilmente se repetirão exatamente iguais nos valores de seus indicadores de um ano para outro, mesmo respeitando-se as estações do ano, pois o que se busca, segundo a Climatologia Geográfica, é o ritmo de evolução do tempo, onde também são previstas as flutuações e/ou variabilidade dos elementos meteorológicos.

MUDANÇAS GLOBAIS E A PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE

Henri Acselrad
IPPUR/UFRJ

O debate sobre mudanças ambientais globais requer uma abordagem integrada das dimensões naturais e sociais da mudança ambiental.

A expansão urbana traz consigo diferentes implicações para a base biofísica das cidades como a contaminação da água, do ar e do solo, a redução da biodiversidade, a alteração do clima, a redução dos leitos dos rios, a erosão, a concentração de poluentes na atmosfera, a formação das ilhas de calor etc.

Foi pela consideração do risco (inclusive do risco do consumo energético), que a questão ambiental urbana veio ganhando importância do ponto de vista da sociedade.

A existência de uma aglomeração densa pode sugerir menores distâncias/tempos de deslocamento entre residência e trabalho, mas níveis muito elevados de densidade, podem, por sua vez, sugerir, ao contrário, maiores possibilidades de congestão de tráfego, tempos maiores de deslocamento e maiores dispêndios em energia com o transporte. As aglomerações urbanas de Porto Alegre, Londrina, Caxias do Sul e São José dos Campos, são exemplos em que a maior moderação e a homogeneidade espacial das densidades

populacionais urbanas entre os diferentes municípios sugere a prevalência de maior grau de compactação na dinâmica residência-trabalho, basicamente intra-municipal, e, conseqüentemente, a possibilidade de que sejam menores os dispêndios em energia no sistema de transportes.

A percepção das mudanças climáticas globais decorre das condições sociais. Portanto, é importante saber em quais condições um desastre “natural” poderia estar unificando a sociedade para combatê-lo.

Pelo fato de a maioria das vítimas dos eventos climáticos possuir baixa renda, a probabilidade de que sociedades desiguais se mobilizem para alterar o padrão urbanístico e tentar prevenir novos eventos tende a ser baixa. Eventos como o furacão Katrina mostram de forma transparente a desigualdade ambiental presente na distribuição desigual da proteção ambiental entre as classes sociais nas cidades.

A questão que deve ser respondida é: de que forma podemos mobilizar a sociedade para tratar de questões relacionadas às mudanças climáticas?

Ainda é pequena a presença de justificativas relacionadas a mudanças climáticas no debate brasileiro sobre políticas urbanas. Estas políticas não parecem estar integrando os temas políticos nos quais têm sido traduzidas as questões das mudanças climáticas globais no país.

É de se esperar que a mobilização sociopolítica em torno do tema cresça paralelamente ao crescimento da renda per capita. Tal mobilização pode associar-se ao envolvimento de elites urbanas quando estas perceberem que os impactos das mudanças globais podem afetar seus projetos, tornando-se motivo suficiente para engajar a sua capacidade de se fazer ouvir na esfera pública.

Debate:

Enfocou-se a questão da incerteza frente aos diferentes cenários possíveis. Daí concluiu-se pela necessidade de utilização de vários modelos, e da escolha daquele que melhor representará as condições reais.

Com relação à percepção social das mudanças climáticas, verificou-se que ela não é um todo homogêneo. A percepção do clima depende de fatores sociais como nível cultural, atividade e classe social. A mídia tem um relevante papel sobre esta percepção, portanto, tornando mais acentuada para aqueles que tem acesso à grande imprensa. Em razão dos elementos que diferenciam a percepção do clima, a população mais pobre deverá ser mais afetada, e paradoxalmente ela é a menos ouvida pelos grandes tomadores de decisão.

Destaca-se que, em geral, as informações são transmitidas à população de forma parcial e com erros de comunicação. Existe uma dificuldade de apresentação de dados objetivos e verdadeiros em relação ao problema que é exposto de modo sensacionalista, determinante para o sucesso deste meio de comunicação.

É necessário temporalizar o problema para facilitar as decisões, evitando que se perca na generalidade, bem como é preciso ampliar a comunicação entre os agentes sobre os riscos a que estão expostos.

SAÚDE E MUDANÇAS GLOBAIS

Conferência 5:

MUDANÇA CLIMÁTICA REGIONAL E SAÚDE

Ulisses Eugênio Cavalcanti Confalonieri

Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP)/Fundação Instituto Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)
– Universidade Federal Fluminense (UFF)

A exposição do Dr. Ulisses Confalonieri foi extremamente densa e rica de informações. A área de pesquisa dos impactos climáticos sobre a saúde está ainda dando seus primeiros passos, e o objetivo principal do Dr. Ulisses foi mostrar o estado atual desse conhecimento, sobretudo no que se refere ao Brasil, ressaltando a complexidade do assunto e apontando para uma agenda de pesquisas que deve ser realizada se desejarmos dotar o Brasil da capacidade de adaptação aos impactos climáticos na saúde.

No que diz respeito aos impactos climáticos sobre a saúde humana temos dois tipos básicos de agravos: a) acidentes e traumas e b) transmissão de doenças infecciosas. Basicamente o que pode ocorrer é o seguinte: as flutuações climáticas, independentemente de sua origem (natural ou antropogênica), ao produzirem eventos climáticos extremos, tais como furacões, chuvas torrenciais e, conseqüentemente, enchentes e desabamentos, têm como seu efeito último a ocorrência de acidentes que podem produzir mortes ou traumas. Por outro lado, aquelas mesmas flutuações podem também promover a produção e aumento de vetores⁹² e patógenos⁹³ e a sua disseminação, acarretando um aumento de doenças infecciosas transmissíveis, as quais podem eventualmente levar à morte.

O que é esperado em termos dos impactos climáticos sobre a saúde humana? O Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC de 2001 (de agora em diante chamado de *TAR*), em seu Capítulo sobre Saúde traz prognósticos a respeito dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde humana. Dentre as suas principais conclusões, pode-se citar:

- a) as mudanças climáticas trarão grande diversidade de impactos sobre a saúde humana, alguns positivos, mas a maioria negativos;
- b) não há ainda evidências de que o aquecimento global recente tenha afetado a saúde populacional;
- c) países em desenvolvimento com maior risco de problemas nutricionais e impactos de eventos climáticos extremos são os mais vulneráveis aos impactos na área de saúde;
- d) o *TAR* trouxe também novas evidências de impactos de variabilidade interanual (ENSO) na saúde;
- e) as mudanças climáticas podem causar rupturas sociais, declínio econômico e deslocamentos populacionais, afetando a saúde;
- f) as mudanças climáticas causarão a deterioração da qualidade do ar em grandes áreas urbanas;
- g) um aumento na intensidade e/ou frequência das ondas de calor afetará principalmente idosos e populações pobres de áreas urbanas;
- h) alterações do clima, inclusive da sua variabilidade, afetarão muitas doenças transmitidas por vetores, através de alterações em ecossistemas.

Uma cadeia causal mais detalhada, que atesta a complexidade do sistema clima-saúde, é a seguinte: A mudança climática global implica em mudanças regionais do tempo,

⁹² N. do R.: Vetores são artrópodes, que são veículos de transmissão de doenças. Doenças vectoriais são aquelas transmitidas por vetores.

⁹³ N. do R.: Patógenos são organismos causadores de doenças.

com fenômenos tais como as ondas de calor, os eventos meteorológicos extremos (chuvas intensas, secas prolongadas, maior frequência de furacões, aumento das temperaturas mínimas regionais, mudança na precipitação). Tais fenômenos conjugados com fatores moduladores tais como as vias de contaminação microbianas, a dinâmica de transmissão de doenças, os agroecossistemas e a hidrologia e o sistema sócio-econômico e demográfico, têm como efeitos sobre a saúde humana a morbi-mortalidade associadas à temperatura, efeitos relacionados a eventos climáticos extremos, efeitos associados à poluição atmosférica, doenças veiculadas por água e alimentos, doenças transmitidas por vetores e roedores, efeitos por carência de água e/ou alimentos, efeitos mentais e nutricionais, entre outros.

As principais doenças infecciosas sensíveis ao clima no Brasil são: Malária⁹⁴, Febre da Dengue⁹⁵, Leishmaniose tegumentar⁹⁶, Leishmaniose visceral⁹⁷, Meningite⁹⁸, Síndrome da hantavírose pulmonar⁹⁹, Diarréias infecciosas¹⁰⁰ e Leptospirose¹⁰¹.

⁹⁴ N. do R.: “Malária: A *malária* é uma doença infecciosa potencialmente grave, causada por parasitas (protozoários do gênero *Plasmodium*) que são transmitidos de uma pessoa para outra pela picada de mosquitos do gênero *Anopheles*. A *malária*, quando não for corretamente diagnosticada e prontamente tratada, pode evoluir com anemia, icterícia (olhos amarelados, semelhante às [hepatites](#) e à [leptospirose](#)) e, a infecção pelo *Plasmodium falciparum*, pode resultar em funcionamento inadequado de órgãos vitais (rins, pulmões e cérebro) e levar ao coma e à morte. Grávidas e crianças estão sob risco maior de desenvolver formas graves de *malária*.” (www.cives.ufrj.br/informacao/viagem/infeccoes.html)

⁹⁵ N. do R.: “Dengue: A *dengue* é uma doença infecciosa causada por um *arbovírus* (existem quatro tipos diferentes de vírus da *dengue* - 1, 2, 3 e 4), que ocorre principalmente em áreas tropicais e subtropicais do mundo, inclusive no Brasil. As epidemias geralmente ocorrem no verão, durante ou imediatamente após períodos chuvosos. A *dengue* está se expandindo rapidamente, e espera-se que nos próximos anos a transmissão aumente por todas as áreas tropicais do mundo. A *dengue* é uma doença que, na grande maioria dos casos (mais de 95%), causa desconforto e transtornos, mas não coloca em risco a vida das pessoas. As manifestações iniciais são febre alta, dor de cabeça, muita dor no corpo e, às vezes, vômitos. A forma mais grave de dengue, a hemorrágica, pode levar ao óbito se não for tratada rapidamente.” (www.cives.ufrj.br/informacao/viagem/infeccoes.html)

⁹⁶ N. do R.: “Leishmaniose tegumentar: Doença parasitária da pele e mucosas, de caráter pleomórfico, causada por protozoários do gênero *Leishmania*. A doença cutânea apresenta-se classicamente por pápulas, que evoluem para úlceras com fundo granuloso e bordas infiltradas em moldura e que podem ser únicas ou múltiplas e são indolores. Também pode manifestar-se como placas verrucosas, papulosas, nodulares, localizadas ou difusas. A forma mucosa, secundária ou não à cutânea, caracteriza-se por infiltração, ulceração e destruição dos tecidos da cavidade nasal, faringe ou laringe. Quando a destruição dos tecidos é importante, podem ocorrer perfurações do septo nasal e/ou do palato.” (www.pdamed.com.br/doiinfpd/pdamed_0001_0043.php)

⁹⁷ N. do R.: “Leishmaniose visceral: A Leishmaniose Visceral - LV é uma zoonose (doença de animais), considerada inicialmente de transmissão silvestre, com características de ambientes rurais e atualmente em expansão para as áreas periurbanas e urbanas. É um crescente problema de saúde pública no país, encontra-se em franca expansão geográfica, estando distribuída em 19 estados e em 1551 municípios no período de 1994 a 2002. Tem sido registrados no país aproximadamente 3.000 casos/ano, com letalidade média de 8%. As manifestações clínicas da leishmaniose visceral (LV) refletem o desequilíbrio entre a multiplicação dos parasitos nas células do sistema fagocítico mononuclear (SFM), a resposta imunitária do indivíduo e o processo inflamatório subjacente. Observa-se que muitos infectados apresentam a forma inaparente ou assintomática da doença e o espectro clínico da LV, pode variar desde manifestações clínicas discretas até as graves, que se não tratadas podem levar o paciente à morte.” (www.pdamed.com.br/doiinfpd/pdamed_0001_0043.php)

⁹⁸ N. do R.: “Meningite: A *doença meningocócica* é uma infecção bacteriana aguda, rapidamente fatal, causada pela *Neisseria meningitidis*. Esta bactéria pode causar inflamação nas membranas que revestem o sistema nervoso central (*meningite*) e infecção generalizada (*meningococcemia*). Existem 13 sorogrupos identificados de *N. meningitidis*, porém os que mais frequentemente causam doença são o A, o B, o C, o Y e o W135. O risco maior da *doença meningocócica* é a evolução rápida para o choque (diminuição acentuada da pressão arterial), o que resulta em funcionamento inadequado de órgãos vitais (como os rins, coração e pulmão) e morte. Cerca de 15 a 20% dos casos apresentam *meningococcemia* sem *meningite*, que tem

Existem vários estudos que demonstram a correlação entre mudanças de variáveis climáticas e a incidência de doenças infecciosas em humanos. O Dr. Ulisses expôs e comentou vários deles. A seguir citamos somente um a título de ilustração.

Um exemplo é o estudo feito no Município de São Miguel, no Rio Grande do Norte, Brasil, sobre a relação entre o número de casos de Leptospirose na estação chuvosa que vai de janeiro a junho, entre os anos 1985-1996, e o desvio do nível de precipitação relativamente à média histórica. Aqui também é evidente pelos resultados do estudo que existe uma forte correlação entre essas variações da precipitação e o aumento do número de casos observados. Quando o desvio é positivo há aumento de casos e quando é negativo, há a manutenção dos níveis endêmicos.

Um estudo de caso evidencia o papel do sistema de saúde como fator modulador da relação causal entre variação de precipitação e a incidência sazonal de Malária no Amazonas, no período de 1993 a 1997. É sabido que a Malária, têm taxas de incidência que acompanham em frequência e fase a oscilação sazonal da precipitação com pico nos meses de junho, julho e agosto. Entretanto, no período entre dezembro de 1994 e março de 1996, esses picos foram bem mais baixos do que usualmente. Esse período coincidiu exatamente com a época em que houve um aumento acentuado de convênios médicos na região, devido à mudança de legislação sobre os convênios, e a sua queda drástica em 1996, a partir de quando os picos de incidência da malária voltaram a crescer, devido também à mudança na legislação. Esse caso é mais uma demonstração da complexidade do sistema clima-saúde humana, que inclui fatores sócio-econômicos.

Além de estudos de caso existem trabalhos de desenvolvimento de modelos e simulação de cenários de transmissão de doenças face à mudança climática regional. Dentre os principais estudos citamos:

1. *Cenários de Transmissão de Malária*. Nessa modelagem, chegou-se a dois resultados notáveis: a) expansão da população sob risco no limite sul da área de distribuição da

letalidade próxima de 70% em países em desenvolvimento.”
(www.cives.ufri.br/informacao/viagem/infeccoes.html)

⁹⁹ N. do R.: “Síndrome da hantavirose pulmonar: É uma zoonose grave e emergente causada por roedores contaminados pelo hantavírus, que está relacionado à hantavirose. Esta virose é caracterizada pelo acometimento cardio-pulmonar e, em alguns casos, poderá causar alterações no funcionamento dos rins, fígado e cérebro. Ela pode ocorrer em grandes áreas, incluindo os Estados Unidos, Canadá, América do Sul e América Central. A taxa de mortalidade desta doença é elevada – entre 40-60%. Contudo, a gravidade do indivíduo doente pode variar bastante. Podem surgir casos de doença leve e casos graves que levem à morte da pessoa.” (www.abcdasaude.com.br/artigo.php?397)

¹⁰⁰ N. do R.: Diarréias infecciosas: As diarréias infecciosas são consequência da atuação de vários agentes causadores de doenças. Sua manifestação predominante é o aumento do número de evacuações com fezes aquosas ou pouco consistentes. Com frequência, essas manifestações vêm acompanhadas de vômito, febre e dor abdominal. As diarréias de origem viral são autolimitadas, só havendo complicações quando o estado nutricional está comprometido. Dentre os vírus associados à inflamação gástrica, destacam-se os rotavírus (principal agente causador) e os adenovírus, entre outros. A transmissão é fecal-oral, através do contato direto.

¹⁰¹ N. do R.: “Leptospirose: A *leptospirose* é uma doença infecciosa febril, aguda, potencialmente grave, causada por uma bactéria, a *Leptospira interrogans*. É uma zoonose (doença de animais) que ocorre no mundo inteiro, exceto nas regiões polares. Em seres humanos, ocorre em pessoas de todas as idades e em ambos os sexos. Na maioria (90%) dos casos de *leptospirose* a evolução é benigna. Em cerca de 10% dos pacientes, a partir do terceiro dia de doença surge icterícia (olhos amarelados), que caracteriza os casos mais graves. Esses casos são mais comuns (90%) em adultos jovens do sexo masculino, e raros em crianças. Aparecem manifestações hemorrágicas (equimoses, sangramentos em nariz, gengivas e pulmões) e pode ocorrer funcionamento inadequado dos rins, o que causa diminuição do volume urinário e, às vezes, anúria total. O doente pode ficar torporoso e em coma. A forma grave da *leptospirose* é denominada doença de Weil. A evolução para a morte pode ocorrer em cerca de 10% das formas graves.”
(www.cives.ufri.br/informacao/viagem/infeccoes.html)

doença na América do Sul (Cone Sul); b) redução da duração da época de transmissão (*transmission season*) em áreas para as quais se projetam reduções da precipitação (Amazônia, América Central);

2. *Cenários de transmissão da Dengue*. Esse estudo concluiu pelo aumento das prováveis áreas de transmissão na América do Sul, principalmente nas partes sul e leste da atual área endêmica¹⁰² da doença.

O Dr. Ulisses também citou inúmeros trabalhos que começam a esclarecer as conseqüências biológicas das mudanças climáticas, como base para compreendermos as conseqüências sobre os transmissores de doenças. Todos estes estudos analisam a influência da mudança climática sobre as espécies e os ecossistemas. A conclusão geral é a de que existe um largo espectro de influências, a saber:

- a) na fisiologia – p. ex. a temperatura afeta diretamente taxas metabólicas e de desenvolvimento;
- b) na fenologia¹⁰³ – sazonalidade de eventos vitais (p. ex. migração e reprodução) desencadeados por fatores ambientais;
- c) na distribuição – mudança de 3° C na temperatura média corresponde a mudanças de 300-400 Km de latitude nas isotermas (zona temperada) ou 500 metros na altitude;
- d) na adaptação – mudanças microevolutivas *in situ*, principalmente em espécies com tempos curtos de geração e rápido crescimento populacional.

Estas conclusões têm importantes conseqüências para a questão dos efeitos da mudança climática sobre as doenças. A seguir explicamos algumas delas.

Primeiramente, é preciso levar em conta alguns princípios básicos, a saber: cada espécie pode persistir apenas sob um conjunto particular de condições climáticas (envelope climático) e, além disso, os organismos e comunidades ecológicas não repondem a médias globais e sim a mudanças regionais, que são espacialmente heterogêneas.

As mudanças fenológicas, por exemplo, na sazonalidade dos eventos dos ciclos vitais, são indicadores sensíveis e facilmente identificáveis de alterações na biosfera em resposta ao aquecimento global. A mudança de clima pode alterar populações de animais reservatórios de doenças¹⁰⁴, influenciando sua distribuição, abundância e fenologia. Essas mudanças drásticas na abundância e/ou distribuição de espécies de animais reservatórios de infecções afetarão a dinâmica de transmissão das doenças. Em conseqüência as alterações fenológicas e na distribuição das espécies modificará vários tipos de interações, entre elas a predação, o parasitismo e a competição.

No que se refere à vegetação e seu papel na distribuição e difusão de doenças, lembremos que a seca na floresta tropical úmida pode causar alta mortalidade em árvores do dossel e conseqüentemente, mudanças na disponibilidade de radiação solar e água para populações de vegetais e animais nos níveis inferiores da floresta. As alterações radicais em ecossistemas podem afetar a dinâmica de doenças transmissíveis. Por exemplo, a “savanização” da floresta amazônica pode influenciar a migração de certos vírus que vivem no dossel.

¹⁰² N. do R.: Doença endêmica: doença peculiar a certa população ou região. Uma endemia é uma doença que existe constantemente em determinado lugar e ataca número maior ou menor de indivíduos. Uma epidemia é um surto de uma doença endêmica ou quando uma doença surge de forma rápida e acomete um número grande de indivíduos simultaneamente.

¹⁰³ N. do R.: Fenologia é o estudo dos processos biológicos periódicos com o clima.

¹⁰⁴ N. do R.: Animais reservatórios de doenças: animais que abrigam ou hospedam organismos patógenos. Por exemplo o cão pode ser reservatório de leishmaniose visceral. Os animais reservatórios agem como mantenedores do ciclo da doença.

Após definir o conceito de vulnerabilidade¹⁰⁵, o Dr. Ulisses mostrou um trabalho que ele vem orientando sobre a construção de indicadores brasileiros de vulnerabilidade a doenças devido a flutuações climáticas. Ele também definiu e explicou os conceitos de risco e perigo e como se poderia em princípio construir índices de vulnerabilidade social às mudanças climáticas como uma média aritmética simples de indicadores padronizados. Mostrou em seguida os mapas de vulnerabilidade já construídos até o presente, diferenciando cada região e estado brasileiro por seu grau de vulnerabilidade social. Apontou em seguida a necessidade de se aprofundar este tipo de estudo.

O Dr. Ulisses coopera também em estudos sobre impactos na saúde devido a tempestades e inundações na cidade do Rio de Janeiro. Ele coordena um projeto de análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. Esse projeto faz parte do Programa de Mudanças Ambientais Globais e Saúde da Fundação Oswaldo Cruz.

Ele colaborou recentemente com um estudo para o Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (NAE).¹⁰⁶ As principais conclusões desse relatório, no que se refere às questões de adaptação aos impactos do clima sobre a saúde no Brasil, foram:

- a) os agravos à saúde que merecem maior atenção são as doenças infecciosas endêmicas (especialmente malária e dengue) e os impactos de eventos climáticos extremos;
- b) as grandes metrópoles são áreas de maior vulnerabilidade aos efeitos na saúde, em virtude de suas características sócio-demográficas e geográficas;
- c) pouco pode ser inferido atualmente sobre os impactos na nutrição nas zonas costeiras e sobre os efeitos sinérgicos do clima com a poluição atmosférica;
- d) há necessidade de busca de redução dos condicionantes da vulnerabilidade social da população, através de políticas públicas (econômicas, educacionais, habitacionais, etc);
- e) aperfeiçoamento dos programas de controle de doenças infecciosas e melhoria da eficácia do sistema de saúde;
- f) criação de Sistemas de Alerta Precoce: previsão do tempo/clima juntamente com mapas de vulnerabilidade e planos de contingência.

O Prof. Ulisses finalizou sua apresentação apontando algumas recomendações ao governo e à comunidade científica brasileira:

- a) necessidade de elaboração de um “Mapa Nacional de Vulnerabilidade” detalhado;
- b) necessidade de investigação científica integrada para a elaboração de cenários;
- c) necessidade de haver vigilância epidemiológica, entomológica e ambiental direcionadas;
- d) necessidade de maior divulgação do tema “mudança climática” junto ao setor saúde.

Por fim indicou alguns problemas regionais da América do Sul que a tornam especialmente vulnerável aos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde humana. Dentre os principais podemos citar:

- a) perfil socio-econômico da população, com altos índices de pobreza e problemas de infraestrutura e governança que dificultam a organização de respostas adequadas da sociedade aos riscos climáticos;
- b) contém grandes áreas metropolitanas com alta densidade populacional;
- c) apresenta vastos e distintos biomas naturais, contendo focos de infecções transmissíveis a humanos;
- d) apresenta extensa linha costeira com grande concentração de população;

¹⁰⁵ N. do R.: Vulnerabilidade pode ser entendida como um conjunto de características de uma pessoa ou grupo que lhe definem capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar-se dos impactos de um desastre climático.

¹⁰⁶ CONFALONIERI, U.E.C. Mudanças Climáticas e Saúde Humana. In: POPPE, M.K. LA ROVÈRE, E.L., eds. *Mudança do Clima*. Brasília: NAE, 2005, p. 166-171. (*Cadernos NAE* v. 1, n. 3)

- e) há pouca consciência da população (e de governos, em diferentes níveis), sobre o possível aumento de danos causados pelo clima alterado;
- f) não possui sistemas de vigilância, monitoramento e de alerta precoce direcionado à proteção da economia e da saúde da população aos efeitos do clima.

Debate:

Foram feitos comentários de que mudanças sociais podem influenciar o comportamento de animais, por exemplo, aves, e por isso nem sempre doenças podem se disseminar devido a mudanças climáticas. Foi comentado também que seria muito interessante estender análise dos mapas de vulnerabilidade para a América do Sul. Foi comentado que o uso de inseticidas podem direcionar a expansão de algumas patologias.

Foi perguntado se as cheias na Amazônia poderiam trazer doenças novas ou a intensificação de doenças já existentes e o Dr. Ulisses enfatizou que ninguém sabe a resposta e esse tipo de pergunta. É muito difícil saber o que vai ocorrer em termos de doenças por causa da mudança de clima.

Finalmente o Dr. Ulisses lembrou que deficiências no sistema de saúde, por motivos políticos, acabam influenciando a resposta da sociedade aos problemas de saúde (epidemias, endemias), como, por exemplo, foi o caso da dengue no Rio de Janeiro. Este tipo de situação deveria ser evitada se se quiser enfrentar com eficácia os problemas que virão com a mudança de clima.

Mesa Redonda 3:

SAÚDE E MUDANÇAS GLOBAIS

Coordenador:

Wanda Maria Risso Gunther (FSP/USP)

Debatedores:

Susana Isabel Curto (CONICET, Argentina)

Raul Borges Guimarães (Departamento de Geografia – UNESP – Presidente Prudente)

Francisco de Assis Mendonça (UFPR)

SAÚDE E MUDANÇAS GLOBAIS

Susana Isabel Curto

CONICET, Argentina

A palestra enfocou, basicamente, as possíveis implicações das mudanças climáticas sobre a saúde, especialmente sobre a transmissão de doenças.

Zoonoses¹⁰⁷, segundo a denominação da Organização Mundial de Saúde, são infecções e doenças que podem ser adquiridas quando pessoas entram em contato com animais de estimação, ou ainda, pela ingestão de carne contaminada. Outras doenças podem ser contraídas através do contato com ratos, moscas e baratas, principalmente através da ingestão de água ou alimentos contaminados.

As zoonoses dependem de diversos fatores para a transmissão, tais como localização, agente transmissor (mosquitos ou roedores) e temperatura média local. Fatores climáticos podem interferir na intensidade da transmissão.

Em geral, se há uma elevação na temperatura, o processo metabólico é acelerado, afetando o ciclo vital e aumentando a necessidade de alimento.

Entretanto, se a temperatura média local for alta e sofrer uma elevação decorrente do aquecimento global, pode acontecer de os agentes transmissores ou mesmo os causadores da doença não sobreviverem, desaparecendo naquela região.

Assim, chama atenção o fato que o aquecimento global não traria somente conseqüências negativas neste sentido. Dependendo do caso, pode auxiliar no combate a determinadas doenças.

Portanto, não se sabe ao certo a relação entre aquecimento global e seus impactos sobre a saúde. O que se sabe é que a variação do clima afeta diferentemente a transmissão de zoonoses, dependendo do agente transmissor e da temperatura média local. Os impactos do aquecimento global sobre a transmissão de determinada doença devem ser estudados para cada região específica.

SAÚDE E MUDANÇAS GLOBAIS NO MUNDO URBANO

Raul Borges Guimarães

Departamento de Geografia – UNESP – Presidente Prudente

¹⁰⁷ N. do R.: www.unimeds.com.br/conteudo/QV27_zoonose.htm.

Anatomicamente, os seres humanos são praticamente iguais aos seus ancestrais da Idade da Pedra. Os mesmos 20 mil pares de genes ainda controlam as manifestações biológicas da natureza humana, conservando as mesmas reações orgânicas diante dos estímulos ambientais. As sociedades humanas, mesmo conservando as reações orgânicas de seus ancestrais (condições genéticas), se caracterizam por serem capazes de se estabelecer em diferentes locais. Ou seja, é preciso considerar a capacidade humana de adaptabilidade às diferentes condições ambientais. Há dois mecanismos importantes para o processo de adaptabilidade humana:

- a) *homeostasia*: todo organismo vivo estabelece um estado de equilíbrio num determinado ambiente no qual ele vive. É preciso um determinado tempo para atingir o equilíbrio;
- b) *adaptações fenotípicas*: aquelas que não são transmitidas aos herdeiros, mas são uma resposta ao ambiente (p. ex. bronzeamento da pele).

Em termos da relação entre saúde e mudança climática, os mecanismos reguladores atuam dentro dos limites ambientais e, portanto, é preciso estudar quais são estes limites. É certo que a variabilidade do calor e da umidade provoca efeitos patológicos e transtornos fisiológicos profundos, acarretando desequilíbrios no processo de adaptação (doenças). Vários estudos demonstraram que determinadas pestes e epidemias estariam ligadas às mudanças climáticas. Outro ponto a ser destacado é que a evolução da espécie humana ocorreu num período de grandes variações climáticas (período quaternário). Portanto, ao longo do processo de adaptação, as sociedades já enfrentaram mudanças climáticas que tiraram-nas do estado de equilíbrio. Cada mudança repercutiu diretamente no padrão de distribuição mundial das doenças. Mas pela primeira vez, estas mudanças estarão ocorrendo num mundo cada vez mais urbano e desigual, o que exige a reflexão a respeito da especificidade deste novo contexto.

O conceito de adaptação é muito importante. Se por um lado, o processo de adaptação necessita de tempo suficiente para atingir o equilíbrio, por outro, a mudança climática acelera o processo de difusão das doenças, que é favorecida pela maior integração e circulação entre os agentes da sociedade urbana. Isto potencializa os problemas epidemiológicos, tal como tem sido verificado nos últimos tempos com a difusão de novas doenças como a chamada gripe aviária.

Além disso, os contrastes sociais no espaço urbano são cada vez maiores. A globalização está acelerando o processo de exclusão na sociedade urbana. Este novo período está gerando um padrão peculiar de distribuição das enfermidades, exigindo esforço de análise. Situação de miséria e fome sempre existiram, mas nunca em tais proporções como as atuais. Há mais de 600 milhões de pessoas vivendo nas cidades em situação de pobreza absoluta e cerca de 1 bilhão de pessoas ocuparão favelas ou cortiços sem acesso à água tratada e à rede de esgoto no século XXI.

Diante deste cenário, uma questão central é a discussão sobre quais seriam as potencialidades adaptativas do mundo urbano diante das mudanças globais.

De um lado, a crença na capacidade de resposta da sociedade atual, com base em algum sistema técnico de controle, cria uma falsa segurança, apoiada na facilidade de acesso à informação e de meios artificiais de manutenção da vida humana. Ocorre que em uma situação adversa, decorrente, por exemplo, do aquecimento global, tais sistemas técnicos poderão entrar em colapso e aquelas pessoas (geralmente de maior renda) que se acham protegidas de possíveis adversidades climáticas, estarão vulneráveis aos agravos de saúde.

Por outro lado, as sociedades atuais, profundamente desiguais e excludentes, já geram pessoas capazes de superar tais dificuldades. São aquelas que vivem nas periferias urbanas, carentes de infra-estrutura e residindo em residências precárias, nas quais as

variações de temperatura ao longo do dia já são enormes, assim como o acesso à água potável é limitado. É justamente esta grande parcela de excluídos da sociedade que desenvolve uma maior resistência imunológica, desde que sobreviva até a vida adulta. Ou seja, defendemos a idéia de que são os pobres que vivem nas periferias urbanas que estão desenvolvendo uma maior capacidade de adaptar-se às mudanças globais em curso, dado que são os que mais estão expostos aos eventos extremos e, portanto, têm maior experiência (são as chamadas provas de tolerância).

REPERCUSSÕES DO AQUECIMENTO GLOBAL SOBRE A SAÚDE HUMANA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DAS DOENÇAS RE-EMERGENTES (DENGUE) NO BRASIL

Francisco de Assis Mendonça
UFPR

A intensificação das temperaturas médias do planeta constitui um dos principais itens no âmbito das discussões relativas às mudanças climáticas globais. Embora haja um consenso internacional de que está ocorrendo uma elevação das temperaturas médias do planeta, um aspecto que tende a se evidenciar no século que ora se inicia, ela se difundirá de maneira heterogênea quando observadas as diferentes regiões da Terra. Todavia, alguns poucos cientistas acreditam que o aquecimento não será muito expressivo nas próximas décadas, baseados na análise das oscilações dos ciclos solares e na ação dos vulcões.

Adotamos a perspectiva de que a atmosfera terrestre esteja em fase de aquecimento e que isto repercutirá na dinâmica de muitas doenças que acometem os homens. Dentre estas temos desenvolvido, nos últimos anos, uma análise acerca da interação entre mudanças climáticas regionais e algumas doenças re-emergentes como a cólera, a leptospirose, a meningites e a dengue.

A análise da evolução climática da região Sul do Brasil, área de nosso estudo mais detalhado nos últimos três anos, evidenciou aquecimento aproximado de cerca de 1,3°C e elevação dos totais pluviométricos médios anuais. Estas características regionais refletem o processo observado em nível planetário conforme informações do IPCC. Neste aspecto questiona-se: à intensificação do aquecimento climático global corresponderia uma expansão geográfica (latitudes e altitudes mais elevadas) da incidência das doenças re-emergentes?

Ao mesmo tempo em que os dados indicam alterações do clima regional, a incidência da dengue passa a ser registrada na região Sul do Brasil, sendo que o crescente número de vítimas têm despertado a atenção da saúde pública e de pesquisadores em geral.

A dengue é uma doença infecciosa que ocorre principalmente em áreas tropicais e subtropicais do mundo. As epidemias geralmente ocorrem no verão, durante ou imediatamente após períodos chuvosos. A dengue está se expandindo rapidamente, e espera-se que nos próximos anos a transmissão aumente em todas as áreas tropicais do mundo.

Cerca de dois bilhões de pessoas no mundo vivem em áreas de risco de transmissão, sendo o número de casos estimado entre 50 e 100 milhões por ano. Em 1995, somente no Continente Americano foram notificados 250 mil casos da dengue¹⁰⁸.

¹⁰⁸ N. do R.: MARTINS, F.S.V.; CASTINEIRAS, T.M.P.P. Cives - Centro de Informação em Saúde para Viajantes. (www.cives.ufrj.br/informacao/dengue/den-iv.html)

No Brasil, a dengue foi controlada na década de 1950, reaparecendo na década de 1980. A partir de 1995, a doença passou a ser registrada em todas as regiões do país e, atualmente, são contaminadas mais de 100 mil pessoas por ano. Somente no Estado do Paraná, em 2003, considera-se que mais de 30 mil pessoas tenham sido infectadas; naquele ano foram registrados óbitos por FHD (Febre Hemorrágica da Dengue) na cidade de Londrina/PR.

Diante da gravidade do problema (dificuldades de controle e baixo nível de informação da população), foi lançado um edital do governo federal (MCT/MS) para incentivo à pesquisa sobre a doença e as formas de controle da mesma. Nossa pesquisa está sendo desenvolvida no âmbito deste edital.

Como não existe vacina para a doença, a saída para reduzir a transmissão deve partir de medidas de controle do ambiente (melhorar o conhecimento acerca da interação entre o vírus, o vetor e o ambiente, bem como a conscientização da população para não deixar água parada em vasos, pneus, caixas d'água, latas etc).

Debate:

A principal questão levantada diz respeito ao que, inicialmente, parecia uma contradição: se os excluídos da sociedade são aqueles que mais sofrem as conseqüências das mudanças climáticas (e, portanto, são os que possuem maior taxa de mortalidade), como eles podem ser os mais aptos ao processo de adaptabilidade?

Por estarem mais expostos às mudanças do clima e suas conseqüências (eventos naturais e disseminação de doenças), os excluídos possuem uma elevada taxa de mortalidade. Entretanto, é justamente devido à maior convivência com as mudanças, que esta parcela da população adquire experiência, tornando-se mais capaz de adaptar-se a elas.

Houve também questionamentos sobre a afirmação de que as mudanças climáticas poderiam resultar em impactos positivos em certos casos. Tal afirmação parece ter surpreendido parte do público, que defende que o aquecimento da temperatura somente produzirá conseqüências negativas em relação a diversas questões, e, especialmente, sobre a saúde e a transmissão de doenças.

MUDANÇAS GLOBAIS E O SISTEMA AGROALIMENTAR

Conferência 6:

CLIMATE CHANGE, PATTERNS OF LAND USE AND FOOD SECURITY: CHALLENGES FOR SUSTAINABILITY

Weber Antônio Neves do Amaral
ESALQ/USP

Diversos aspectos foram tratados, na busca do entendimento a respeito das relações entre mudança climática, produção agrícola, padrões de consumo e crescimento econômico. A palestra mostra a tendência global em termos das mudanças climáticas, os padrões regionais de uso da terra através da agricultura, e as direções das pesquisas científicas.

A mudança climática evidencia as respostas assimétricas das regiões frente ao problema, devido às diferenças nas capacidades de mitigação e de adaptação. As mudanças climáticas, através da elevação da temperatura, alteração nos índices de precipitação e aumento do nível do mar, pode gerar diversos impactos sobre a saúde, agricultura, florestas, recursos hídricos e sobre espécies animais e vegetais.

Atualmente, verifica-se uma alteração nos padrões de consumo da população mundial no sentido de aumentar a demanda por carne.

A importância da pecuária no mundo é destacada pelos seguintes dados: esta atividade gera 40% da produção bruta do *agribusiness*, e vem acompanhando o crescimento do consumo de carne (nos últimos 20 anos, o crescimento anual é da ordem de 5,6%); ocupa 3,4 bilhões de ha (o que equivale a duas vezes a área destinada para culturas de grãos). Finalmente, o consumo de carne nos países desenvolvidos dobrou de 1964-66 para 1997-99.

Por outro lado, durante a década de 1990 observa-se uma redução no consumo de grãos, de 334 kg/capita para 317kg/capita.

O Brasil também apresenta uma alteração nos padrões de consumo de alimentos da população: a demanda por proteína animal vem aumentando, enquanto o consumo de proteína vegetal vem diminuindo.

Como resultado das mudanças climáticas, a tendência mundial é que em 2030 os países em desenvolvimento, especialmente os países da África e da Ásia, sejam altamente dependentes da importação de cereais, uma vez que sofrerão severas reduções na produção (em contrapartida, deverá ocorrer um aumento na produção de cereais nas zonas temperadas).

O Brasil não se inclui nesta previsão, uma vez que apresenta, nos últimos anos, elevado crescimento da área ocupada por grandes culturas, tal como a soja. Dados históricos e projeções indicam um aumento na produção, na produtividade e também na área colhida de soja (De Paula & Faveret Filho, 2004).¹⁰⁹ Entretanto, as previsões de safra devem ser refeitas anualmente, pois sua expansão depende fortemente dos preços internacionais.

Neste contexto, observa-se que a soja, no Brasil, está ocupando a área anteriormente destinada à pecuária: nas áreas em que a soja é expandida, o gado é recuado. Dados do IBGE e INPE citados na apresentação, mostram que, entre 2000 e 2002

¹⁰⁹ DE PAULA, Sérgio Roberto; FAVERET FILHO, Paulo. *Panorama do Complexo Soja*. Rio de Janeiro: BNDES, 2004. (www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set804.pdf)

houve um incremento anual médio da área plantada de soja, enquanto o incremento anual médio do rebanho bovino entre 2000 e 2003, nas áreas ocupadas pela soja, reduziu-se.

Na década de 1990, o processo de conversão da terra se caracterizava pela seguinte seqüência: queima de floresta primária => introdução da pecuária/culturas permanentes => plantio da soja. A tendência atual é que a floresta primária já seja diretamente substituída pela agricultura intensiva (soja), sem ter o processo intermediário.

Outra questão que também pode ser citada como determinante da mudança do uso do solo é a infra-estrutura de transporte. Conforme ela se desenvolve e avança para áreas mais remotas, as regiões mais próximas são modificadas, pessoas são atraídas, novas cidades são formadas, culturas e demais atividades produtivas são deslocadas, alterando significativamente a ocupação do solo.

Dada toda esta mudança no uso do solo, a questão central a ser discutida está relacionada com os incentivos atuais dados à redução das emissões de combustíveis fósseis via substituição por combustível limpo, a energia vinda da biomassa (agroenergia). Como se dará este aumento na produção em termos do uso do solo? O balanço será realmente positivo em termos energéticos e de emissões?

Todos estes fatores (mudança nos padrões de consumo, infra-estrutura de transporte, situação do mercado internacional do produto, incentivo à substituição de energia fóssil por agroenergia, e muitos outros, afetam consideravelmente o uso do solo. Além destes, o aquecimento global também poderá afetar diretamente o mapa produtivo, pois interfere na sobrevivência de espécies produtivas (reduz o número de espécies existentes e provoca alterações no processo migratório), bem como modifica a produtividade das culturas.

Outro agravante é a assimetria da capacidade dos diferentes países/regiões em responder aos impactos destas mudanças.

Os principais desafios a serem superados neste sentido são:

- a mudança do foco de estudo dos ecossistemas para os genes e da genética populacional para a genética molecular;
- a realização das ligações necessárias com outras disciplinas;
- a aplicação prática do que se aprende nos laboratórios.

O estudo genético das espécies tem grande importância neste contexto, tanto em termos qualitativos (buscando entender a variabilidade, a hereditariedade, as correlações genéticas, entre outros) quanto molecular (número, localização, efeitos, natureza). A solução se dará com a identificação dos genes atuais envolvidos no controle genético dos tratamentos qualitativos.

Outra consequência negativa das mudanças climáticas é o efeito sobre a biodiversidade, a qual tende a ser extremamente reduzida. Por isso, é muito importante realizar pesquisas no sentido de montar um banco de dados genético capaz de suprir esta redução na biodiversidade.

As prioridades apontadas foram:

- cooperação entre capacitação técnica e interdisciplinariedade;
- estratégias de longo prazo para adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas;
- estrutura de estratégias políticas.

Além deste, sugere-se a elaboração de uma agenda de pesquisa que inclua estudos de mitigação e adaptação regional, a disseminação da informação e a ligação entre tomadores de decisão e os agentes responsáveis pelas políticas públicas.

Debate:

Foram discutidos aspectos relacionados à ausência da formulação de política frente aos agentes tomadores de decisão, à questão cultural, à possível perda de diversidade versus a produção de alimento e à necessidade de informação.

A principal conclusão foi que atualmente existe uma diversidade de informação e de capital humano, capaz de alertar a sociedade para as mudanças. Entretanto, sente-se uma posição ausente por parte do governo, que não está dando a devida atenção aos resultados dos estudos divulgados pela comunidade científica.

Mesa Redonda 4:

MUDANÇAS GLOBAIS E O SISTEMA AGROALIMENTAR

Coordenador:

Hilton Silveira Pinto (CEPAGRI/UNICAMP)

Debatedores:

Raquel Ghini (EMBRAPA Meio Ambiente)

Graciela Odilia Magrin (Instituto Clima y Agua/Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, Argentina)

Eustáquio José Reis (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA)

Eduardo Delgado Assad (EMBRAPA Informática e Agropecuária)

MUDANÇAS GLOBAIS E DOENÇAS DE PLANTAS

Raquel Ghini

EMBRAPA Meio Ambiente

A primeira apresentação foi da Dra. Ghini da EMBRAPA Meio Ambiente sobre as doenças de plantas e suas relações com as mudanças globais. As doenças de plantas podem ser definidas como uma interferência prejudicial em processos fisiológicos. “É um processo dinâmico no qual hospedeiro e patógeno, *em íntima relação com o meio*, se influenciam mutuamente, do que resultam modificações morfológicas e fisiológicas” (Gaumann, 1950). Cabe ressaltar a íntima relação com o meio: chuva, umidade, temperatura e luz. As mudanças globais podem afetar diretamente os patógenos, a planta hospedeira e a interação planta/patógeno.

As seguintes relações podem ser estabelecidas entre a quantidade de CO₂ e o nível de doenças em plantas:

Plantas	Doenças
Aumento da biomassa	Maior quantidade de tecido para ser infectado Menor dano
Aumento do teor de carboidratos	Maior quantidade de patógenos que dependem de açúcares
Aumento da densidade de copa e tamanho de plantas	Maior quantidade de patógenos que dependem de alta umidade do ar
Aumento da quantidade de resíduos das culturas	Maior sobrevivência de necrotróficos
Diminuição da abertura de estômatos	Menor penetração
Diminuição do ciclo da cultura	Maior quantidade de necrotróficos; menor quantidade de biotróficos

Os poucos trabalhos de pesquisa realizados sobre o assunto demonstram o efeito do aumento do dióxido de carbono na incidência de algumas doenças (*Fusarium nivale* – centeio; *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* – ciclame; *Fusarium* sp. – trigo; *Cladosporium fulvum* – tomate; *Seiridium cardinale* – *Cupressus sempervirens*; *Rhizoctonia solani* – algodão; *Plasmodiophora brassicae* – repolho; *Ustilago* spp. –

cevada, milho; *Puccinia* spp. – aveia, centeio, trigo). Em outros casos, o aumento de dióxido de carbono não afeta a incidência de doenças (*Pythium splendens* – *Poinsettia*; *Thielaviopsis basicola* – *Poinsettia*; *Botrytis cinerea* – ciclame; *Sclerotinia minor* – alface; *Erysiphe graminis* – trigo). Enfim, existem os casos aonde o aumento do dióxido de carbono vai diminuir a incidência de doenças (*Rhizoctonia solani* - beterraba açucareira; *Phytophthora parasitica* – tomate; *Colletotrichum gloeosporioides* - *Stylosanthes scabra*; *Xanthomonas campestris* pv. *pelargonii* – gerânio; *Sphaerotheca pannosa* – roseiras; *Puccinia* sp. – gramínea).

As mudanças globais também podem afetar o controle químico (em função da duração, intensidade e frequência de chuvas), biológico (pela alteração na microbiota da filósfera e rizósfera) e genético, com alterações nas plantas onde a maior pressão da doença pode quebrar a resistência vegetal.

São necessários estudos de campo para melhor compreender as interações entre as mudanças globais e as doenças. Na Austrália estão em andamento estudos em ambiente fechado (SCIRO) e aberto (FACE). A EMBRAPA está trabalhando com estufas de topo aberto e já possui resultados para Oídio da soja (*Microspheara diffusa*).

Outro estudo importante é sobre a distribuição das doenças. Já existem resultados para Bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*), Nematóide (*Meloidogyne incognita*) em café e Sigatoka amarela em bananeira.

CLIMATIC CHANGE AND THE AGRICULTURAL SECTOR IN SOUTH EAST SOUTH AMERICA

Graciela Odilia Magrin

Instituto Clima y Água/Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, Argentina

A Dra. Magrin abordou os aspectos regionais das mudanças globais sobre a agricultura chamando a atenção para o fato de que a agricultura e a segurança alimentar são muito vulneráveis às mudanças climáticas.

Vários estudos estão sendo feitos na região baseando-se na utilização de modelos de simulação de plantio em diferentes cenários. O objetivo desses estudos é avaliar o impacto da mudança e da vulnerabilidade climática na produção agrícola, identificando as culturas, regiões ou sistemas mais susceptíveis. É também objetivo desses estudos a identificação de medidas de adaptação.

Evidentemente existe uma série de incertezas na previsão do futuro e algumas delas estão relacionadas aos cenários climáticos de precipitação e de aumento de temperatura. Outras incertezas estão relacionadas às projeções de produção em relação ao aumento de dióxido de carbono.

Alguns resultados mostram que na América do Sul pode ocorrer uma redução na produção de milho e trigo em função do aumento de 1°C e 2.8°C, respectivamente. Por outro lado, pode ocorrer aumento na produção de soja caso a temperatura aumente em até 3°C.

CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE: BRAZILIAN PERSPECTIVES

Eustáquio José Reis

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA

A palestra do Dr. Reis resenhou os esforços de modelagem econômica da interação entre mudanças climáticas e agricultura. A primeira parte focou os efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura e a segunda, os impactos da agricultura sobre as mudanças climáticas, com ênfase especial no desmatamento da Amazônia.

Estudos empíricos (Bosello & Zang, 2005 e Mendelsohn, 2005)¹¹⁰ mostram que a duplicação do CO₂ na atmosfera terá impactos relativamente reduzidos sobre a atividade agrícola. Em escala mundial, a produção de alimentos seria reduzida em -2,5% a -0,07% e o PIB per capita em -0,047% a 0,01%. Os resultados, contudo, variam segundo regiões mostrando efeitos bem mais elevados em alguns casos.

No caso do Brasil, estimativas dos efeitos potenciais sobre o PIB seriam de -0,017% a 0,22% (Kane et al, 1992);¹¹¹ a produção de arroz seria reduzida de 7 a 27% e a de trigo de 17 a 46% (Rosenweig et al, 1994).¹¹² De acordo com Sanghi et al. (1997),¹¹³ os efeitos sobre o preço da terra de um aumento de 2,5° C na temperatura acompanhado de aumento de 7% na precipitação seriam de -3.67% a -18.44% nos estados de GO, MT, TO e RO; -2,99% a -16.58% em MG e entre +0.80% a +4.66% no RS e SC.

No que concerne aos efeitos da agricultura sobre as mudanças climáticas, destacam-se as emissões decorrentes da mudança do uso do solo no Brasil que, segundo o Inventário Brasileiro de Emissões elaborado pelo MCT, foram de 722,5 Tg CO₂/ano entre 1988 e 1994. O desmatamento da Amazônia brasileira respondeu por 59% dessas emissões. Esses resultados são corroborados pela estimativas oriundas das simulações de modelos econométricos da Amazônia brasileira (Reis & Margulis, 1991 e Andersen et al., 2002).¹¹⁴

As causas econômicas do desmatamento da Amazônia foram as falhas de mercado (abundância do recurso natural, direitos de propriedade mal definidos, externalidades, etc.) e institucionais (carência de instituições governamentais aliadas aos altos custos de monitoramento e fiscalização).

Em termos mais concretos, os determinantes e as motivações econômicas do desmatamento da Amazônia foram:

¹¹⁰ BOSELLO, Francesco; ZHANG, Jian. *Assessing Climate Change Impacts: Agriculture*. Milan: Fondazione Eni Enrico Mattei, 2005 (Working Paper 2005.94). MENDELSON, Robert. *The impacts of climate change. What do impacts tell us about near term economic policy?* Powerpoint presentation at the Conference "Global Warming: Looking Beyond Kyoto". Yale Center for the Study of Globalization, Oct. 2005.

¹¹¹ KANE, Sally; REILLY, John; TOBEY, James. An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture. *Climatic Change* v. 21, p. 17-35, 1992.

¹¹² ROSENZWEIG, Cynthia; PARRY, Martin L. Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. *Nature* n. 367, p. 133-138, 13 Jan. 1994.

¹¹³ SANGHI, Apurva; ALVES, Denisard C. O.; EVENSON, Robert; MENDELSON, Robert. Global Warming Impacts on Brazilian Agriculture: Estimates of the Ricardian Model. *Economia Aplicada* v. 1, n. 1, 1997.

¹¹⁴ REIS, Eustáquio; MARGULIS, Sérgio. Options for Slowing Amazon Jungle Clearing. In: DORNBUSCH, Rudiger; POTERBA, James M., eds. *Global Warming: economic policy responses*. Cambridge, MA: MIT, 1991, p. 335-375. ANDERSEN, Lykke; GRANGER, Clive W. J.; REIS, Eustáquio J.; WEINHOLD, Diana; WUNDER, Sven. *The Dynamics of Deforestation and Economic Growth in the Brazilian Amazon*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

1. Mudanças nas condições de acesso aos mercados (custo de transporte) que, juntamente com as condições geo-ecológicas (topografia e chuvas), determinam a lucratividade do desmatamento nas principais atividades produtivas como pastagem, soja e exploração madeireira.
2. Incentivos governamentais e subsídios foram importantes até meados da década de 1980. Atualmente, transferências federais ainda contribuem para sustentar a renda urbana da região.
3. A especulação do preço da terra assume importância temporária em áreas remotas e de difícil acesso onde o desmatamento pioneiro tende a se dar em pequena escala, sendo seguido pela pecuária e o desmatamento em larga escala. As culturas comerciais, como soja, viriam em um terceiro estágio com impacto adicional insignificante sobre o desmatamento.

Corroborando essa análise, estimativas econométricas baseadas em um modelo de efeitos fixos para um painel de dados censitários de municípios brasileiros no período 1970-95 mostram os efeitos de longo prazo da pecuária e da soja sobre níveis de renda e produto per capita, concentração de renda e desflorestamento (Reis 2005, Azevedo 2005).¹¹⁵

Assim, os efeitos da atividade pecuária (medida alternativamente pela densidade do rebanho ou da área de pastagem do município) sobre renda familiar per capita e PIB agropecuário per capita do município dez anos mais tarde tende a ser significativamente negativo. Diferentemente, os efeitos do cultivo da soja (medida alternativamente pela densidade do produto e densidade de área cultivada no município) tendem a ser significativamente positivos. Ou seja, a penetração da pecuária reduz a renda per capita e a penetração da soja aumenta a renda per capita.

Os efeitos da pecuária e da soja sobre a distribuição de renda dez anos depois são invertidos, ou seja, a penetração da pecuária reduziria a concentração de renda rural enquanto que a penetração da soja aumentaria a concentração de renda rural.

Por fim, sobre o desflorestamento, a pecuária teria efeitos significativos e a soja teria efeitos negligenciáveis. Concluindo, o dilema entre desflorestamento e bem-estar seria significativo no caso da soja e não significativo no caso da pecuária que, contudo, apresenta características menos concentradoras de renda ou mais democráticas.

¹¹⁵ REIS, Eustáquio J. *Linking climate change control and development policies: the Brazilian case*. Paper presented at the Conference "Global Warming: Looking Beyond Kyoto". Yale Center for the Study of Globalization, Oct. 2005. AZEVEDO, Caio O. de. *Pecuária, soja e desflorestamento da Amazônia brasileira, 1975-2004*. Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A AGRICULTURA BRASILEIRA

Eduardo Delgado Assad
Embrapa Informática Agropecuária

Hilton Silveira Pinto & Jurandir Zullo Junior
CEPAGRI/UNICAMP

O Dr. Assad mostrou os resultados da pesquisa que tinha como objetivo simular as mudanças da produção de grãos do Brasil considerando o aquecimento global prognosticado pelo IPCC. Para tanto foi utilizado o Zoneamento de Riscos Climáticos como indicador de impacto.

O estudo se justifica dada a importância da agricultura brasileira¹¹⁶ e ao fato de que o crédito oficial está estimado atualmente em torno de R\$ 20 bilhões. A liberação do crédito só ocorre quando existem 80% de chance de sucesso na data de plantio determinada. O crédito também está condicionado ao seguro agrícola. Este por sua vez depende do zoneamento agrícola.

Várias portarias e resoluções regem o zoneamento de riscos climáticos. Entre elas merecem destaque a Resolução 2.427 do CMN/BACEN (que autoriza o MAPA a divulgar a relação de municípios habilitados para os fins de zoneamento agrícola) e a Portaria nº 422 do Ministro do MAPA (que delega poderes à Secretaria da CER para emitir portarias com indicativos do Zoneamento Agrícola).

As simulações foram feitas para arroz, feijão, milho, soja e café considerando o aumento na temperatura de 1°C, 3°C e 5,8°C, e o aumento na precipitação de 5%, 10% e 15%. Os resultados estão resumidos nas tabelas a seguir.

Porcentagem de áreas cultivadas com café arábica nos estados de Goiás, Minas Gerais, Paraná e São Paulo e possíveis alterações devido ao aumento das temperaturas.

	Goiás %	Minas %	Paraná %	São Paulo %
ATUAL	38,4	75,9	70,4	76,1
+1,0C	14,1	56,7	86,8	58,5
+3,0C	0,1	23,7	66,7	30,4
+5,8C	0,0	2,6	25,2	3,4

Cultura	Potencial Atual Área Km ²	Área após T+1C Km ²	Área após T+3C Km ²	Área após T+5,8C Km ²	Redução da produção	Produção atual e futura
---------	---	--------------------------------------	---	--	---------------------------	----------------------------

¹¹⁶ PIB agronegócio = US\$ 240 bilhões; PIB agricultura = US\$ 95 bilhões; exportação café = US\$ 2,27 bilhões; exportação soja = US\$ 11,0 bilhões.

Arroz	4,755,204	4,560,347	3,875,734	2,792,430	41	13 mil t 7,7 mil t
Feijão	5,141,047	4,992,366	4,575,250	3,972,723	23	2,8 mil t 2,2 mil t
Soja	3,419,072	3,093,664	2,085,815	1,238,557	64	60 mil t 22 mil t
Milho	5,169,034	5,079,497	4,808,833	4,421,934	15	39 mil t 33 mil t
Café	904,971	698,720	381,414	73,915	92	30 mil sacas 2,4 mil sacas

**MUDANÇAS GLOBAIS E IMPACTOS NA
ENERGIA E NO GERENCIAMENTO DA ÁGUA**

Conferência 8:

ENERGIA E GERENCIAMENTO DE ÁGUA E MUDANÇAS GLOBAIS

Vicente Barros

Universidad de Buenos Aires, Argentina

A exposição do Dr. Vicente Barros teve como foco principal a necessidade de cooperação científica regional e internacional, especialmente no Cone Sul, em estudos de mudanças climáticas, com vistas à redução das incertezas nas projeções sobre o futuro climático global e regional.

A preocupação que norteou o Dr. Barros em toda a sua exposição foi a de apontar a necessidade urgente dessa cooperação para aumentar a capacidade antecipatória da sociedade sobre as mudanças climáticas, em face dos sérios riscos ambientais e sócio-econômicos para a região.

Ele começou sua exposição apontando para o fato de que parte das mudanças climáticas projetadas pelos inúmeros modelos existentes é inevitável e já estão em curso. A outra parte pode ser modificada pelo homem e requer políticas ativas globais de mitigação muito mais profundas do que as adotadas pelo Protocolo de Quioto. Para conhecer os impactos regionais das mudanças climáticas, é necessário o aprimoramento dos modelos climáticos, principalmente regionais, pois estes ainda fazem projeções de mudanças climáticas com grandes incertezas.

Sua argumentação apóia-se no fato de que, embora somente possamos influenciar o clima daqui a 30 ou 40 anos, o problema da mudança climática também é nosso, uma vez que ela já está em curso. Isto é, a inércia do sistema do clima não deve ofuscar o fato de que já estamos observando mudanças climáticas e a sociedade necessita de melhores projeções para começar a se adaptar.

Para mostrar a seriedade dos impactos potenciais, o Dr. Barros mostrou alguns estudos que indicam os efeitos de mudanças de precipitação na Argentina e na Bacia do Prata, baseados em observações feitas há décadas na região e em modelagem regional.

Por meio de um modelo climático regional na Argentina calibrado com o modelo global do Hadley Center, o HADCM3, obtiveram-se projeções para mudanças de precipitação nas décadas 2020, 2050 e 2080 relativamente à época atual, tomando como referência o cenário A2 do IPCC de emissões de gases de efeito estufa. A conclusão geral deste estudo é de que haverá uma diminuição significativa na precipitação sobre a Cordilheira dos Andes, implicando em menor oferta de água nos rios que nascem nela e que são o sustento da vida e da economia de seis províncias argentinas. Essa projeção, aliada à demanda crescente resultante do crescimento populacional, indica um cenário de crescimento econômico insustentável na região. Com respeito à precipitação sobre a Bacia do Prata, os modelos ainda são muito incertos, e existem vários deles que apresentam resultados contraditórios para esta região. Por isso, é importante buscar informações que possam validar os modelos. Cabe então a seguinte pergunta: em termos concretos, quais têm sido as alterações climáticas observadas na região da Argentina, desde os Andes até a Bacia do Prata?

Nos Andes próximos à Argentina, estudos observacionais têm mostrado claramente a tendência de recessão dos glaciares, indicando um processo gradual de mudança de clima naquela região. No Third Assessment Report do IPCC em 2001 já se mostrava essa tendência de diminuição de precipitação anual para o Chile em até 40% ao longo do século XX.

Vários estudos quando integrados corroboram essa tendência: a) observações da diminuição de vazão do Rio Negro, Rio Limay e Rio Neuquén; b) fotografias de recessão de glaciares; c) aumento sistemático da temperatura média anual na região de Mendoza desde 1961, para citar somente alguns exemplos.

E na Bacia do Prata, quais são as tendências apontadas pelos estudos observacionais e de modelagem? Novamente, através do modelo acima descrito e para o cenário de emissões A2 a tendência também é de aumento da precipitação anual para as décadas de 2020, 2050 e 2080 relativamente à época atual, mas com valores muito pequenos que não são avaliados por outros modelos.

No período 1962-2002 registrou-se um aumento do número de eventos de precipitação com mais de 100 mm em dois dias na Argentina oriental e central, apresentando um crescimento significativo, sobretudo na última década. Ao mesmo tempo, as séries temporais das descargas máxima e mínima anuais e das médias diárias do Rio Paraná, na seção Paraná-Santa Fé entre 1902 e 2000, também apresentam um crescimento nas três últimas décadas. Essa variabilidade pode ter como causa, para alguns anos, aos fenômenos El Niño e La Niña, mas há uma tendência sistemática de aumento dessas descargas.

O mesmo comportamento é observado em séries históricas das vazões do Rio Paraguai na região de Assunção, do Rio Paraná em Corrientes, do Rio Salado na RP 70 e do Rio Uruguai em Paso de los Libres.

Não é possível ainda chegarmos a conclusões quantitativas sobre as reais causas da variação na precipitação. Seriam elas devidas às mudanças climáticas ou ao uso do solo?

Para analisar este aspecto e alguns dos impactos potenciais sobre os recursos hídricos, o Prof. Vicente descreve algumas relações empíricas muito interessantes entre as variações da precipitação e a vazão dos rios daquela Bacia. Existe um efeito de amplificação da variabilidade da vazão dos rios, a partir de variações na precipitação, ou de forma equivalente da evaporação. O Prof. Vicente nos explica que, por exemplo, quando se observou um aumento de 16% na precipitação em uma região da Bacia do Prata entre os períodos 1951-1970 e 1980-1999, obteve-se um aumento correspondente de 35% na vazão dos rios, ou seja, mais do que o dobro da primeira, e um aumento de 9% no escoamento e infiltração da água da chuva. Do mesmo modo, uma diminuição observada de precipitação de 7% no período 1998-1999 entre um evento El Niño e um La Niña produziu uma variação correspondente de 17% na vazão dos rios, novamente mais do que o dobro da primeira, e de 3% no escoamento e infiltração. Assim, observa-se que para moderadas variações na evaporação ou precipitação, podemos ter grandes variações na vazão dos rios.

Além disso, se considerarmos que na Bacia do Prata 70% da precipitação é evaporada e somente 30% dessa água alcança os rios por escoamento, conclui-se que no contexto das mudanças climáticas o fenômeno de amplificação da variabilidade da vazão dos rios implica uma alta vulnerabilidade da região do Cone Sul, já que, por exemplo, o Brasil tem 90% de sua energia elétrica gerada por rios, e a navegação e a oferta de água podem ser impactadas também por moderadas variações na precipitação ou na evaporação.

Em face dos impactos potenciais sobre os recursos hídricos da região do Prata, é importante buscar resolver as incertezas dos modelos regionais. Entretanto, como ressaltou o Prof. Barros, as estatísticas do passado não representam as condições presentes e futuras e, por isso, é necessário desenvolver novas ferramentas de análise. É preciso descobrir como as mudanças observadas se relacionam com o aquecimento global, e é necessário fazer projeções do clima regional com mais precisão.

Um outro impacto potencial na região, advindo de uma variação na precipitação ou evaporação, é a penetração da frente de salinidade no golfo do Prata. Para explicar esse

fenômeno o Dr. Barros recorreu ao conceito de evaporação potencial¹¹⁷. Existe uma fórmula empírica que fornece a evaporação potencial como uma função quadrática da temperatura. Se a evaporação aumenta, uma quantidade menor de água vinda da chuva escoar para os rios e conseqüentemente a vazão desses rios também diminuirá.

Foram feitos estudos para cenários de elevação de temperatura em 2°C e 5°C e seu efeito sobre a evaporação potencial e sobre a evaporação real. A partir daí, calculou-se em alguns cenários de temperatura a variação no escoamento e, conseqüentemente, a vazão dos rios para a Bacia do Prata. Em todos os casos obteve-se uma redução de escoamento crescente com o aquecimento global.

Essa redução do escoamento do rio pode ter repercussões importantes. Na desembocadura do Rio do Prata e em todo golfo existe um nível de salinidade bem mais baixo que o do oceano, e se a vazão desse rio diminuir, o sal oceânico pode invadir o golfo aumentando a salinidade em muito naquela área, comprometendo a qualidade da água para as cidades como Buenos Aires e Montevideú

Foram feitos modelos para estudar a penetração da frente de salinidade no golfo, e simularam-se cenários para o presente e para o ano 2100. Eles mostram que a salinidade não depende do nível do mar, mas da descarga do rio, indicando uma penetração da frente em direção ao continente tanto maior quanto maior for a diferença de temperatura dos cenários futuros na Bacia do Prata. Os cálculos estimam que a frente de salinidade pode atingir Buenos Aires, que se situa bem próximo à desembocadura do rio, se a sua descarga diminuir em 30%.

Finalizando sua conferência, o Dr. Barros retomou a questão da diminuição das incertezas dos modelos e indicou uma agenda de pesquisa para reduzi-la. O nível de incertezas é muito grande e ainda não se sabe quantificá-lo. Para isto serão necessários estudos de validação, comparando as projeções dos modelos com as observações.

Além disso, em nível internacional, nossos governos precisam de melhores projeções científicas para avaliar seus interesses nacionais. Saber o que vai ocorrer daqui a 10, 20 ou 50 anos, pode modificar as posições dos países nas negociações sobre mudança do clima. Por isso é preciso diminuir as incertezas.

Apesar dessa incerteza, existem alguns denominadores comuns a todos esses modelos regionais. Por exemplo, todos indicam que haverá mudança na freqüência de eventos extremos de precipitação e não nas suas intensidades.

Segundo o Prof. Barros, para reduzir as incertezas será necessária a colaboração científica regional e internacional para dar respostas mais precisas em não mais do que cinco anos. Sugere a colaboração mais efetiva, no caso da América do Sul, entre o CIMA, o INPE e a USP¹¹⁸, já que estes centros de excelência têm os recursos computacionais, técnicos e científicos adequados para o desafio que se coloca à comunidade científica.

Debate:

Após algumas perguntas de detalhe sobre validação de alguns modelos regionais e sobre a possibilidade de se fazer previsões para daqui a seis meses, o que foi respondido negativamente, o Dr. Barros enfatizou que a questão fundamental hoje é: “O que e como

¹¹⁷ N. do R.: A *evaporação potencial* é uma medida de referência de evaporação. Consiste na perda de água para a atmosfera de uma superfície líquida exposta livremente às condições ambientais.

¹¹⁸ N. do R.: CIMA – Centro de Investigación del Mar y Atmosfera (Argentina); INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Brasil); USP – Universidade de São Paulo (Brasil).

fazer a tempo de evitar os problemas?”. Seu foco foi sobre as medidas de adaptação, já que as mudanças já estão em curso.

O Dr. Barros não tem as respostas, mas apontou que tais respostas dependem de um trabalho mais intenso de modelagem e, por isso, de mais recursos financeiros e humanos. Ele não acredita que em cinco anos se possa reduzir todas as incertezas, mas será possível o suficiente para termos já alguns avanços significativos que possam dar orientação política na região do Cone Sul, que é a sua principal área de interesse de pesquisa.

Mesa Redonda 9:

MUDANÇAS GLOBAIS E IMPACTOS NA ENERGIA E NO GERENCIAMENTO DA ÁGUA

Coordenador:

Mônica Ferreira do Amaral Porto (EPUSP)

Debatedores:

José Esteban Castro (School of Geography, Politics and Sociology – University of Newcastle upon Tyne, Reino Unido)

Juan Carlos Bertoni (Universidade Nacional de Córdoba, Argentina)

José Roberto Moreira (Centro Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO)

Afonso Henriques Moreira Santos (UNIFEI)

CAMBIO GLOBAL, GESTIÓN DEL AGUA Y LAS POLITICAS DE LA DESIGUALDAD

José Esteban Castro

School of Geography, Politics and Sociology – University of Newcastle upon Tyne, Reino Unido

Existe a chamada “crise da água” que consiste na crise da escassez da água, que as mudanças climáticas podem agravar ainda mais. A tese central do Dr. Castro em sua apresentação foi a de que essa crise é um problema essencialmente político, e não hidrológico.

Sem dúvida, existe um grave problema prático relacionado à água. Para ver isto, basta considerar que o volume total de água na Terra é estimado em 1400 milhões de km³, enquanto que somente 2,5% desse volume, algo em torno de 30 milhões de km³, é de água doce. A porção de água doce disponível para uso humano é inferior a 1% daquele volume total.

Levando-se em conta que o consumo global de água doce está dobrando a cada 20 anos, ou seja, a uma taxa de crescimento maior que o dobro da taxa de crescimento da população, espera-se para o ano 2025 que a demanda por água doce cresça 56%. A situação é mais grave em muitos países menos desenvolvidos onde o aumento da demanda será maior e onde o volume de água doce disponível está ameaçado pelos processos de desertificação, contaminação e superexploração. Outros fatores que agravam as perspectivas são:

- a) a competição entre diferentes usos e usuários;
- b) as diferenças na distribuição espaço-temporal da água doce;
- c) a desigualdade de acesso aos recursos;
- d) as crises institucionais de governança da água.

É sabido que a água é fundamental para a vida e o bem-estar humanos. Entretanto, não basta ter acesso à água para garantir essa qualidade de vida. Uma grande proporção de perigos à saúde e ao bem-estar humanos decorre de formas particulares de governança e gestão da água. Por exemplo, menos de 5% da água residual produzida nos países menos desenvolvidos é tratada antes de voltar ao meio ambiente. Estima-se que entre um quarto e um terço da morbi-morbidade humana está diretamente ligada a fatores ambientais, entre os quais se destacam as enfermidades relacionadas à água. O impacto dessas enfermidades é

muito maior entre os países mais pobres e têm um impacto desproporcional sobre os setores mais vulneráveis, especialmente sobre as crianças, os velhos e as mulheres grávidas.

O quadro se torna ainda mais crítico quando se considera que: 1,1 bilhão de pessoas (cerca de 17% da população humana) carecem de acesso à água de qualidade mínima para o consumo humano; 2,4 bilhões de pessoas (cerca de 40% da população humana) carecem de serviços básicos de saneamento; e 5 milhões de pessoas morrem anualmente de enfermidades que poderiam ser prevenidas e que estão relacionadas com a água, enquanto que outras milhões de pessoas são afetadas por enfermidades de impacto retardado causadas pela ingestão de substâncias presentes na água, tais como sulfatos e arsênico.

Especialistas em segurança internacional têm alertado que os problemas relacionados com a governança e gestão de água serão uma fonte crescente de conflitos. Para perceber esse potencial, consideremos que a água doce encontra-se distribuída de forma desigual e irregular. Menos de 10 países controlam cerca de 60% dos recursos de água doce do planeta, enquanto que existem ao redor de 300 bacias hidrográficas e um grande número de aquíferos compartilhados por dois ou mais países. Por outro lado, no âmbito nacional, os conflitos pela água referem-se a problemas de justiça e equidade e a problemas de governança e cidadania.

As mudanças climáticas globais nada mais farão do que agravar esse quadro em diversas regiões do planeta. Mas como compreender esse quadro? Que soluções podem ser propostas? O Dr. Castro parte de um enfoque sociológico no qual o aspecto social da vida humana é construído a partir da confrontação contínua de projetos rivais sobre o tipo de organização social que se procura desenvolver. Por isso, os problemas sociais são problemas políticos, ou seja, problemas que envolvem o exercício do poder. A “crise da água”, por exemplo, é em grande medida um problema social, que tem sua origem na confrontação entre projetos rivais sobre como governar, administrar, e utilizar este recurso.

O Dr. Castro deu alguns exemplos de conflitos sociais pela água ocorridos no México para ilustrar esse enfoque. Para tornar a sua tese ainda mais clara, citou a noção de escassez de Amartya Sen elaborada sobre o problema análogo da fome:

“Escassez é a característica das pessoas não terem o suficiente [...], não é a característica de não haver o suficiente. Enquanto a última situação pode ser causa da primeira, essa é apenas uma de várias causas possíveis.”

Na perspectiva da análise do Dr. Castro a “crise da água” é principalmente uma crise social, política, institucional e cultural. A partir dessa posição ele elaborou uma série de premissas como contribuição ao debate interdisciplinar no Fórum Mundial da Água (FMA), a realizar-se em março de 2006. A seguir citamos algumas das suas principais premissas, que enfatizam o aspecto político do problema da água.

- *Tese:* As metas de desenvolvimento adotadas pela comunidade internacional com relação à água têm como foco principal a “redução da pobreza” e a “sustentabilidade”, mas tanto a definição destas metas como os mecanismos para alcançá-las estão determinados por e dependem de processos que têm uma natureza essencialmente política. Os processos políticos são um fator explicativo central da “crise da água” que descrevemos previamente.
- *Tese:* As instituições da água são tanto o resultado como o veículo daqueles processos políticos, os quais determinam os processos de mudança e desenvolvimento institucional em relação à gestão da água.
- *Tese:* Os processos políticos referem-se essencialmente ao exercício do poder e se pode entendê-los como (ainda que não se pode reduzi-los a) uma confrontação permanente de projetos políticos rivais. A governabilidade e a cidadania são componentes essenciais desses processos políticos

- *Tese:* Não se pode alcançar consenso e cooperação em relação às decisões políticas e aos arranjos institucionais necessários para resolver a “crise da água” se passamos por cima da existência daquela confrontação entre projetos políticos rivais.

Sua perspectiva indica que uma agenda internacional que procure enfocar e resolver os problemas relativos à água, sobretudo em um contexto de mudança de clima global, somente será bem sucedida se partir desses pressupostos.

GERENCIAMENTO DE INUNDAÇÕES URBANAS

Juan Carlos Bertoni

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

A idéia básica que permeou toda a apresentação do Dr. Juan Carlos foi a de que se faz necessário uma maior integração entre a climatologia, hidrologia, e os aspectos sócio-econômicos. A integração contribui para aumentar a capacidade antecipatória e adaptativa da sociedade frente às inundações, que em função dos cenários de mudança climática existentes tenderão a aumentar em muitas regiões do mundo.

Atualmente há um novo paradigma sobre a água: ela é essencial para a vida. Ela é um bem de consumo final e intermediário em todas as atividades do homem. E essa nova concepção tem levado a um novo enfoque sobre a gestão dos recursos hídricos. A tônica é a integração de todos os usos da água, já que eles são interdependentes, e a capacidade de enfrentar situações extremas, tais como inundações e secas prolongadas.

Alguns números sobre as inundações no mundo podem evidenciar sua importância no contexto das catástrofes naturais. Anualmente, 220 milhões de pessoas são afetadas por catástrofes naturais, sendo que 90% desses desastres na década de 1990 estavam relacionados com a água. Nesse mesmo período, em torno de 1,5 bilhão de pessoas sofreram as conseqüências de inundações. As inundações ocupam o primeiro lugar em termos de freqüência e intensidade das catástrofes naturais no mundo. Somente no século XX, 3,5 milhões de pessoas morreram devido a inundações. Atualmente estima-se que em média morram 20000 pessoas por ano em inundações.

Quais seriam as causas das inundações? Segundo a Comissão Econômica e Social das Nações Unidas, as principais causas são:

- a) o desmatamento das bacias;
- b) a mudança de uso dos solos rurais;
- c) a expansão das áreas urbanas.

Por outro lado, as mudanças climáticas têm o potencial de trazer ciclos destrutivos mais devastadores do que aqueles ocorridos até aqui.

A urbanização é um dos processos mais importantes da história da humanidade. Em 1800, somente 1% da população mundial vivia em áreas urbanas. Com a revolução industrial houve uma grande expansão das áreas urbanas, de modo que no período 1900-1950 a população urbana cresceu 240% e, em 2000, 50% da humanidade ocupava as áreas urbanas. Na América Latina o processo tem sido semelhante ao mundial. Atualmente, 77% da população vive em áreas urbanas. No Brasil, essa cifra sobe para 80%.

Considerando que esse aumento de população urbana foi acompanhado pelo crescimento das cidades sem nenhum planejamento, percebe-se o porquê do aumento do número de inundações e, conseqüentemente, o grande número de pessoas que potencialmente podem ser atingidas por esses eventos extremos.

Dois estudos de caso servirão para ilustrar alguns pontos importantes sobre as inundações. Primeiramente, consideremos o caso de Santa Fé na Argentina. Essa cidade é

cortada pelo Rio Salado. Em 2003, em poucas horas, a cidade foi inundada em várias áreas com até 4 metros de penetração. Foi a maior catástrofe da Argentina dos últimos cem anos.

A construção da cidade não teve planejamento e não levou em conta a história das mudanças na cidade. As mudanças climáticas causariam impactos ainda maiores na cidade. O que se tem sido observado na Argentina é um aumento da quantidade de chuvas, mas não de sua intensidade. Dado este despreparo da cidade frente a estes eventos extremos, o que acontecerá quando as mudanças climáticas se tornarem mais evidentes?

Um outro caso ocorreu na área metropolitana de El Salvador, onde vivem 2 milhões de habitantes, dentre os quais 10% vivem em extrema pobreza, somente 5% tem acesso a saneamento e onde existem 35000 construções em áreas informais de extremo risco. Uma cidade onde a projeção para 2015 é de que tenha 3 milhões de habitantes e o número de construções em áreas informais passe a 65000. De 1 a 6 de outubro de 2005 ocorreu uma tormenta, denominada Tormenta Stan, que levou a 65 mortos, 12000 desabrigados, e perdas materiais consideráveis. A causa desses impactos foi a falta de planejamento. A cidade tem uma legislação municipal que não considera a drenagem um elemento essencial para a gestão da água.

Diante de tais fatos e exemplo, cabe perguntar: De quem é a culpa das inundações: Do homem? Das mudanças climáticas? Sem dúvida, ambos os fatores são importantes. Os exemplos e os dados sobre a América Latina, em particular a Argentina, são suficientes para indicar a grande vulnerabilidade que esta região tem às inundações.

A drenagem urbana é um elemento essencial para a capacidade de uma cidade mitigar os impactos provenientes das chuvas intensas. Ao longo da história houve uma evolução sobre o conceito de drenagem urbana. Em 1850 prevalecia o conceito sanitaria dando maior importância ao saneamento; em 1970 o conceito que prevaleceu foi o hidráulico, isto é, a ênfase era sobre o fluxo de água na cidade. Atualmente, o conceito que prevalece é o ambiental, isto é, o que se deve buscar é melhorar a qualidade da água nas cidades.

No que se refere às inundações, temos que considerar duas escalas espaciais diferentes e agir diferentemente em cada uma delas. Para cada uma deve haver uma capacidade antecipatória. Por um lado, temos as grandes bacias, onde ocorrem inundações ribeirinhas. A previsão que se deve buscar neste caso é da ordem de meses. Por outro lado, temos as pequenas bacias, onde ocorrem inundações por urbanização. Aqui as previsões devem ser feitas com até duas semanas de antecedência.

O gerenciamento da água, incluídas as inundações, deve buscar uma abordagem integradora da climatologia, da geologia, da hidrologia, da agronomia e os aspectos socioeconômicos para que haja uma redução substancial dos efeitos negativos das inundações.

ENERGY CONTRIBUTION FOR CLIMATE CHANGE

José Roberto Moreira

Centro Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO

O Dr. Moreira teve como objetivo em sua apresentação mostrar que existe um grande potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa através da substituição de energia fóssil pela biomassa, especialmente pelo uso de etanol e eletricidade a partir da cana-de-açúcar.

Segundo o Terceiro Relatório de Avaliação produzido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), ainda existem muitas reservas de

combustível fóssil a serem exploradas e, comparativamente à energia fóssil utilizada pela humanidade até o presente, vemos que esta é uma fração diminuta das reservas totais, incluindo as reservas convencionais e não convencionais. Mesmo comparando-se os consumos de energia fóssil projetados em cada um dos cenários de emissões do IPCC, ainda permanecem passíveis de exploração vastas quantidades de energia fóssil não convencional, sobretudo o carvão mineral. Por isso, não se deve acreditar que a escassez de combustível fóssil será o responsável pela redução das emissões de gases de efeito estufa, pelo menos ao longo dos próximos 50 ou 100 anos. A solução do problema da mudança climática, reside na mudança de matriz energética desde agora, visto que mais de 60% dos gases de efeito estufa são produzidos pela produção e consumo de fontes energéticas..

Existem várias opções de mitigação: aumento de eficiência energética, descarbonização através de novas fontes de energia e com remoção e estocagem de dióxido de carbono, seqüestro biológico de carbono, redução de emissões de outros gases de efeito estufa a partir da indústria, agricultura e gestão dos resíduos. As emissões atuais estão em torno de 8 Gt C/ano e o potencial de mitigação do setor de energia e outras opções tecnológicas, segundo o TAR, é de 1,9 a 2,6 Gt C/ano até 2010, assumindo-se um custo inferior a US\$ 100/ t C. Na área de LULUCF¹¹⁹ o potencial é em torno de 1 Gt C/ano.

No caso da descarbonização, ou seja produção de energia utilizando fontes que emitem menos carbono que as atuais ao produzir a mesma quantidade de energia, o potencial de fontes renováveis é enorme e, em particular, a biomassa tem um papel relevante. Comparando os potenciais técnicos de várias fontes de energia renovável, a biomassa somente perde para a energia solar (1300 EJ/ano¹²⁰ e 2600 EJ/ano, respectivamente).

A cana-de-açúcar tem um enorme potencial como fonte de energia renovável. Um cenário para o futuro foi construído supondo a operação de 4000 unidades de usinas de cana-de-açúcar no mundo, com uma densidade superficial de 1 unidade a cada 6200 km², que é a densidade típica no Estado de São Paulo atualmente. Supondo que não haverá escassez de água nas próximas décadas, pelo menos para atender a uma cultura como a da cana-de-açúcar, pouco exigente em água e que tem seu desenvolvimento no Brasil baseado em irrigação natural, não haveria problema em produzi-la. Além disso, supondo que se aumente a sua produção por meio do aumento da área plantada bem como sua produtividade por unidade de área, pode-se fazer uma projeção da produção de álcool para os próximos 30 ou 50 anos.

O Dr. Moreira, através de um modelo simples, realizou estas projeções e chegou à conclusão de que o fornecimento de energia a partir do álcool pode superar o aumento na demanda de petróleo cru projetada por volta do ano 2030 e, simultaneamente, pode suprir todo o aumento na geração de eletricidade projetada para o ano 2030. Apesar da simplicidade do modelo, ele é robusto o suficiente para mostrar que a cana-de-açúcar tem um potencial técnico muito maior para suprir as necessidades mundiais de energia do que normalmente se supõe.

Do ponto de vista das reduções de emissões de gases de efeito estufa, o impacto é muito significativo quando, partindo-se do cenário de não redução, introduz-se a substituição de energia fóssil por toda a cana-de-açúcar tecnicamente possível de ser produzida no mundo numa extensão de 140 Mha. Por exemplo, para o ano 2030, a projeção do cenário B2 do IPCC é de 10 Gt C/ano, enquanto que com a introdução da cana de açúcar as emissões para o mesmo ano passariam a ser em torno de 7 Gt/Ano.

¹¹⁹ N. do R.: LULUCF – Land Use and Land Use Change and Forestry.

¹²⁰ N. do E.: O joule (J) é uma unidade de medida de energia. Um exajoule corresponde a 10¹⁸ joules.

Concluindo, pode-se dizer que a biomassa tem um potencial técnico e econômico para suprir toda a demanda adicional por eletricidade e petróleo até 2030 e, provavelmente, até 2050. Utilizando-se todas as tecnologias modernas é possível reduzir as emissões globais de dióxido de carbono significativamente.

Considerando os aspectos regionais, a biomassa não é a “bala de prata” para resolver a mudança climática, mas combinada com outras fontes renováveis ela pode ser essencial dentro de alguns cenários razoáveis. No caso da mudança climática abrupta tornar-se um risco no curto prazo, a biomassa pode ser a única ferramenta, pois pode-se incorporar a tecnologia de captura e armazenagem de carbono ao processo produtivo do etanol e da eletricidade gerada a partir da queima do bagaço de cana, obtendo-se emissões negativas de dióxido de carbono. Isto é, quanto mais energia se produz usando a cana-de-açúcar, mais dióxido de carbono se remove da atmosfera.

Já existem tecnologias para cessar no curto prazo o crescimento das emissões globais de gases de efeito estufa. Já existem também tecnologias para mitigar a mudança climática no longo prazo. O problema real de controlar emissões é superar as muitas barreiras comportamentais, políticas, econômicas e sociais para implementar as opções de mitigação.

IMPACTO POTENCIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SETOR ELETRO-ENERGÉTICO

Afonso Henriques Moreira Santos
UNIFEI

O Dr. Santos procurou mostrar dois aspectos da relação entre o setor eletroenergético brasileiro e as mudanças climáticas:

- a) as emissões de gases de efeito estufa produzidas pelo setor e sua perspectiva de crescimento;
- b) o impacto potencial da mudança de clima, através da variação na precipitação (e, conseqüentemente, na vazão dos rios) sobre a oferta de energia elétrica produzida pelo Sistema Interligado Nacional (SIN).

Com relação às emissões de gases de efeito estufa pelo setor elétrico nacional, os números não são expressivos se comparados aos dos países desenvolvidos. Em termos percentuais, e em ordem decrescente de emissões, no Brasil temos: setor industrial, 37%; transportes, 28%; residencial, 10%; e energético, 8%. Os setores restantes perfazem juntos 18%. Focalizando a atenção unicamente no uso de energia, as emissões de dióxido de carbono ao longo dos últimos 30 anos cresceu em torno de 15%, e atualmente o Brasil emite em torno de 500 milhões de toneladas de dióxido de carbono por ano. Se avaliarmos as taxas de crescimento anuais de parâmetros correspondentes a emissões causadoras de efeito estufa associadas ao uso e à transformação de energia, veremos que nos últimos trinta anos elas têm caído. Assim, por exemplo, na década de 1970 essas taxas cresciam em mais de 10% ao ano, e no final da década de 1990 elas cresciam em torno de 2% ao ano. A que pode ser atribuída esta queda? Provavelmente a ganhos de eficiência.

A demanda por energia no Brasil está crescendo continuamente. A elasticidade-renda do consumo de energia no Brasil é sempre maior do que 1. Na década de 1980 atingiu a marca de 3,5. Essa elasticidade mede a reposta do consumo em energia para um dado aumento na renda nacional. Ela é o dobro da média mundial e, por isso, pode ser considerada alta. Esse parâmetro é um indicador do crescimento da demanda por energia, em função do crescimento do PIB. Se considerarmos o crescimento médio do PIB na

década de 1990 de alguns países e suas respectivas elasticidades, vemos que o Brasil tem uma das maiores elasticidades do mundo. Por exemplo, a China cresceu a uma taxa média de 10% com uma elasticidade de 0,75, enquanto que o Brasil cresceu 2,75%, com uma elasticidade de 1,59.

Agregada a essa demanda crescente resultante da própria atividade econômica, uma projeção simples, baseada no comportamento dos consumidores atuais sem levar em conta possíveis mudanças de hábitos, indica que a cada 1°C de elevação de temperatura, o consumo de energia no país aumenta em 1%. Se considerarmos os cenários do IPCC que apontam para variações de temperatura da ordem de 1,4 °C a 5,8°C até 2100, podemos estimar o aumento de consumo de energia no Brasil induzido pelas próprias mudanças de clima e conseqüentemente o aumento nas emissões de gases de efeito estufa desse setor.

Entretanto, no Brasil tem havido um processo notável de aumento da eficiência energética, sobretudo a partir do racionamento de energia elétrica em 2001. Para se ter uma idéia do grau de eficiência alcançado, o racionamento induziu um processo de aumento de eficiência através da troca de lâmpadas, ganhos de eficiência nos processos industriais, etc, que reduziu de forma permanente em 10% o consumo de energia elétrica no país. Isso mostra que o aumento de eficiência pode ter um impacto significativo sobre as emissões.

Se olharmos em detalhe para os tipos de fontes de energia do SIN teremos a seguinte distribuição de capacidade instalada: hidroeletricidade, 79%; termoeletricidade convencional, 16%; nuclear 2%; biomassa 3%; e eólica, 0%. Em termos de produção de energia e fatores de emissão de gases de efeito estufa, temos que enquanto as hidrelétricas produzem 91,6% da energia, seu fator de emissão de dióxido de carbono é zero tonelada de CO₂/MWh; para o óleo combustível, que corresponde a 0,4% de energia gerada, seu fator de emissão é 0,660 tonelada de CO₂/MWh; para o gás natural, 3,0% da energia e 0,346 tonelada de CO₂/MWh; para o carvão, 1,5% de energia, e 2,472 tonelada de CO₂/MWh.

Um fator importantíssimo por seu potencial de redução de emissões do SIN é o Programa de Fomento às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA. Com as atividades deste programa, o potencial de redução de emissões de dióxido de carbono é o seguinte: na Região Sul, uma redução de 1,58 milhões de toneladas de CO₂/ano; nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, conjuntamente, uma redução de 681,6 mil toneladas de CO₂/ano; e na Região Nordeste, uma redução de 598 mil toneladas de CO₂/ano. Os números elencados acima correspondem, respectivamente, a 55%, 24% e 21% do total de reduções do programa.

Voltando-nos ao segundo aspecto das mudanças climáticas e o setor eletroenergético brasileiro, o Dr. Santos abordou o tema dos impactos dessas mudanças sobre a oferta de energia no Brasil, já que a maior parte de sua energia provém de usinas hidrelétricas que dependem em última instância da água das chuvas.

O Dr. Santos tomou como estudo de caso a Bacia do Rio Paraná. A argumentação é que o impacto da mudança de vazão pode ser atenuado pela capacidade adaptativa. O que se observa é que desde a década de 1930 houve um aumento de 30% na energia firme.¹²¹ Isso se deveu a mudanças na forma de operar o reservatório. Em Furnas houve um maior aproveitamento da água do reservatório, com o seu nível sendo mantido o mais próximo possível de sua cota máxima, o que acarretou em uma menor necessidade de geração térmica complementar e, conseqüentemente, em menor custo de geração.

Para Furnas, foram feitos estudos mostrando que, para uma variação de vazão da ordem de 5%, há uma perda de energia firme de 1,5%. Fazem-se necessários estudos deste tipo para outros reservatórios, mas sobre este ponto ainda não existem modelos seguros que possam nos informar com simulações confiáveis o que pode acontecer em cada cenário

¹²¹ N. do R.: A *energia firme* consiste no volume de geração de energia no pior giro hidrológico.

de mudança de precipitação. Os modelos comumente usados no setor para prever mudanças de vazão dos rios se utilizam de métodos estocásticos, que em geral não têm bom desempenho. O Dr. Santos mostrou alguns gráficos onde ficam claros os grandes erros desses métodos, comparando-se, por exemplo, a variação dos preços estimados e os observados para a energia e baseados em projeções de demanda e oferta de energia até o ano de 2010. O modelo utilizado foi o Newave, que não é sensível a variações climáticas.

Debate:

Após alguns comentários sobre as políticas de mitigação, houve um consenso geral entre os debatedores que não há problema tecnológico para se evitar ou mitigar as mudanças climáticas. O problema é estritamente de natureza política.

Perguntou-se ao Dr. Juan Carlos Bertoni se existem informações sobre o impacto das inundações sobre a saúde humana. A resposta foi que existem, mas ele não dispunha naquele momento de informações detalhadas sobre esse aspecto. Chamou a atenção para o fato de que esta é uma área de pesquisa muito nova. Para o caso de Santa Fé, ele comentou que a falta de planejamento naquela cidade é tão grande que construíram todo o complexo hospitalar ao longo das margens do Rio Salado. Com a inundação de 2003, um hospital que havia sido construído recentemente, com equipamentos de última geração, foi completamente destruído pelas águas da enchente.

Houve uma discussão sobre o papel das incertezas nas previsões de variações do nível das represas.

ASPECTOS ECONÔMICOS DAS MUDANÇAS GLOBAIS

Conferência 9:

ANÁLISE DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS DA MUDANÇA CLIMÁTICA

Marco Antônio Fujihara

Diretor de Sustentabilidade – PricewaterhouseCoopers Brasil

O Dr. Fujihara fez algumas críticas às políticas de controle da mudança climática formuladas até o presente, procurando mostrar sua inadequação, tendo em vista os reais interesses dos atores envolvidos. O seu alvo foi apontar a necessidade de se pensar em arranjos institucionais que explorem esses interesses de forma mais efetiva.

Para mostrar e justificar seu ponto de vista, o Dr. Fujihara mostrou algumas tendências de comportamento das empresas e dos mercados que afetarão diretamente o desenrolar das respostas da sociedade à mudança climática.

Podemos dizer que o mercado de carbono já é uma realidade e sua interação com o mercado de energia - carvão, petróleo, gás e eletricidade - já é visível na bolsa europeia de permissões para emitir.¹²² Desde o início de 2005, quando entrou em vigor oficialmente esse mercado na União Europeia, os preços da tonelada de emissão evitada de dióxido de carbono sobem sistematicamente. Isso é consequência direta das políticas de redução de emissões da União Europeia. Por outro lado, a tendência de longo prazo é que o consumo de eletricidade continue crescendo indefinidamente em todo o mundo. A primeira questão que se coloca é, então, a seguinte: os custos da redução de carbono estão sendo internalizados nos preços de produção e consumo de energia?

A lógica parece ser bem simples: alguém vai ter que pagar a conta dos impostos sobre emissões. Como o alvo das políticas é o setor de energia, será o consumidor final de energia que acabará tendo que pagar esta conta. Mas este *stakeholder*¹²³ fará isso? E se o fizer, será de forma passiva? Nesse sentido, quem pagará as medidas adotadas em virtude do Protocolo de Quioto? Já vemos, por exemplo, no Japão e na Espanha a incorporação explícita de impostos de redução de emissões de carbono nas contas de consumo residencial de energia. E como consequência das medidas ocorreram protestos, por exemplo na região da Catalunha.

É importante ressaltar que aquele que no final vai pagar a conta poderá resistir a aumentos maiores. A lógica é simples: “Se eu pago mais tenho que ter maior benefício. Qual é o meu benefício ao pagar um imposto de carbono?” A perspectiva de pagar um imposto para colaborar com o bem-estar *futuro* da humanidade soa como algo bonito, mas o que interessa é o que se perde e o que se ganha *agora*.

Um segundo ponto, dentro desta lógica de ganho e perda, é que a política negociada internacionalmente sobre redução de emissões de gases de efeito estufa não é uma questão que somente toque diretamente aos interesses dos governos. Existem grandes empresas que apresentam uma receita anual muito maior que o PIB de muitos países (nos casos da General Motors e da Ford, a receita é maior que o PIB da Dinamarca e da África do Sul, respectivamente). Por isso, grandes empresas têm hoje um papel tão importante quanto alguns Estados nacionais na tomada de decisões sobre assuntos globais. E esse é um

¹²² N. do E.: O leitor pode utilizar os termos “permissão para emitir” ou “autorização para emitir” como sinônimos.

¹²³ N. do R.: *Stakeholder* é um termo que significa o agente ou ator que toma decisões relevantes em seu setor ou contexto. Por exemplo, os stakeholders das corporações do setor de energia são aqueles internos às empresas (diretores, gerentes, funcionários, etc) e os externos (p. ex. acionistas).

elemento que também pesa na balança no momento de se buscar os custos e os benefícios da mudança do clima global.

Pensando então a partir da perspectiva dos acionistas de empresas, por que os seus negócios deveriam se preocupar com o problema das mudanças globais? Para quem quer perenizar seu negócio, mas também receber seus dividendos agora, é complicado conciliar os custos de agora com a redução das emissões e com os benefícios futuros da mitigação dos impactos climáticos.

Levando em conta os custos devido à tributação das emissões de carbono e os benefícios que os *stakeholders* podem ter agora ao aderirem a políticas sustentáveis ambientalmente, a visão que o Dr. Fujihara procurou desenvolver até esse ponto de sua exposição é pessimista. Sua visão apóia-se na eficácia dessas políticas em produzir as transições necessárias para mitigar as mudanças do clima. Mas, segundo ele, existe um outro aspecto importante a ser considerado que tende a contrabalançar este cenário de resistência às políticas climáticas.

Vivemos, segundo o conferencista, em uma nova economia. Na velha economia a pirâmide de valores começava nos ativos da empresa, seguidos pelos processos produtivos, pela tecnologia e capital humano, culminando com o conhecimento incorporado à empresa. O que já vemos em alguns setores importantes é essa pirâmide totalmente invertida. A empresa da nova economia tem na sua base o conhecimento como fundamento e motor de seu crescimento e perenização, seguido pelo capital humano, tecnologia, processos e finalmente nos ativos da empresa.

Sem dúvida, ambos os paradigmas ainda coexistem. Mas há cada vez mais uma mudança de mentalidade da velha para a nova concepção. E isso tem feito uma diferença no que diz respeito à avaliação dos custos e benefícios das mudanças climáticas e pode vir a fazer mais diferença ainda na direção de uma mudança mais rápida da matriz energética fóssil para uma não fóssil.

Dentro desse novo paradigma, o conceito de responsabilidade corporativa desempenha um papel essencial. Atualmente existem várias iniciativas que procuram motivar, instrumentalizar e pressionar as empresas a incorporarem a sustentabilidade ambiental em suas agendas e, em particular, a evitarem as emissões de carbono. As próprias empresas voluntariamente buscam essa nova forma de gestão. Tais iniciativas são de origem governamental, não governamental e intergovernamental.

Existem várias iniciativas importantes¹²⁴ que impulsionam as empresas naquela nova direção, dentre as quais podemos citar a *The Equator Principle*, uma iniciativa voluntária desenvolvida por dez grandes bancos que se baseia em políticas e diretrizes do Banco Mundial e da International Finance Corporation (IFC) com o fito de gerenciar questões ambientais e sociais relativas ao financiamento de projetos de desenvolvimento. Outro exemplo é o GEMI¹²⁵, que desenvolveu uma ferramenta gerencial com o objetivo de produzir saúde ambiental e excelência em segurança através do compartilhamento da avaliação e dos mecanismos e informações que sejam marcos para todos os tipos de negócios ou sobre questões particulares como mudança de clima e gestão de recursos hídricos.

Nessa paisagem de responsabilidade corporativa, a noção fundamental que permeia a todas as empresas e organizações é a transparência da empresa como única maneira de garantir a sua reputação. Os acionistas cobram transparência das empresas. E tal exigência

¹²⁴ N. do R.: O Dr. Fujihara mostrou um elenco grande de tais iniciativas. Aqui somente citamos dois exemplos a título de ilustração.

¹²⁵ N. do R.: GEMI – Global Environmental Management Initiative. (www.gemi.org).

se baseia na necessidade de se manter o fluxo de capitais. Segundo o Dr. Fujihara, 70% do dinheiro que circula no mundo busca reputação corporativa como base de investimento.

Existe uma diferença fundamental entre Reputação e Imagem Corporativa. A imagem corporativa é resultado basicamente de comunicação (*marketing*). Possui um caráter conjuntural e efeitos efêmeros, é difícil de objetivar, gera expectativas associadas à oferta de bens e serviços e se constrói fora da organização. A reputação, por outro lado, é o reconhecimento do comportamento real da empresa. Possui um caráter estrutural e efeitos duradouros, é verificável empiricamente, gera valor associado à resposta da empresa e é gerada no interior da própria organização. A reputação se constrói com atitudes concretas de todos os *stakeholders* envolvidos: dirigentes, gerentes, empregados e fornecedores.

É dentro desta nova mentalidade que se pode observar as atitudes das empresas e de seus acionistas com relação às mudanças climáticas. Um estudo realizado pela PricewaterhouseCoopers em 2005, denominado *Under Pressure – Utilities global survey 2005*, fez um levantamento sobre as expectativas dos acionistas e das empresas do setor de energia sobre vários temas importantes relativos ao setor e sobre atitudes corporativas face à mudança global. Tal estudo foi realizado através de uma pesquisa envolvendo vários *stakeholders* relevantes, dentro da empresa e com acionistas, por meio de perguntas chave que pudessem medir as tendências desse setor para os próximos anos.

O Dr. Fujihara descreveu e comentou várias questões formuladas nesse estudo e as respostas das empresas e dos acionistas, delineando o perfil desses *stakeholders* para os próximos 5 ou 10 anos. A seguir reproduzimos algumas das principais perguntas que se relacionam mais diretamente com a questão da mudança climática.

- Pergunta 1: Visão das empresas: *Olhando à frente para os próximos cinco anos, o que você considera os aspectos mais prováveis do mercado de energia?*

O aspecto mais provável apontado pelos respondentes foi o estímulo à busca de energias renováveis, seguido por segurança na capacidade de oferta e transmissão, seguidos por outros aspectos que não têm relação direta com a mudança de clima.

- Pergunta 2: Visão dos Investidores: *O que você considera as principais preocupações dos investidores do setor de energia no presente?*

Em uma pontuação de 0 (irrelevante) a 5 (muitíssimo relevante), os respondentes acionistas consideram a incerteza regulatória como sua principal preocupação (4,2), seguida por instabilidade nos preços de combustíveis (4,0), e daí em diante até que em quinto lugar na classificação aparece a preocupação com impactos ambientais (3,3).

Essas duas perguntas mostram uma diferença marcante de foco quando se compara as perspectivas daqueles que fazem as empresas funcionarem (diretores, gerentes, técnicos, etc) e daqueles que são os donos das empresas (os acionistas). Enquanto que os primeiros estão mais preocupados com os aspectos ambientais, na busca de energia renovável, os outros querem definições institucionais para saber onde e quando investirem.

A preocupação dos acionistas com a incerteza regulatória aponta para a necessidade de países como o Brasil saírem das indefinições institucionais sobre os tipos de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que seriam elegíveis, partindo rapidamente para posições mais claras e eficientes. Para se ter uma idéia do impacto que as regras claras nesse setor podem ter, o Dr. Fujihara nos lembra que na Índia, onde as regras estão bem definidas nesta área, já existem mais de 500 projetos de MDL aguardando aprovação, enquanto que no Brasil existem somente 20.

- Pergunta 5: Visão a partir dos investidores: *Como você classifica as seguintes indústrias em termos de atratividade para um investidor?*

A pontuação é 0 (sem atratividade), 1 (menos atrativa), e seguindo até 5 (muito atrativa). É interessante notar que a indústria de petróleo e gás é ainda a mais atrativa

(3,9), seguida pelos serviços financeiros (3,4), e tendo como penúltima e últimas colocadas as empresas de telecomunicações e tecnologia, respectivamente.

Novamente, aponta Fujihara, temos uma tensão entre as posições de quem dirige a empresa, que dá muita importância à transição para energias renováveis, e as de quem é o seu dono, que vê nos negócios da energia fóssil seu principal atrativo.

- Pergunta 11: Visão a partir das empresas: *Qual é sua avaliação do mix atual de combustíveis de sua companhia e qual será daqui a dez anos?*

As diferenças das frações de tipos de combustíveis não são muito diferentes entre agora e daqui a dez anos, confirmando a tendência de uma transição lenta do carvão para o gás natural. Por exemplo, o gás passará de 35% atuais a 40% em 2015. O carvão passará de 25% para 20%. Os combustíveis renováveis passariam de 18% para 19% em 2015. E a energia nuclear se manteria com 12%, enquanto que o petróleo cairia de 10% para 9%.

- Pergunta 12: Visão a partir das empresas: *Qual será o impacto da mudança climática sobre:*

a) *o valor acionário?* A predominância das respostas é de que será de moderadamente positivo a moderadamente negativo.

b) *os custos operacionais?* Há uma porcentagem praticamente igual dos que acham que haverá um impacto significativo dentro de cinco anos e daqueles que acham que haverá impactos significativos somente após os próximos cinco anos. Uma fração um pouco menor não acredita que haverá impactos significativos.

- Pergunta 13: Visão a partir das empresas: *Qual é a sua projeção do impacto da mudança climática sobre o crescimento do uso de diferentes tipos de combustíveis?*

A maioria dos respondentes acredita no aumento do uso de fontes renováveis, com um aumento significativo do uso do gás natural.

O Dr. Fujihara concluiu sua apresentação retomando a questão básica, isto é, a de que o arranjo institucional mais adequado para se alcançar uma redução de emissões deve levar em conta esse quadro sobre as expectativas e tendências dos *stakeholders* do setor de energia, desde os administradores das empresas, passando pelos acionistas e chegando ao consumidor final de energia. Os instrumentos devem ser do tipo ganho – ganho. Por isso, provavelmente alguns países em desenvolvimento terão metas obrigatórias no próximo período de compromisso.

Debate:

Algumas observações foram feitas sobre o tipo de agente econômico pressuposto na interpretação do Dr. Fujihara. Em economia existe um modelo de um agente decisor que pensa somente em seu próprio bem-estar, e parece ser este o modelo utilizado por Fujihara em sua leitura do processo de respostas dos atores às políticas de redução de emissões.

Falou-se também sobre a artificialidade dos preços atuais do petróleo, e que por isso podemos dizer que esta indústria se apresenta como altamente atrativa para os acionistas. A situação provavelmente será mais favorável a energias renováveis quando se sair desta fase.

Sobre a incerteza institucional, foi enfocada a conexão entre as incertezas científicas e as institucionais. Para ele está claro que as incertezas científicas sobre o futuro do clima e de seus impactos influenciam diretamente o resultado das negociações e, por sua vez, a atitude das empresas e dos acionistas. Por isso, a redução dessas incertezas pode colaborar para termos uma maior definição sobre as regras do jogo e, dessa forma, respostas sobre quais seriam os investimentos sustentáveis.

Mesa Redonda 2:

ASPECTOS ECONÔMICOS DAS MUDANÇAS GLOBAIS

Coordenador:

Eliezer Martins Diniz (FEA-RP/USP)

Debatedores:

Leônidas Girardin (Fundación Bariloche, Argentina)

Ronaldo Serôa da Motta (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA)

Carlos Eduardo Frickmann Young (Instituto de Economia – UFRJ)

João Lima Sant’Anna Neto (UNESP – Ourinhos)

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Leônidas Girardin

Fundación Bariloche, Argentina

A exposição do Dr. Girardin focalizou sua atenção nas questões de alocação de recursos entre adaptação e mitigação e a dimensão da política internacional envolvida nesta alocação. A exposição começou lembrando os principais fatos sobre a mudança global antropogênica, seus principais impactos potenciais e as grandes incertezas técnicas, metodológicas e epistemológicas existentes sobre o assunto.

No que se refere às respostas às mudanças climáticas a principal questão é sobre como alocar os recursos, que são escassos, entre as medidas de mitigação e adaptação. E como questão correlata, quem deve pagar o ônus das medidas de mitigação e adaptação das mudanças climáticas?

O argumento básico é que toda medida implica em sacrifício de recursos e algum tipo de impacto sobre atividades, regiões, e grupos sociais envolvidos. Como existem diferenças de objetivos, de interesses, de vulnerabilidade e de necessidade entre os países, é inevitável que haja conflitos nas negociações internacionais sobre mudança do clima. Por isso, a solução a ser adotada nas negociações não será neutra em termos de distribuição dos recursos entre os diferentes países. Os recursos destinados à aplicação de certas medidas não estarão disponíveis para outras medidas. Por isso a questão básica é: mitigação ou adaptação? A escassez de recursos pode vir a antagonizar os dois tipos de ação. Os recursos dedicados a uma não estarão disponíveis à outra.

No que se refere aos países em desenvolvimento da América Latina e Caribe a mitigação não soluciona o problema. Esses países também terão que se adaptar. Na realidade, há urgência na adaptação em face dos grandes impactos previstos para a região. Entretanto, a maioria dos recursos estará nas futuras negociações disponível para mitigação, inclusive recursos dos países em desenvolvimento. Quem fixa a agenda das políticas são os países do Anexo I, para os quais a mitigação é um problema global, enquanto que a adaptação é um problema regional / nacional / local. Isso aponta para uma concentração de recursos em mitigação. Por causa da escassez, faltarão recursos para a adaptação que é prioritária para a maioria dos países em desenvolvimento. Para muitos países não-Anexo I a falta de financiamento é a principal barreira para aplicar medidas de adaptação às mudanças climáticas.

O Dr. Girardin contesta que as medidas de adaptação sejam nacionais / locais como querem os Países do Anexo I. Na realidade, a adaptação é um problema global por três

motivos: a) *Existem responsabilidades comuns*: necessidade de ação conjunta entre as partes, e isso inclui a adaptação; b) *Existem responsabilidades diferenciadas*: os países não-Anexo I têm que se adaptar de qualquer modo à mudança climática atual, para a qual não contribuíram, e por isso não podem receber o ônus como se não houvesse a adaptação; c) *Os impactos da inação dos países Anexo I sobre os não-Anexo I devem ser levados em conta*, já que impingem mais sacrifícios aos não-Anexo I. O problema é global com distintas formas de ser enfrentado em escala nacional e local, levando em conta as circunstâncias e particularidades nacionais.

No que se refere aos critérios de atribuição de metas de mitigação, o que mais tem sido usado até aqui é o do custo-efetividade, que implica em mitigar em locais onde seja mais barato fazê-lo. Nesses sentidos os mecanismos de Quioto são uma materialização desse critério. Entretanto os custos serão necessariamente mais baixos nos países em desenvolvimento?

Através de mapas, gráficos e tabelas mostrando o consumo relativo de energia fóssil e sua evolução, percebe-se que a América Latina não apresenta um crescimento notável em termos do consumo de energia, não está entre as maiores regiões consumidoras de energia, e nem entre os maiores emissores de gases de efeito estufa. Além disso, ela está entre os maiores geradores de hidroeletricidade, tendo por isso uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. Apresenta, porém, uma alta vulnerabilidade às mudanças climáticas.

Por que então deveria a América Latina pagar pelo ônus da mitigação? Esse é o principal conflito: quem paga?

Economicamente falando o problema é muito simples e já está resolvido pela teoria econômica. Trata-se de uma externalidade pelo uso desmedido de um bem de propriedade comum por parte de alguns poucos atores, que não têm compensado o resto da humanidade por isto. A teoria econômica coloca soluções simples: política fiscal, negociação entre as partes, etc. Mas o problema, como se procurou mostrar aqui, é político.

MITIGATION POLITICS AND ECONOMIC IMPACTS

Ronaldo Serôa da Motta
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA

O foco da exposição do Dr. Serôa da Motta referiu-se aos impactos econômicos das políticas de mitigação sobre alguns dos principais países do Anexo I e alguns dos principais países em desenvolvimento, à luz de vários modelos econômicos de equilíbrio geral e parcial e modelos de engenharia. Um trabalho de sua co-autoria, em especial, investigou os impactos das políticas de mitigação no Brasil.

A modelagem de políticas de mitigação estuda essencialmente o impacto dessas políticas sobre os padrões de produção e consumo da economia de um país, ou do mundo. O foco desses estudos tem sido sobre os custos de mitigação, não envolvendo os custos de adaptação. Os custos de abatimento explicam o porquê das posições dos países na Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima. Dependendo do objetivo de crescimento do país, a redução percentual de seu PIB devido ao abatimento pode ser muito alta, o que levará esse país a reduzir menos emissões de carbono. O ponto de partida para este tipo de análise é a curva de custo marginal de abatimento de um país, que fornece o custo de abatimento como uma função da quantidade de emissões abatida. O outro elemento importante para que se possa calcular estes custos é a linha de base das emissões de gases

de efeito estufa, que é a trajetória das emissões caso não houvesse redução alguma (Business as Usual ou BaU).

Existem basicamente dois tipos de modelos: Botton-Up (B-U), e Top-Down (T-D). Os modelos B-U são desagregados por setores e tecnologias e têm a energia como o insumo básico. Por outro lado os modelos T-D agregam as variáveis e tem elos com parâmetros macroeconômicos. Os modelos B-U envolvem custos de engenharia, realizando cálculos independentes para cada tecnologia de produção ou consumo de energia. São modelos de equilíbrio parcial que modelam oferta e demanda para o setor de energia e simulam a resposta dos preços obtida em termos de otimização pelo menor preço. As simulações desses modelos podem incluir outros padrões de comportamento diferentes da otimização pelo menor preço.

Os modelos T-D envolvem três subtipos básicos: matriz de insumo-produto, caso em que são estáticos; modelos computáveis de equilíbrio geral (CGE) para simular as respostas dos preços a impostos de carbono; modelos macroeconômicos que estudam as respostas de várias quantidades além dos preços, como, por exemplo, a taxa de investimento em capital e o nível de consumo.

Existem também modelos vão além da análise do custo de abatimento, indicando que os benefícios secundários podem ser bem maiores que os custos primários para abater as emissões. Por isso, as medidas de abatimento seriam justificadas. Uma proposta nessa direção, por exemplo, é a reciclagem de trabalho para compensar os custos e acabar ganhando quando se mitigar pelo aumento da produção.

Há um grande espectro de modelos e resultados, muitos inconsistentes entre si. Mas em geral as elasticidades não são muito grandes, não envolvendo mudanças estruturais significativas. Por exemplo, para os alvos de Quioto, os custos de abatimento para os EUA, OCDE e Japão seriam, pelo modelo Merge3, US\$ 264/t C, US\$ 218/t C e US\$ 500/t C, respectivamente, enquanto que com o modelo WorldScan seriam US\$ 85/t C, US\$ 20/t C e US\$ 122/t C, respectivamente.

A questão principal desses exercícios de modelagem é identificar os ganhadores e os perdedores das políticas de mitigação e buscar mecanismos de compensação. A questão é do âmbito da economia política das mudanças climáticas.

Para o Brasil foram realizados alguns estudos usando um modelo CGE¹²⁶ que analisou os impactos de três níveis de impostos de carbono sobre a economia brasileira: US\$ 3,00, US\$ 10,00 e US\$ 20,00 por tonelada de carbono. Os resultados mostraram o padrão estrutural esperado: baixa elasticidade com o PIB, com impactos concentrados sobre os setores intensivos em energia, isto é, os setores de transportes e aço. As emissões foram reduzidas respectivamente em 0,2%, 0,7% e 1,3%, enquanto que o nível de redução do PIB foi menor (< 0,02%), exceto para os setores de transportes e aço, que tiveram sua produção reduzida em torno de 2%. Os aumentos de preços somente foram significativos no setor de transportes e aço, em torno de 6%. As reduções de preços foram significativas somente no setor de petróleo, em torno de -2,2%. As taxas de investimento variaram no estudo de 1% a 6%, as taxas de remuneração nos fatores capital e trabalho foram ligeiramente reduzidas (< 1%), e as receitas fiscais subiram acima de 27%.

A conclusão geral é a de que a redução nos níveis de emissões de uma possível política de abatimento no Brasil pode ser alcançada com efeitos não significativos tanto nos preços quanto no produto. Deve-se lembrar, entretanto, que estes modelos são limitados para estimar reduções contínuas e que não incorporam alterações tecnológicas.

¹²⁶ TOURINHO, Augusto Fontes; SEROA DA MOTTA, Ronaldo; ALVES, Yann Le Boulluec. *Uma aplicação ambiental de um modelo de equilíbrio geral*. Rio de Janeiro: IPEA, 2003. (Texto para Discussão 976)

CRÍTICAS E SUGESTÕES DE ANÁLISE DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Carlos Eduardo Frickmann Young
Instituto de Economia –UFRJ

O Dr. Young procurou mostrar que existem certas dificuldades estruturais para que o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto possa alcançar plenamente seus objetivos ambientais e sociais.

O MDL é um mecanismo baseado em projetos, que tem dois objetivos básicos: gerar créditos de carbono negociáveis nos países desenvolvidos e ao mesmo tempo atingir a sustentabilidade nos países hospedeiros dos projetos. A questão importante é saber se é possível conciliar o objetivo da viabilidade econômica com o ambiental e o social nesse tipo de projeto.

A resposta convencional é que devemos buscar soluções que contribuam para as três metas ao mesmo tempo: econômica, ambiental e social. A esfera política costuma assumir o ganho-ganho (*win-win*) como caso geral. Entretanto, pode-se mostrar que nem sempre soluções desse tipo são possíveis e, por isso, no âmbito do MDL o lado social acaba ficando em segundo plano.

O argumento básico é o de que as empresas são motivadas a mudar seu desempenho ambiental se, ao mesmo tempo, alcançarem maior competitividade por meio de, por exemplo, redução de custos através do aumento de eficiência no uso dos recursos naturais. Mas dada a grande heterogeneidade do setor produtivo em termos de aporte tecnológico, escala de produção, capacidade de investimentos em tecnologias limpas, etc, nem sempre a gestão ambiental acarreta reduções de custo por causa de aumento de eficiência.

Por isso os projetos de MDL não irão necessariamente apresentar um balanço equilibrado entre seus aspectos financeiro, ambiental e social. Como os parâmetros mais usados são os custos do projeto e a quantidade de emissões evitadas, é bastante provável que os aspectos sociais sejam os menos considerados nos projetos. E, por isso, políticas públicas específicas serão necessárias para lidar com esta questão, não deixando inteiramente aos mecanismos de mercado a alocação dos recursos destinados à redução das emissões de gases de efeito estufa.

Em que medida os projetos MDL com conteúdo social podem ser incentivados? O Brasil é um país onde, pelo destaque que sempre teve nas negociações que resultaram no MDL, existem algumas opções concretas de projetos que apresentam importantes características sociais.

Um exemplo é o Projeto de Aproveitamento do Biogás no Aterro Sanitário de Adrianópolis, pioneiro neste mecanismo, que tem por objetivo reduzir as emissões de gases de efeito estufa liberados na decomposição do lixo, capturando o metano do aterro (biogás) para a geração de energia elétrica. Esta é uma área muito promissora para o MDL e espera-se que um grande número de projetos replique essa iniciativa.

Outra área é a que usa a biomassa para substituir combustíveis fósseis. O Brasil foi pioneiro na substituição de gasolina por etanol a partir da cana-de-açúcar, e agora existe grande expectativa em torno da substituição de parte do óleo diesel por óleos vegetais (biodiesel) a partir de várias culturas, como a mamona e o dendê. Uma terceira área é o aproveitamento de projetos de reflorestamento de terras degradadas, abandonadas ou de baixa produtividade agrícola. O Brasil dispõe de grandes vantagens comparativas nesta área, embora o volume de créditos gerados neste tipo de projeto tenha limites máximos

estabelecidos pela regulamentação do MDL. Nesse sentido, um erro histórico do Brasil foi ter rejeitado a introdução de desmatamento evitado no MDL.

Estas três áreas apresentam também um elevado grau de importância social. O gerenciamento de resíduos sólidos é um dos grandes problemas urbanos para inúmeros municípios. Além das emissões evitadas de metano e da geração de energia, resolveriam importantes problemas sociais, tais como o problema dos catadores de lixo nos “lixões”. Programas que incentivem a pequena produção agrícola também têm efeitos sociais positivos por mitigar o desemprego no campo, e neste sentido tanto o biodiesel quanto o plantio florestal pode ter impactos sociais positivos além de contribuir para a redução do aquecimento global. Porém, estes projetos podem resultar também em importantes externalidades negativas se mal gerenciados. A queima de resíduos sólidos, se mal controlada, pode gerar poluentes atmosféricos que afetam a saúde em populações no entorno. Além disso, existe um contingente de pessoas que dependem do lixo para a sua subsistência. Tudo isso deve ser levado em conta na avaliação dos projetos.

A produção maciça de combustível a partir do cultivo de oleaginosas pode trazer sérios transtornos ambientais e sociais. Existe forte risco de que o biodiesel repita os erros do Proálcool, tornando-se um multiplicador da concentração fundiária, da mecanização e do monocultivo, elementos que só produzem a exclusão social no campo. Também pode ocorrer incentivo ao desmatamento, visto que a expansão do cultivo do óleo de soja se deu em grande medida às custas de áreas nativas de cerrado e floresta amazônica. A expansão desordenada de monocultivo de uma oleaginosa trará graves pressões para a conservação de matas nativas, trazendo danos para a biodiversidade e o aquecimento global se a conversão for realizada por florestas. Problema semelhante pode ocorrer se a expansão do reflorestamento se der como base do monocultivo de espécies exóticas como o eucalipto e o pinus. Um desses problemas pode ser o aumento da concentração fundiária por causa da economia de escala das grandes plantações.

Para concluir o Dr. Young enfatizou que todas estas questões merecem aprofundamento para que os objetivos sociais de projetos MDL possam alcançar êxito. É preciso ressaltar o caráter comparativo entre os benefícios e os custos econômicos ambientais e sociais das diversas opções de MDL. É necessário não se restringir apenas aos aspectos de emissões evitadas e necessidade de financiamento, mas considerar também a sua capacidade de inclusão social. É preciso avançar nos parâmetros sociais.

A VARIABILIDADE DAS CHUVAS E A EXPANSÃO DA CULTURA DA SOJA NO BRASIL

João Lima Sant’Anna Neto
UNESP – Ourinhos

O Prof. João Lima está envolvido com uma pesquisa aplicada de modelagem para simulação de cenários possíveis, sob a hipótese das mudanças climáticas, de impactos da variação da precipitação sobre a produtividade da soja no Brasil. Inicialmente, em sua exposição, o Prof. Lima mostrou um breve painel de alguns dos principais fatos relativos à soja no mundo e no Brasil.

O complexo da soja – grão, óleo e farinha – é um dos principais e mais completos produtos primários do mundo. A soja está na base alimentar, direta ou indiretamente, de grande parte da população mundial. Os grãos se constituem em bem primário para a indústria, o óleo é fonte de energia e o farelo é fonte de proteínas.

A produção mundial de soja é de cerca de 200 milhões de toneladas anuais. A área ocupada pela cultura no mundo é de aproximadamente 87,8 milhões de hectares e os cinco maiores produtores são responsáveis por 90% da produção mundial. São eles, EUA (34%), Brasil (~26%), e Argentina, China e Índia respondendo por quase 30%. O restante do mundo produz somente 10%.

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, respondendo por quase 25% da produção. O complexo agroindustrial da soja brasileira movimenta aproximadamente US\$ 30 bilhões anuais (10% das receitas cambiais de nosso país). Ele ocupa uma área de 22 milhões de ha (cerca de 220.000 km² - área equivalente à do Estado de São Paulo).

Nos últimos anos, enquanto nos Estados mais tradicionais, como o Rio Grande do Sul (RS) e o Paraná (PR), a área cultivada duplicou, no Estado de Mato Grosso (MT) a área mais do que triplicou. No RS a produção subiu 105%, enquanto que no PR a produção subiu 120% e no MT subiu 225%.

O Prof. Lima descreveu alguns dados importantes sobre a relação entre a soja e o clima no Brasil. A soja é uma cultura de verão que, no Brasil, apresenta um período fenológico¹²⁷ que se estende de outubro a dezembro para o plantio e de janeiro a março para a colheita. Em função dos diversos cultivares, o cultivo pode se estender de 120 a 150 dias. Esta época é propícia pelas chuvas abundantes e elevadas temperaturas nas principais regiões produtoras.

O clima de uma região inclui sistemas de massas de ar que tem seus movimentos determinados pelas características da atmosfera e do oceano e sistemas terrestres acoplados. Os vários deslocamentos de massas de ar, em meso e larga escala, são controladores da precipitação. Baseado no conhecimento dos deslocamentos de massas de ar no Brasil, foi realizado um estudo que relaciona as variações de precipitação, obtidas por séries históricas, nas Regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil, e a variação correspondente na produtividade da soja. O Prof. Lima mostrou mapas com legendas apontando para as mudanças climáticas, em termos de alteração na precipitação para os períodos 1985-1986, 1990-1991 e 1997-1998, para os estados do RS, PR e MT e as correspondentes variações de produtividade da soja nestes Estados. As conclusões sobre cada um destes Estados são as seguintes. O clima da região Sul do Brasil é controlado pelas correntes perturbadas da FPA (sistemas frontais)¹²⁸, responsável por cerca de 70% das chuvas anuais. Além disso, os Cavados Invertidos¹²⁹ e os Sistemas Convectivos de Mesoescala¹³⁰ também provocam episódios severos de chuvas intensas. Em anos em que o fenômeno ENSO¹³¹ se manifesta,

¹²⁷ N. do R.: Período fenológico das plantas é o período de atividade vegetal, seu ciclo vital, que segue o ritmo do clima.

¹²⁸ N. do R.: *FPA – Sistemas Frontais*. O encontro de massas de ar com propriedades distintas formam o sistema frontal. Um sistema frontal é composto classicamente por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície, denominado ciclone (que gira no sentido horário no Hemisfério Sul). (www.master.iag.usp.br/historico/labsisfron.html)

¹²⁹ N. do R.: *Cavados Invertidos*: Um Cavado é uma região da atmosfera em que a pressão é baixa, relativamente às regiões circunvizinhas do mesmo nível. Os cavados são importantes na precisão do tempo, porque geralmente estão associados às chuvas. Os cavados em escoamentos de leste são referidos como "cavados invertidos" (CI) devido à aparência invertida que apresentam em relação aos cavados em escoamentos de oeste. (www.master.iag.usp.br/ensino/sinotica/aula01/VCiclonicos.htm)

¹³⁰ N. do R.: *Sistemas Convectivos de Mesoescala*: Quando as condições são favoráveis para convecção, ocasionalmente um número de trovoadas individuais crescem em tamanho e organizam-se em um grande sistema de convecção. Estes sistemas, chamados Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), podem ser 1000 vezes maiores do que uma trovoadas individual. Muitas vezes estes sistemas são enormes, atingindo 100000km² e cobrindo um Estado inteiro. (www.brasgreco.com/weather/trovoadas/t_ccm.html)

¹³¹ N. do R.: *ENSO* – Abreviação de “El Niño-Oscilação Sul” que é um termo técnico usado para ser chamado o El Niño. Historicamente, El Niño refere-se ao aquecimento superficial do Oceano Pacífico

há forte interferência na distribuição das chuvas. As temperaturas médias no período primavera-verão oscilam entre 17 e 22 graus Celsius e as precipitações, em média, variam entre 100 e 150 mm mensais.

O clima do estado do Paraná é controlado tanto pelas correntes perturbadas da FPA (sistemas frontais), responsável por cerca de 70% das chuvas anuais, quanto pelos sistemas tropicais, por localizar-se em área de transição zonal dos climas. Além disto, os Cavados Invertidos, os Sistemas Convectivos de Mesoescala e as ZCAS,¹³² também provocam episódios severos (chuvas intensas). Em anos em que o fenômeno ENSO se manifesta, há forte interferência na distribuição das chuvas. As temperaturas médias no período primavera-verão oscilam entre 20 e 25 graus Celsius e as precipitações, em média, variam entre 150 e 200 mm mensais.

O clima do estado de Mato Grosso é tipicamente tropical, do tipo “monçônico”, ou seja, com uma estação com chuvas abundantes e outra seca. Os vórtices ciclônicos¹³³ de altos níveis oriundos do Pacífico provocam intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato sub tropical¹³⁴. A alta da Bolívia gerada a partir do forte aquecimento convectivo da atmosfera que age nos meses de verão, bem como as ZCAS, são sistemas produtores da gênese pluvial. As temperaturas médias oscilam entre 25 e 27 graus e as chuvas alcançam valores entre 200 e 250 mm mensais.

A partir desse estudo em cada estado, surgem alguns problemas e perspectivas para cada caso no que se refere aos impactos da variação da precipitação sobre a cultura da soja.

No RS, a cultura da soja não apresenta perspectiva de aumento de área. A produtividade oscila entre 1,5 e 2,0 t/ha. A base agrícola é fortemente marcada por pequenas e médias propriedades. A dependência do ritmo pluvial é de cerca de 30%. A variabilidade das chuvas é elevada, e as secas de verão apresentam frequência significativa.

A cultura da soja no PR está próxima de seu limite territorial. A produtividade varia de 2,0 a 3,0 t/ha. A estrutura fundiária está baseada na grande propriedade rural, com elevada inversão de capital e novas tecnologias. A influência da variabilidade das chuvas na rentabilidade da soja é de aproximadamente 20%. As regiões oeste e noroeste são mais suscetíveis às secas de verão.

No estado de Mato Grosso, a soja ainda conta com enormes extensões territoriais. As propriedades rurais são, em sua maioria, imensos latifúndios, que contam com solos jovens e clima regular. A produtividade média aumenta ano a ano entre 2,5 e 3,0 t/ha. A regularidade das chuvas tropicais garantem grande parte do sucesso das colheitas.

Finalizando sua apresentação, o Prof. Lima teceu algumas conclusões gerais apontando para a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o tema, dado que as perspectivas são preocupantes. Em termos gerais, está claro que a cultura da soja é bastante dependente do ritmo pluviométrico. O Mato Grosso, maior produtor do Brasil e responsável por quase 15% do total mundial, tem sido palco de uma significativa diminuição das precipitações nos últimos 5 anos. O aumento das temperaturas e a redução das chuvas podem estar associadas ao aquecimento global e ao desmatamento da

Equatorial Central e Oriental. Oscilação Sul é uma medida da intensidade dos centros de pressão atmosférica à superfície entre o Pacífico Ocidental e o Pacífico Oriental, mais especificamente entre Darwin (Austrália) e Taiti. O indicador atmosférico que mede a diferença de pressão entre Darwin e Taiti é chamado de Índice de Oscilação Sul (IOS). O IOS apresenta valores negativos em anos de El Niño e positivos em anos de La Niña. (www.cptec.inpe.br/products/clima/portal/faqs.shtml#perg3).

¹³² N. do R.: ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul.

¹³³ N. do R.: *Vórtices ciclônicos*: sistemas que se desenvolvem no Sul e Sudeste do Brasil, associados a padrões em altos níveis que chegam pela costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico, penetrando no continente e provocando instabilidade no seu setor leste e nordeste. (www.brasgreco.com/weather/trovoadas/Vciclonicos.html).

¹³⁴ N. do R.: *Jato sub-tropical*: Correntes de ar em elevada altitude.

Amazônia. Se esta hipótese se confirmar, a produtividade e a rentabilidade da soja sofrerá significativa redução com elevado grau de impacto na economia do Brasil e na segurança alimentar.

Debate:

O coordenador da mesa, Dr. Diniz fez um resumo das apresentações, e formulou uma pergunta: Que sugestões os expositores dariam para se aperfeiçoar as próximas rodadas de negociações?

Resposta do Dr. Girandin: Para os países do Anexo I terem condições morais para exigir dos não-Anexo I, eles têm que cumprir os acordos. Mas, de qualquer modo, para que haja uma solução para o problema, todos terão que se comprometer a reduzir emissões. Talvez os países em desenvolvimento tenham que seguir indicadores e não metas absolutas de redução. Há que se ter em conta a heterogeneidade desse grupo de países. Deve haver um critério distintivo para se aplicar aos países em desenvolvimento.

Resposta do Dr. Young: Existe a necessidade de integração das agendas das Convenções, como sugestão para mudança na próxima rodada. A Convenção da Biodiversidade deveria ser integrada à do Clima. A partir daí, deveria buscar integração de ações: reduzir o desmatamento. Dever-se-ia, privilegiar estes tipos de ações integradas. O critério econômico de custo-efetividade não deve ser o único critério. Em relação ao MDL, que é essencialmente um mecanismo de transferência, seria interessante retomar a proposta brasileira original. Ela é melhor que o MDL. Deveria haver um critério por desempenho e não por melhoria no MDL. Deve-se também incentivar mais a negociação diretamente entre as partes e não deixar que mecanismos de mercado resolvam o problema, pois não o farão levando em conta os aspectos sociais.

Resposta do Dr. Serôa da Motta: O que mais importa em uma Convenção do Clima é o Clima. Lá é um ambiente de compensações diplomáticas. Deveria prestar mais atenção aos impactos sobre as cidades.

Resposta do Dr. Sant'Anna Neto: É preciso aprofundar os estudos climatológicos e meteorológicos. Colocar mais recursos para a pesquisa básica.

Pergunta feita ao Dr. Sant'Anna Neto: Para os outros cultivos há a mesma sensibilidade à variabilidade climática?

Resposta: A relação entre variação de precipitação e produtividade mais conhecida é para a soja. Ainda não existem muitos estudos sobre outras culturas.

Pergunta ao Dr. Sant'Anna Neto: Pode-se esperar que a cultura da soja acabe se deslocando de onde está, em virtude da mudança climática?

Resposta: Segundo o Imazon, a parte central do Brasil seria uma barreira natural à variabilidade natural. A soja é cara. Não se pode mudar de uma hora para outra essa cultura de lugar. A expansão da soja é inevitável – é uma cultura com as menores restrições a problemas climáticos e a esse respeito ela é a mais bem compreendida.

Comentário do Dr. Philip Fearnside sobre as colocações do Dr. Young: Eu concordo que houve dois grandes erros do Brasil no MDL: fixar um limite pequeno para projetos de reflorestamento e ser contra o desmatamento evitado. Mas a situação das negociações

futuras são diferentes de antes de Quioto. Agora as regras serão definidas primeiro e depois haverá alocação de metas de reduções. Isso implica que a questão florestal tomará outro rumo diferente e mais promissor para o desmatamento evitado.

Comentário do Dr. Serôa da Motta sobre a colocação do Dr. Fearnside: A questão é que na realidade o problema é mudar o padrão energético. Essa é uma discussão basicamente entre União Européia, Estados Unidos e Japão. A floresta não é importante. Questões de florestas e biodiversidade podem e devem ser melhor tratadas nas suas próprias convenções. Concentrar o debate ambiental na Convenção do Clima é desperdiçar as oportunidades nas outras convenções e contribui para a perda de foco na questão climática.

Houve uma discussão acirrada sobre alguns pontos. Houve também uma pergunta sobre as incertezas na taxa de desconto usada nos modelos econômicos.