



RELATÓRIO SÍNTESE

MUDANÇA CLIMÁTICA

Riscos, Desafios e Decisões Globais
COPENHAGUE 2009, 10-12 Março
www.climatecongress.ku.dk

Katherine Richardson
Will Steffen
Hans Joachim Schellnhuber
Joseph Alcamo
Terry Barker
Daniel M. Kammen
Rik Leemans
Diana Liverman
Mohan Munasinghe
Balgis Osman-Elasha
Nicholas Stern
Ole Wæver



Palestrantes da Seção Plenária

1. Dr. Rajendra K. Pachauri, Director General of The Energy and Resources Institute (TERI) and Chairman of the IPCC
2. Professor Lord Nicholas Stern, IG Patel Professor of Economics and Government, London School of Economics
3. Mr. Anders Fogh Rasmussen, (Former) Prime Minister of Denmark
4. Mrs. Connie Hedegaard, Danish Minister for Climate and Energy
5. Mr. Helge Sander, Danish Minister for Science, Technology and Innovation
6. Mr. John Ashton, Special Representative for Climate Change, United Kingdom Foreign & Commonwealth Office
7. Professor Amanda Lynch, School of Geography and Environmental Sciences, Head of the Monash University Climate program, Monash University
8. Dr. Balgis Osman-Elasha, Higher Council for Environment and Natural Resources (HCENR), Sudan
9. Professor Daniel M. Kammen, Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy, University of California, Berkeley
10. Professor Diana Liverman, Director of the Environmental Change Institute, University of Oxford
11. Professor Hans Joachim Schellnhuber, Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Visiting Professor at University of Oxford
12. Professor Katherine Richardson, Vice Dean of the Faculty of Science, University of Copenhagen
13. Professor Nebojsa Nakicenovic, Acting Deputy Director of the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Professor of Energy Economics, Vienna University of Technology
14. Professor Qingchen Chao, Deputy Director General, Department of Science & Technology Development, China Meteorological Administration
15. Professor Stefan Rahmstorf, Potsdam Institute for Climate Impact Research
16. Professor William D. Nordhaus, Sterling Professor of Economics, Yale University
32. Director Henrik Bindslev, Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark
33. Professor Jim Skea, Research Director, UK Energy Research Centre
34. Professor Diana Ürge-Vorsatz, Department of Environmental Sciences and Policy, Central European University
35. Professor Jiahua Pan, Senior Fellow and Deputy Director, Research Centre for Sustainable Development, Chinese Academy of Social Sciences
36. Professor Dr. Joyeeta Gupta, Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam
37. Professor Warwick McKibbin, Executive Director, CAMA, ANU Office of Business and Economics, Australian National University
38. Professor Pete Smith, School of Biological Sciences, University of Aberdeen
39. Professor Jørgen E. Olesen, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University
40. Director General Frances Seymour, Centre for International Forestry Research (CIFOR)
41. Professor Jacquie Burgess, Head of School, University of East Anglia
42. Professor Daniel M. Kammen, Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy, University of California, Berkeley
43. Dr. James E. Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies
44. Professor Ole John Nielsen, Department of Chemistry, University of Copenhagen
45. Professor Maria Carmen Lemos, Natural Resources and Environment, University of Michigan
46. Professor Torkil Jøneh Clausen, Managing Director of DHI Water, Environment and Health: Water Policy in Denmark.
47. Professor Harold A. Mooney, Department of Biological Sciences, Stanford University
48. Dr. Mark Stafford Smith, Science Director Climate Adaptation Flagship, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
49. Professor Paul Leadley, Laboratoire d'Écologie, Systematique et Evolution (ESE Laboratory), Université Paris-Sud 11
50. Dr. Frank Jotzo, Climate Change Institute, Australian National University
51. Professor Roberto Sanchez Rodriguez, Director of UC Mexus, University of California, Riverside
52. Professor Anette Reenberg, Institute of Geography, University of Copenhagen
53. Professor Pier Vellinga, Programme Director of Climate Change, Wageningen University
54. Dr. Tom Downing, Director of Stockholm Environment Institute's Risks, Livelihoods & Vulnerability Programme
55. Dr. Dagmar Schröter, The Sustainable Development Group of the Umweltbundesamt, Austria
56. Professor John R. Porter, Department of Agricultural Sciences, University of Copenhagen
57. Professor Peter Gregory, Director of Scottish Crop Research Institute (SCRI)
58. Professor Niels Elers Koch, Director General of Forest & Landscape, University of Copenhagen
59. Dr. Jill Jäger, Sustainable Europe Research Institute (SERI)
60. Jamie Pittock, WWF Research Associate, Australian National University
61. Dr. John Christensen, UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development
62. Dr. Fatima Denton, Climate Change Adaptation in Africa (CCAA), Dakar
63. Dr. Koko Warner, Munich Climate Insurance Initiative (MCI)
64. Professor Kazuhiko Takeuchi, Deputy Executive Director of the Integrated Research System for Sustainability Science, The University of Tokyo
65. Professor Dr. Rik Leemans, Department of Environmental Sciences, Wageningen University
66. Professor Ken Caldeira, Carnegie's Institution's Department of Global Ecology, Stanford University
67. Professor Mary Scholes, School of Animal, Plant and Environmental Sciences, University of Witwatersrand
68. Dr. Carol Turley, Plymouth Marine Laboratory
69. Professor Dr. Louise Fresco, University of Amsterdam
70. Dr. Pamela Matson, Dean of the School of Earth Sciences, Stanford University
71. Mr. Agus Sari, Director of Indonesia and Policy Coordinator for Southeast Asia, EcoSecurities
72. Professor Oran Young, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara
73. Dr. Chris Hope, Judge Business School, University of Cambridge
74. Dr. Detlef Sprinz, Senior Scientist, Potsdam Institute for Climate Impact Research
75. Kevin Anderson, Research Director, Energy and Climate Change Programme, Tyndall Centre for Climate Change Research, Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester
76. Dr. Max Boykoff, Environmental Change Institute, University of Oxford
77. Dr. Aled Jones, Deputy Director, University of Cambridge Programme for Industry, University of Cambridge
78. Professor Johan Rockström, University of Stockholm & Executive Director at Stockholm Environment Institute
79. Dr. Tariq Banuri, Senior Researcher, Stockholm Environment Institute
80. Professor Ole Wæver, Political Science Department, University of Copenhagen
81. Professor Karen O'Brien, Department of Sociology and Human Geography, University of Oslo
82. Professor Thomas Heyd, Department of Philosophy, University of Victoria
83. Dr. Katrine Krogh Andersen, Special Advisor, Danish Ministry of Climate & Energy
84. Dr. Andreas Barkman, Head of Air and Climate Change Mitigation, European Environment Agency

Presidentes de Sessão

1. Professor Dorthe Dahl-Jensen, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen
2. Dr. Konrad Steffen, Director of Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), University of Colorado at Boulder
3. Professor John Mitchell, Director of Climate Science, UK Meteorological Office
4. Professor Masahide Kimoto, Deputy Director, Center for Climate System Research, The University of Tokyo
5. Professor Dr. Martin Visbeck, The Leibniz-Institute of Marine Sciences at the University of Kiel (IFM-GEOMAR)
6. Professor Nathan Bindoff, Institute of Antarctic and Southern Ocean Studies, University of Tasmania
7. Dr. Michael Raupach, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Marine and Atmospheric Research, leader of the Continental Biogeochemical Cycles Research Team
8. Professor Dr. Nicolas Gruber, Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, ETH Zurich
9. Professor Martin Claussen, Max Planck Institute for Meteorology, University of Hamburg
10. Professor Matthew England, Climate Change Research Centre (CCRC) University of New South Wales
11. Professor Tim Lenton, Laboratory for Global Marine and Atmospheric Chemistry, School of Environmental Sciences, University of East Anglia
12. Dr. Bette Otto-Bliesner, Senior Scientist in the Paleoclimate Group in the Climate and Global Dynamics Division, The National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, Colorado.
13. Dr. Chris Turney, Department of Geography, University of Exeter
14. Professor Keith Paustian, The Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University
15. Professor Scott Denning, Department of Atmospheric Science, Colorado State University
16. Professor Ann Henderson-Sellers, Department of Physical Geography, Macquarie University
17. Dr. Paul Baer, Research Director, EcoEquity
18. Dr. Sivan Kartha, Stockholm Environment Institute (SEI)
19. Professor Timmons Roberts, Institute for the Theory and Practice of International Relations, The College of William and Mary & Environmental Change Institute, University of Oxford
20. Professor Coleen Vogel, School of Geography, Archaeology and Environmental Studies, University of the Witwatersrand
21. Dr. Carlos Nobre, Brazil National Institute for Space Research
22. Dr. Cameron Hepburn, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford
23. Professor Dale Jamieson, Director of Environmental Studies, New York University
24. Professor Anthony J. McMichael, National Centre of Epidemiology and Population Health, Australian National University
25. Dr. Roberto Bertollini, Director of Division of Technical Support, Health Determinants, WHO Regional Office for Europe
26. Professor Mark S. Ashton, Yale School of Forestry and Environmental Studies, Yale University
27. Professor Liping Zhou, Peking University
28. Dr. Pep Canadell, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Marine and Atmospheric Research, Executive Director Global Carbon Project
29. Professor Dr. Wim C. Turkenburg, Director Copernicus Institute, Utrecht University
30. Professor Claus Felby, Forest & Landscape, University of Copenhagen
31. Science Manager Anders Viksø-Nielsen, Novozymes Biofuels R&D
52. Professor Anette Reenberg, Institute of Geography, University of Copenhagen
53. Professor Pier Vellinga, Programme Director of Climate Change, Wageningen University
54. Dr. Tom Downing, Director of Stockholm Environment Institute's Risks, Livelihoods & Vulnerability Programme
55. Dr. Dagmar Schröter, The Sustainable Development Group of the Umweltbundesamt, Austria
56. Professor John R. Porter, Department of Agricultural Sciences, University of Copenhagen
57. Professor Peter Gregory, Director of Scottish Crop Research Institute (SCRI)
58. Professor Niels Elers Koch, Director General of Forest & Landscape, University of Copenhagen
59. Dr. Jill Jäger, Sustainable Europe Research Institute (SERI)
60. Jamie Pittock, WWF Research Associate, Australian National University
61. Dr. John Christensen, UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development
62. Dr. Fatima Denton, Climate Change Adaptation in Africa (CCAA), Dakar
63. Dr. Koko Warner, Munich Climate Insurance Initiative (MCI)
64. Professor Kazuhiko Takeuchi, Deputy Executive Director of the Integrated Research System for Sustainability Science, The University of Tokyo
65. Professor Dr. Rik Leemans, Department of Environmental Sciences, Wageningen University
66. Professor Ken Caldeira, Carnegie's Institution's Department of Global Ecology, Stanford University
67. Professor Mary Scholes, School of Animal, Plant and Environmental Sciences, University of Witwatersrand
68. Dr. Carol Turley, Plymouth Marine Laboratory
69. Professor Dr. Louise Fresco, University of Amsterdam
70. Dr. Pamela Matson, Dean of the School of Earth Sciences, Stanford University
71. Mr. Agus Sari, Director of Indonesia and Policy Coordinator for Southeast Asia, EcoSecurities
72. Professor Oran Young, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara
73. Dr. Chris Hope, Judge Business School, University of Cambridge
74. Dr. Detlef Sprinz, Senior Scientist, Potsdam Institute for Climate Impact Research
75. Kevin Anderson, Research Director, Energy and Climate Change Programme, Tyndall Centre for Climate Change Research, Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, University of Manchester
76. Dr. Max Boykoff, Environmental Change Institute, University of Oxford
77. Dr. Aled Jones, Deputy Director, University of Cambridge Programme for Industry, University of Cambridge
78. Professor Johan Rockström, University of Stockholm & Executive Director at Stockholm Environment Institute
79. Dr. Tariq Banuri, Senior Researcher, Stockholm Environment Institute
80. Professor Ole Wæver, Political Science Department, University of Copenhagen
81. Professor Karen O'Brien, Department of Sociology and Human Geography, University of Oslo
82. Professor Thomas Heyd, Department of Philosophy, University of Victoria
83. Dr. Katrine Krogh Andersen, Special Advisor, Danish Ministry of Climate & Energy
84. Dr. Andreas Barkman, Head of Air and Climate Change Mitigation, European Environment Agency

RELATÓRIO SÍNTESE

de

MUDANÇA CLIMÁTICA

Riscos, Desafios e Decisões Globais

COPENHAGUE 2009, 10-12 Março

www.climatecongress.ku.dk

EQUIPE DE REDATORES

Professor Katherine Richardson (Presidente),
Vice Dean of the Faculty of Science, University of Copenhagen

Professor Will Steffen,
Executive Director of the ANU Climate Change Institute,
Australian National University

Professor Hans Joachim Schellnhuber,
Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and
Visiting Professor at University of Oxford

Professor Joseph Alcamo,
Chief Scientist (Designate) of the United Nations Environment
Programme (UNEP)

Dr. Terry Barker,
Centre for Climate Change Mitigation Research, Department of Land
Economy, University of Cambridge

Professor Daniel M. Kammen,
Director, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Energy and
Resources Group & Goldman School of Public Policy
University of California – Berkeley

Professor Dr. Rik Leemans,
Department of Environmental Sciences, Wageningen University

Professor Diana Liverman,
Director of the Environmental Change Institute, University of Oxford

Professor Mohan Munasinghe,
Munasinghe Institute for Development (MIND), Sri Lanka

Dr. Balgis Osman-Elasha,
Higher Council for Environment & Natural Resources (HCENR), Sudan

Professor Lord Nicholas Stern,
IG Patel Professor of Economics and Government,
London School of Economics

Professor Ole Wæver,
Political Science Department, University of Copenhagen

University of Copenhagen

Relatório Síntese de

MUDANÇA CLIMÁTICA

Riscos, Desafios e Decisões Globais

COPENHAGUE 2009, 10-12 Março

www.climatecongress.ku.dk

Desenho Gráfico: Konform.com

ISBN 978-87-90655-74-7

Impresso na Dinamarca em 2009

PREFÁCIO

A reunião da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) que ocorrerá em Copenhague em dezembro de 2009 (a 15ª Conferência das Partes, COP15) será um passo fundamental para o desenvolvimento de uma resposta global à ameaça das mudanças climáticas causadas pelas atividades humanas. O principal aporte científico para essas negociações é o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2007ⁱ. O relatório do IPCC, como instrumento, já ampliou a percepção pública e política dos riscos sociais associados à emissão indiscriminada de gases do efeito estufa.

Desde a produção do relatório do IPCC, emergiram novos conhecimentos que ampliam a compreensão dos impactos da influência humana sobre o clima e das opções de resposta e abordagens disponíveis para enfrentar esse problema complexo. Para reunir esses novos conhecimentos, a Aliança Internacional de Universidades de Pesquisaⁱ organizou um congresso científico internacional sobre mudanças climáticas, *Mudanças Climática: Riscos, Desafios e Decisões Globais*, ocorrido em Copenhague no período de 10 a 12 de março de 2009. A participação no congresso foi aberta a todos. A maioria das quase 2.500 pessoas que participaram do Congresso era de pesquisadores e muitos deles foram colaboradores dos relatórios do IPCC. Os participantes vieram de aproximadamente 80 diferentes países e contribuíram com mais de 1.400 apresentações científicas. Os resumos de todas as apresentações científicas podem ser encontrados no site www.iop.org/EJ/volume/1755-1315/6, e uma transcrição da sessão de encerramento do plenário está disponível em environmentalresearchweb.org/cws/article/opinion/39126.

Este relatório síntese apresenta uma visão geral atualizada de uma grande gama de pesquisas relevantes sobre as mudanças climáticas, englobando ciência climática fundamental, impactos das mudanças climáticas sobre a sociedade e o meio ambiente e várias ferramentas e abordagens disponíveis para lidar efetivamente com o desafio das mudanças climáticas. Este relatório foi produzido por uma equipe de redatores composta por membros do Comitê de Coordenação Científica do Congresso IARU e por indivíduos convidados para fornecer à equipe de redatores uma amplitude acadêmica e geográfica. Ele se baseia em dezesseis palestras em plenário do Congresso, como também nas contribuições de mais de 80 líderes e co-líderes das 58 sessões paralelas realizadas no Congresso. Os nomes dos palestrantes e dos líderes e co-líderes das sessões paralelas podem ser encontrados na capa interna deste volume. A equipe de redatores lançou mão, além das apresentações no Congresso, de publicações recentes na literatura científica para criar essa síntese.

Este relatório foi revisado criticamente pelos representantes da Associação de Ciência do Sistema Terra (ESSP)ⁱⁱ, pelos presidentes e co-presidentes das sessões paralelas, e por até quatro pesquisadores independentes de cada universidade da IARU. Esse extenso processo de revisão foi implementado para garantir que as mensagens contidas no relatório sejam baseadas com solidez e precisão nas novas pesquisas produzidas desde o último Relatório do IPCC, e que elas reflitam com fidelidade os trabalhos mais recentes da comunidade internacional de pesquisa em mudanças climáticas.

ⁱ IARU (Aliança Internacional de Universidades de Pesquisa): (<http://www.iaruni.org/>) Australian National University, University of California - Berkeley, University of Cambridge, University of Copenhagen, ETH Zürich, National University of Singapore, University of Oxford, Peking University, The University of Tokyo, Yale University.

ⁱⁱ A ESSP (www.essp.org) é uma parceria dos programas de pesquisa internacionais World Climate Research Programme (WCRP), International Geosphere Biosphere Programme (IGBP), International Human Dimensions Programme for Global Change Research (IHDP) e DIVERSITAS, um programa internacional de ciência da biodiversidade.



RESUMO EXECUTIVO

As sociedades passadas reagiram quando entenderam que suas próprias atividades estavam causando mudanças ambientais deletérias por meio do controle ou da modificação das atividades danosas. Atualmente, há evidências científicas avassaladoras de que as atividades humanas, principalmente o uso de combustíveis fósseis, estão influenciando o clima de várias maneiras que ameaçam o bem-estar e o desenvolvimento continuado da sociedade humana. Para a humanidade aprender com a história e limitar essas ameaças, chegou o momento de ter um controle maior das atividades humanas que modificam as condições fundamentais de vida na Terra.

Para decidir sobre medidas de controle efetivas, é preciso disseminar em todo mundo e dentre os líderes de nações, como também para o público em geral, um

entendimento sobre o modo com que as atividades humanas estão mudando o clima e sobre as implicações de mudanças climáticas descontroladas.

O objetivo deste relatório é fornecer, para uma grande gama de audiências, uma atualização do entendimento mais recente das mudanças climáticas causadas pelas atividades humanas, das implicações sociais e ambientais dessas mudanças e das opções disponíveis para a sociedade responder aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Esse entendimento é comunicado por meio de seis mensagens-chave:

MENSAGEM CHAVE 1: **TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS**

Observações recentes mostram que as emissões de gases do efeito estufa e muitos aspectos do clima estão se modificando e alcançando o limite superior da faixa de projeções do IPCC. Muitos indicadores chave já estão ultrapassando os padrões de variabilidade natural, dentro dos quais a sociedade contemporânea e a economia se desenvolveram e prosperaram. Esses indicadores incluem a temperatura média da superfície global, a elevação do nível do mar, a temperatura do oceano global, a extensão de gelo no Oceano Ártico, a acidificação oceânica e os fenômenos climáticos extremos. Se não houver redução das emissões, muitas tendências no clima provavelmente irão acelerar, levando a um risco crescente de mudanças climáticas abruptas ou irreversíveis.

MENSAGEM CHAVE 2: **RUPTURA SOCIAL E AMBIENTAL**

A comunidade de pesquisa fornece muitas informações para apoiar as discussões sobre as “mudanças climáticas perigosas”. Observações recentes mostram que as sociedades e os ecossistemas são altamente vulneráveis até mesmo para níveis modestos de mudanças climáticas, com nações e comunidades pobres, serviços de ecossistemas e biodiversidade particularmente em risco. As sociedades contemporâneas terão dificuldade em lidar com elevações de temperatura acima de 2°C, que provavelmente causarão importantes distúrbios sociais e ambientais pelo restante do século e além dele.

MENSAGEM CHAVE 3: **ESTRATÉGIA DE LONGO PRAZO: METAS E CRONOGRAMAS GLOBAIS**

A mitigação rápida, sustentada e efetiva com base na ação global e regional coordenada é necessária para evitar as “variações climáticas perigosas”, independentemente de como ela seja definida. Metas modestas para 2020 aumentam o risco de impactos severos, inclusive o risco de ultrapassar os pontos críticos, e tornam a tarefa de alcançar as metas de 2050 mais difíceis e onerosas. Definir um preço de longo prazo para o carbono, que tenha credibilidade, e adotar políticas que promovam a eficiência energética e as tecnologias de baixas emissões de carbono são aspectos centrais para uma mitigação efetiva.

MENSAGEM CHAVE 4: **DIMENSÕES DE EQUIDADE**

As mudanças climáticas estão apresentando e apresentarão efeitos fortemente diferenciados sobre as pessoas nos diversos países e regiões, nesta geração e nas futuras e sobre as sociedades humanas e o mundo natural. Uma efetiva rede de segurança de adaptação com financiamento adequado é necessária para aqueles menos capazes de lidar com os impactos das mudanças climáticas, e também são necessárias estratégias de mitigação equitativa para proteger os pobres e os mais vulneráveis. O enfrentamento das mudanças climáticas deve ser visto como parte integrante de metas mais abrangentes de aumento do desenvolvimento socioeconômico e da equidade no mundo.

MENSAGEM CHAVE 5: **A INAÇÃO É IMPERDOÁVEL**

A sociedade já tem muitas ferramentas e abordagens – econômicas, tecnológicas, comportamentais e gerenciais – para lidar efetivamente com o desafio das mudanças climáticas. Se essas ferramentas não forem implementadas com rigor e de modo abrangente, a adaptação às inevitáveis mudanças climáticas e a transformação social necessárias para descarbonizar as economias não serão alcançadas. Uma grande variedade de benefícios decorrerá de esforços concertados para alcançar adaptação e mitigação rápidas e eficientes. Entre os benefícios estão o aumento de empregos no setor energético sustentável; as reduções de custos de saúde, sociais, econômicos e ambientais das mudanças climáticas; e a reparação de ecossistemas e revitalização dos serviços de ecossistemas.

MENSAGEM CHAVE 6: **ENFRENTANDO O DESAFIO**

Para que a transformação social necessária para enfrentar o desafio das mudanças climáticas seja alcançada, é preciso superar várias restrições significativas e aproveitar as oportunidades críticas. Isso implica reduzir a inércia nos sistemas sociais e econômicos, com base no crescente desejo público de que os governos respondam às mudanças climáticas; reduzir as atividades que elevam as emissões de gases do efeito estufa e reduzem a resiliência (subsídios, por exemplo); e viabilizar mudanças que ajudem governanças ineficientes e instituições fracas a se tornarem lideranças inovadoras no governo, no setor privado e na sociedade civil. Associar as mudanças climáticas a considerações mais abrangentes sobre produção e consumo sustentáveis e a questões de direitos humanos e valores democráticos é crucial para orientar as sociedades em transição a seguirem caminhos de desenvolvimento mais sustentável.

CONVIVENDO COM RESTRIÇÕES AMBIENTAIS

A Terra tem aproximadamente cinco bilhões de anos. Os seres humanos, no entanto, estão no planeta por apenas 0,004% dessa história, o *Homo sapiens* moderno evoluiu há cerca de 200.000 anos atrás. Mudanças climáticas dramáticas ocorreram na longa história da Terra. Os primeiros seres humanos vivenciaram esses fenômenos climáticos dramáticos e alguns sobreviveram a eles. Contudo, somente durante os últimos 12.000 anos, período no qual o clima da Terra tem se mantido quente e estável, é que os seres humanos realmente prosperaram.

Durante esse período de condições climáticas estáveis é que os seres humanos descobriram como cultivar vegetais e domesticar animais. Essas descobertas, que ocorreram em torno de 10.000 anos atrás e levaram à agricultura moderna, modificaram dramaticamente o relacionamento entre os seres humanos e o planeta. Elas romperam com uma limitação natural precoce do número de seres humanos e possibilitaram que muito mais pessoas prosperassem simultaneamente na Terra do que era possível sem o controle sobre a disponibilidade alimentar.

Presumivelmente, os primeiros fazendeiros eram livres para cultivar a terra onde quer que desejassem. Entretanto, quando os seres humanos, milhares de anos depois, reconheceram que a prática agrícola indiscriminada e o desenvolvimento descontrolado poderiam ser prejudiciais à sociedade como um todo, foram desenvolvidas regras locais para restringir o modo e a localização de culturas agrícolas. Da mesma forma, nossos ancestrais provavelmente não conheceram restrições sobre os locais em que poderiam descartar seus resíduos. Quando o número de seres humanos aumentou para um determinado nível e o acúmulo de resíduos foi reconhecido como um problema de saúde ou poluição, regras e tecnologias foram estabelecidas para

administrar a destinação de resíduos. Um exemplo contemporâneo de regulação compulsória global é o Protocolo de Montreal de 1987, no qual a comunidade internacional concordou em atuar com base em evidências científicas de que alguns gases industriais podem levar à eliminação perigosa da camada de ozônio da Terra.

Em todos esses casos, o controle foi estabelecido apenas quando ocorreu a aceitação geral da sociedade de que uma situação continuada de ausência de regulação levaria a custos inaceitáveis. Portanto, a história do relacionamento da humanidade com o meio ambiente mostra que quando a sociedade aprende que uma certa prática pode prejudicar o bem-estar de seus membros, regras, dispositivos regulatórios e outras estratégias são estabelecidas para controlar a prática ofensiva.

As atuais evidências científicas indicam que permitir que a emissão de gases do efeito estufa das atividades humanas continue descontrolada constitui uma ameaça significativa ao bem-estar e ao desenvolvimento da sociedade contemporânea. O conhecimento de que as atividades humanas estão influenciando o clima atribuí à sociedade contemporânea a responsabilidade de agir. Essa responsabilidade exige uma redefinição do relacionamento da humanidade com a Terra e, pelo bem-estar da sociedade, isso demanda o gerenciamento das atividades humanas que interferem no clima. Para sustentar o desenvolvimento de respostas efetivas, contudo, esse conhecimento deve ser amplamente disseminado fora da comunidade científica. O propósito deste relatório é comunicar a uma vasta faixa de audiências o entendimento mais atualizado da comunidade de pesquisa sobre as mudanças climáticas, suas implicações e as ações necessárias para enfrentá-las efetivamente.

MENSAGEM CHAVE 1

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS

Observações recentes mostram que as emissões de gases do efeito estufa e muitos aspectos do clima estão se modificando e alcançando o limite superior da faixa de projeções do IPCC. Muitos indicadores chave já estão ultrapassando os padrões de variabilidade natural, dentro dos quais a sociedade contemporânea e a economia se desenvolveram e prosperaram. Esses indicadores incluem a temperatura média da superfície global, a elevação do nível do mar, a temperatura do oceano global, a extensão de gelo no Oceano Ártico, a acidificação oceânica e os fenômenos climáticos extremos. Se não houver redução das emissões, muitas tendências no clima provavelmente irão acelerar, levando a um risco crescente de mudanças climáticas abruptas ou irreversíveis.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) concluiu em 2007² que as mudanças climáticas estão ocorrendo, sem sombra de dúvida, e que a Terra está aquecendo. O ponto mais importante é que o IPCC concluiu que existe mais de 90% de probabilidade do aquecimento global ser causado principalmente pelas atividades humanas, sendo a mais importante delas a emissão de gases do efeito estufa e a devastação da vegetação natural. Desde 2007, os relatórios que comparam as projeções realizadas pelo IPCC em 1990 com observações mostram que alguns indicadores do clima estão se modificando e se aproximando do limite superior da faixa indicada pelas projeções ou, como no caso da subida do nível da água do mar (Figura 1), com uma taxa ainda maior do que a indicada pelas projeções do IPCC. Aprender o significado dessas observações requer uma compreensão das mudanças climáticas que vai além do aquecimento da atmosfera.

O clima é primariamente controlado pelos fluxos de calor que entram e saem do planeta e o armazenamento de calor nos diversos compartimentos do Sistema Terrestre: oceano, solo, atmosfera, neve

ou gelo. Este calor é basicamente proveniente do sol. Apenas uma pequena quantidade de calor é armazenada na atmosfera (Figura 2) e a maior quantidade de calor armazenada na superfície da Terra está no oceano. O fluxo de calor para o oceano ocorre mais lentamente do que para a atmosfera. No entanto, já que o oceano armazena tanto calor, uma mudança na temperatura do oceano, que reflete a mudança na quantidade de calor que ele armazena, é um indicador da mudança no clima melhor do que as mudanças na temperatura do ar.

A Figura 3 mostra a tendência da temperatura do ar da superfície nas décadas mais recentes. O ano de 2008 foi comparativamente mais frio do que os anos imediatamente anteriores, principalmente porque houve um valor mínimo no ciclo de atividade magnética do sol (ciclo local do sol) e um evento La Niña em 2007/2008. Mesmo assim, a tendência de aumento da temperatura de longo prazo é clara e a trajetória da temperatura na superfície da Terra está prosseguindo dentro da faixa das projeções do IPCC.

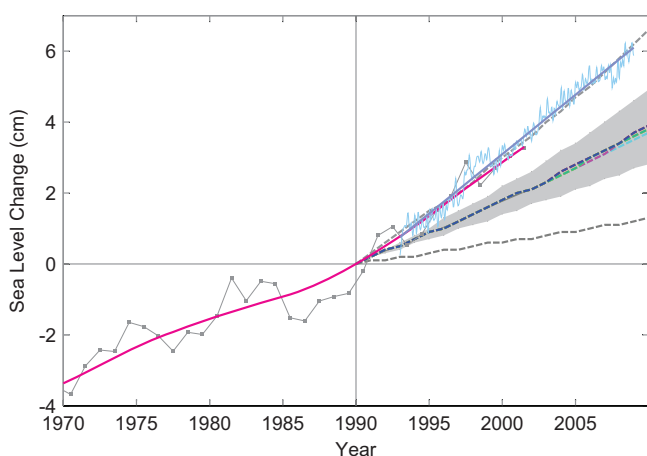


Figura 1
Mudanças no nível do mar de 1970 a 2008, em relação ao nível do mar em 1990. As linhas sólidas são baseadas nas observações atenuadas para remover os efeitos da variabilidade interanual (linhas suaves conectam os pontos de dados). Os dados dos anos mais recentes são obtidos por meio de sensores baseados em satélites. A curva envoltória das projeções do IPCC é apresentada para comparação; ela inclui as linhas tracejadas como projeções individuais e o sombreamento como a incerteza em torno das projeções³.

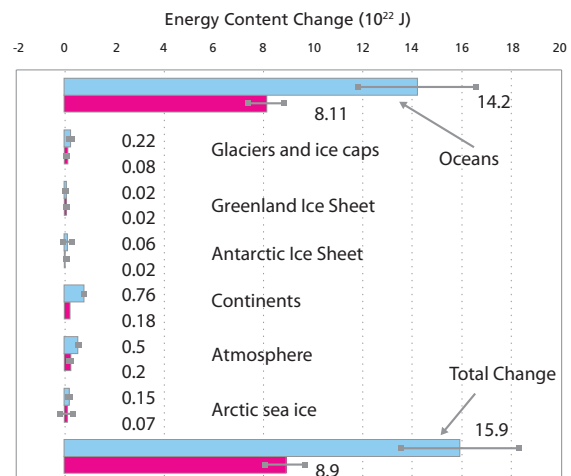


Figura 2
A mudança no conteúdo energético em diferentes componentes do Sistema da Terra em dois períodos: 1961-2003 (barras azuis) e 1993-2003 (barras rosa)² (Figura 5.4).

Mudanças na Calota Polar da Groelândia

QUADRO 1

Prof. Dorthe Dahl Jensen, ddj@gfy.ku.dk & Dr. Konrad Steffen, Konrad.Steffen@colorado.edu

O crescente degelo de grandes camadas de gelo polares contribui para o aumento observado no nível do mar. As observações das áreas da calota polar da Groelândia, que ficam com temperatura de ponto de fusão por pelo menos um dia no verão, mostram um aumento de 50% durante o período de 1979 até 2008⁶ (veja a figura). A região da Groelândia testemunhou um verão extremamente quente em 2007. Toda a área ao sul da Groelândia atingiu temperaturas de ponto de fusão durante o verão, e a estação de degelo começou 10 a 20 dias antes e durou 60 dias a mais⁷.

Além do degelo, as grandes camadas de gelo polares perdem massa pela descarga de gelo, que também é sensível à temperatura regional. As medições de mudanças muito pequenas na

gravidade realizadas por satélite revolucionaram a capacidade de estimar a perda de massa desses processos. A segunda figura mostra que a calota polar da Groelândia tem perdido massa a uma proporção de 179 gigatoneladas (Gt)/ano desde 2003. Essa taxa de perda corresponde a uma contribuição para a subida média global do nível da água do mar de 0,5 mm/ano; subida média global do nível da água do mar atual é de 3,1 mm/ano⁸. No tocante à área de degelo, a perda de massa do ano excepcionalmente quente de 2007 foi muito extensa. As novas observações da perda crescente de massas glaciais, calotas polares e das calotas glaciais da Groelândia e da Antártica levam às previsões de subida média global do nível da água do mar equivalentes a 1 m ($\pm 0,5$ m) durante o próximo século. As estimativas atualizadas da subida média global do nível da água do mar são de quase o dobro das projeções do IPCC de 2007²⁸.

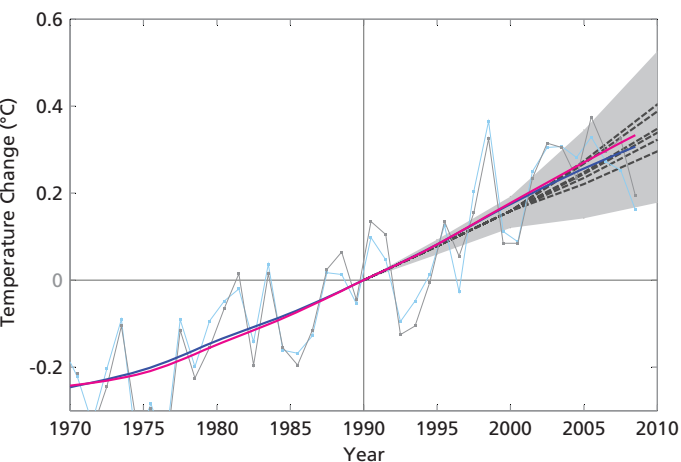
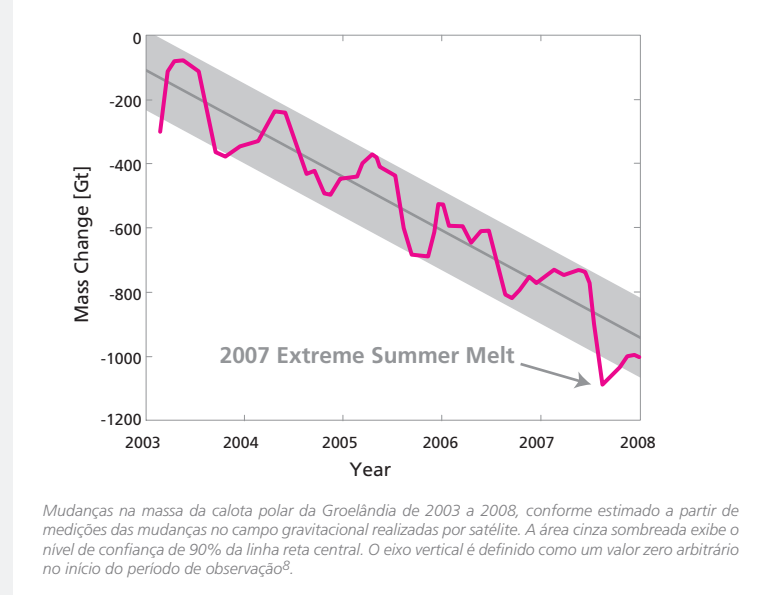
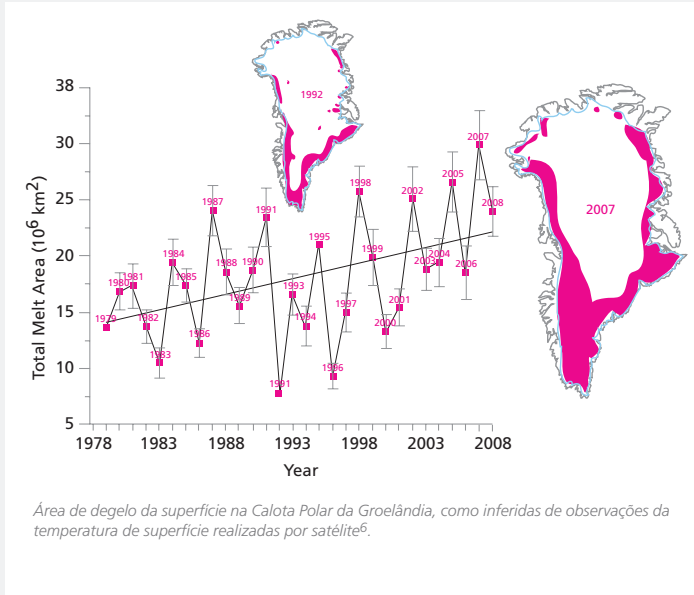


Figura 3
Mudanças na temperatura média do ar da superfície global (nivelada em 15 anos) (número 11 da primeira versão do relatório corrigido) em relação a 1990. A linha azul representa os dados do Hadley Center (Escritório Meteorológico do Reino Unido); a linha vermelha representa os dados do GISS (Instituto Goddard de Estudos Espaciais da NASA, EUA). As linhas tracejadas são as projeções do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, com um sombreamento que indica as incertezas em torno das projeções³ (dados de 2007 e 2008 acrescentados por Rahmstorf, S.).

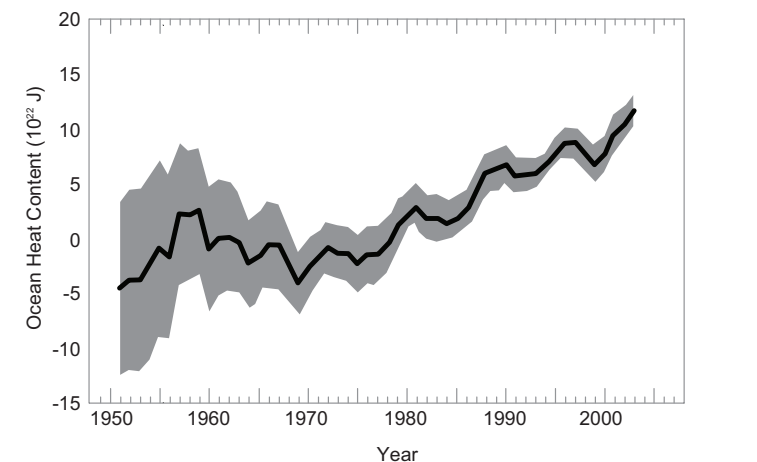


Figura 4
Mudança no conteúdo de calor dos oceanos desde 1951 (observações – linha preta) com incertezas (sombreado cinza), com relação ao conteúdo de calor dos oceanos em 1961⁴.



Desde o último relatório do IPCC, as tendências atualizadas da temperatura de superfície do oceano e do conteúdo de calor foram publicadas^{4,5}. Essas estimativas revisadas mostram (Figura 4) que houve um aquecimento significativo do oceano nos últimos anos. As estimativas atuais indicam que o aquecimento do oceano está cerca de 50% maior do que foi relatado anteriormente pelo IPCC². As novas estimativas ajudam a explicar melhor a tendência do nível do mar observada nas décadas recentes, já que a maior parte da elevação do nível do mar observada até agora foi o resultado da expansão térmica da água do mar.

A taxa de elevação do nível do mar aumentou no período de 1993 até agora (Figura 1), em grande parte devido à contribuição crescente de perda de gelo da Groelândia (Quadro 1) e da Antártica. Entretanto, os modelos de comportamento dessas calotas polares ainda são incipientes, por isso as projeções de elevação do nível do mar para 2100 com base nesses “modelos em processo” apresentam alto grau de incerteza. Uma abordagem alternativa é basear as projeções na relação observada entre a elevação de temperatura média global e a elevação do nível do mar nos últimos 120 anos, pressupondo que essa relação observada persistirá no futuro. Novas estimativas baseadas nessa abordagem sugerem uma elevação do nível do mar em torno de um metro ou mais até 2100¹⁶ (Sessão de Abertura (S. Rahmstorf) e sessão 1).

A elevação do nível do mar não vai parar em 2100. As mudanças no conteúdo de calor do oceano continuarão a afetar a elevação do nível do mar por muitos séculos, no mínimo. O degelo e a perda dinâmica de gelo na Antártica e na Groelândia também terão continuidade por séculos no futuro. Portanto, as mudanças que as gerações atuais originarem no clima influenciarão diretamente a vida de nossos dependentes por muito tempo no futuro. De fato, a temperatura média global de superfície dificilmente cairá nos primeiros milhares de anos depois que as emissões de gases do efeito estufa forem reduzidas a zero^{9,10}.

Um dos acontecimentos mais dramáticos desde o último Relatório do IPCC¹ foi a redução rápida da área de gelo do Oceano Ártico no verão. Em 2007, a área mínima coberta diminuiu em torno de 2 milhões de quilômetros quadrados quando comparada aos anos anteriores. Em 2008, o decréscimo foi quase tão dramático¹¹. Essa redução da cobertura de gelo é importante para o clima numa escala maior, pois o gelo e a neve refletem a maior parte da radiação do sol de volta à atmosfera, enquanto a água do mar absorve a maior parte da radiação solar que incide sobre o oceano. Portanto, um oceano livre de gelo absorve mais calor do que um oceano coberto de gelo, assim a perda do gelo do Oceano Ártico cria um “feedback” no sistema climático que aumenta o aquecimento.

A principal causa do aumento do conteúdo de calor da superfície do planeta é a concentração crescente de gases do efeito estufa na atmosfera^{2,12} (Figura 5). Esses gases aumentam o “efeito estufa”, que é um processo físico do Sistema Terrestre bem documentado e compreendido - como a gravidade ou as ondas, e que é conhecido desde o século 19. O efeito estufa natural torna a Terra habitável. Os gases do efeito estufa tais como vapor de água, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera absorvem o calor que deixa a superfície da Terra, retendo assim mais calor próximo à superfície da Terra, no oceano, no solo e na atmosfera. Na ausência do efeito estufa natural, a temperatura média da Terra seria em torno de -19°C, isto é, em torno de 34°C mais frio do que é hoje. Todos os planetas com gases de absorção de calor na atmosfera experimentaram o efeito estufa. A temperatura de superfície extrema (440°C) de Vênus,

por exemplo, só pode ser explicada pela alta concentração de CO₂ local.

A mudança do montante de gases do efeito estufa na atmosfera altera a magnitude do efeito estufa. O vapor de água é o gás de efeito estufa mais abundante e oferece a maior contribuição para o efeito estufa natural na Terra. Como a capacidade da atmosfera de conter vapor de água é fortemente dependente da temperatura, a quantidade de vapor de água na atmosfera é regulada pela própria temperatura da Terra, que aumenta à medida que o aquecimento ocorre. Isso significa que o vapor de água segue e amplifica as mudanças na temperatura global induzidas por outras causas. As atividades humanas não apresentaram um efeito direto significativo nos fluxos líquidos globais de vapor de água para a atmosfera e a partir dela¹⁶ (sessão 3), apesar de terem modificado esses fluxos em nível local, como por exemplo, pela derrubada das florestas ou pelo estabelecimento irrigações.

A situação é muito diferente para alguns dos outros gases do efeito estufa onde as emissões humanas realmente produziram um impacto direto. O CO₂ atmosférico assim como as concentrações de metano e de óxido nitroso aumentaram dramaticamente nas décadas recentes, como resultado das atividades humanas. O núcleo de gelo e os registros de sedimentos mostram que a concentração de todos esses gases na atmosfera é maior agora do que muito antes do tempo desde a evolução dos seres humanos da era moderna. De fato, a concentração de CO₂ na atmosfera não tem sido substancialmente maior do que é agora, pelo menos nos últimos 20 milhões de anos da história da Terra¹⁷.

O aquecimento inicial das concentrações elevadas de gases do efeito estufa é amplificado por feedbacks positivos. Esses são processos induzidos por mudanças climáticas e que subsequentemente acarretam um aquecimento maior. Além dos feedbacks do gelo do Oceano Ártico e do vapor de água descritos acima, um feedback muito importante é o relacionado aos processos naturais dos “sumidouros de carbono”, processos que absorvem CO₂ da atmosfera. Nem todo o CO₂ liberado na atmosfera pela atividades humanas permanece lá. Mais da metade do CO₂ emitido para a atmosfera por combustíveis fósseis e por mudanças no uso do solo é removida por sumidouros de CO₂ no solo e no oceano. A fração de emissões de CO₂ provocadas pelo homem removida por esses sumidouros diminuiu nos últimos 50 anos¹², com algumas evidências de que essa fração decrescerá ainda mais nas próximas décadas, em cenários de altas emissões futuras¹² (Quadro 2). Se esse enfraquecimento dos sumidouros naturais de CO₂ continuar, uma fração maior das emissões permanecerá na atmosfera, demandando uma redução ainda maior nas emissões para atingir metas específicas para a concentração de CO₂ na atmosfera.

Em escalas menores, uma das mudanças mais importantes no clima é o aumento observado dos fenômenos extremos, ondas de calor, tempestades e inundações². Além disso, o clima regional está geralmente relacionado diretamente ao comportamento de padrões específicos da variabilidade climática, tais como os sistemas de monções, e esses padrões podem ser influenciados pelo clima aquecido¹⁶ (sessão 3)¹⁹. As mudanças nos fenômenos extremos e nos padrões de variabilidade natural podem ter consequências dramáticas para as sociedades humanas que se tornaram acostumadas ou dependentes de padrões de temperatura, vento e volume pluviométrico estabelecidos há muito tempo em regiões específicas. A próxima seção trata de algumas das consequências e riscos que a interferência no clima coloca para a sociedade.

O Ciclo Global do Carbono

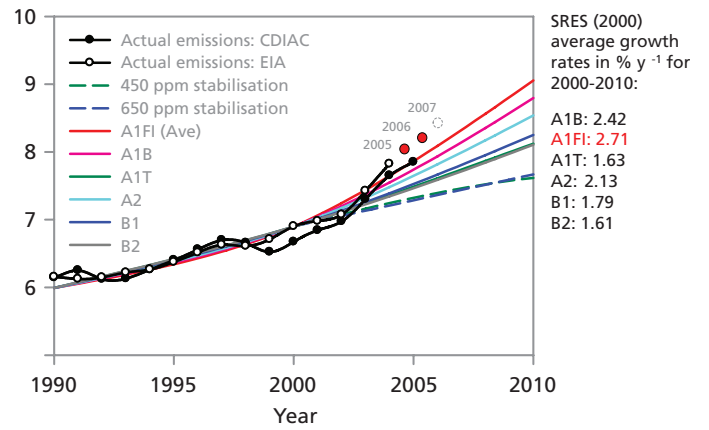
Dr. Michael R. Raupach, Michael.Raupach@csiro.com, Prof. Nicolas Gruber, nicolas.gruber@env.ethz.ch
 Dr. Josep G. Canadell, Pep.Canadell@csiro.au

QUADRO 2

O ciclo global do carbono está em forte desequilíbrio por causa das emissões de CO₂ na atmosfera provenientes da combustão de combustíveis fósseis e das mudanças no uso do solo. Os combustíveis fósseis respondem por cerca de 85% das emissões totais, e as mudanças no uso do solo por 15%. As emissões totais cresceram exponencialmente com uma taxa de 2% por ano desde 1800. Contudo, as emissões de combustível fóssil sofreram aceleração desde 2000, passando a crescer em torno de 3,4% ao ano, uma taxa de crescimento observado que está no limite máximo da variação das taxas de crescimento nos cenários do IPCC. O total de emissões de CO₂ é responsável por 2/3 do crescimento da forçagem radiativa de gases do efeito estufa.

Sem os sumidouros de CO₂, que removem e armazenam o CO₂ da atmosfera, o total de emissões humanas de CO₂ desde 1800 teriam causado a elevação do CO₂ atmosférico dos seus níveis pré-industriais de 280 ppm para aproximadamente 500 ppm. Contudo, o desequilíbrio do ciclo de carbono causa a redistribuição da vasta contribuição humana de CO₂ entre os "armazéns" de carbono na atmosfera, no solo e nos oceanos. Consequentemente, os sumidouros de CO₂ no solo e nos oceanos absorveram de forma consistente mais da metade do total de emissões de CO₂ desde 1800, e o acúmulo real de CO₂ na atmosfera aumentou a concentração de CO₂ para apenas 385 ppm (com um aumento em torno de 2 ppm por ano). Todavia, esses sumidouros naturais de CO₂ são vulneráveis às mudanças climáticas e ao uso do solo: eles provavelmente ficarão enfraquecidos no futuro em virtude de vários efeitos tais como: a acidificação oceânica, as alterações na circulação dos oceanos e na temperatura da água, as restrições de nutrientes e da absorção do CO₂ pelo solo. Além disso, reservatórios de carbono anteriormente inertes podem ser mobilizados e liberados na atmosfera sob a forma de CO₂ ou metano, um gás de efeito estufa mais potente. Os reservatórios que causam preocupação incluem o carbono de turfeiras tropicais, vulnerável à devastação e drenagem do solo, e os grandes "armazéns" de carbono orgânico na camada de terra congelada do Ártico, vulneráveis ao aquecimento.

Um trabalho recente para quantificar o efeito amplificador dessas vulnerabilidades nas mudanças climáticas está sendo iniciado. É cada vez maior a convicção de que o resultado final será a amplificação dos aumentos de CO₂ atmosférico e do metano até 2100, amplificando assim as mudanças climáticas. O fator de amplificação ainda é precariamente quantificado e as melhores estimativas atuais variam de um percentual próximo do zero até mais de 50%. No cenário de emissões A2 do IPCC¹, que prevê o aquecimento global de quase 4°C sem



Emissões mundiais de CO₂ industrial e de combustível fóssil observadas¹⁸, comparadas com médias de 6 grupos de cenários do Relatório Especial do IPCC sobre Cenários de Emissões (linhas coloridas) e faixa coberta por todos os cenários individuais (sombreado cinza). Os dados das emissões são provenientes de duas fontes: O Centro de Análise de Informações sobre o Dióxido de Carbono (CDIAC) e a Agência Internacional de Energia (AIE). Figura atualizada com os dados mais recentes disponíveis (www.globalcarbonproject.org) desde a publicação original deste relatório.

feedbacks do clima pelo carbono, um adicional de 0,1 a 1,5°C é previsto devido à vulnerabilidade dos sumidouros do solo e do oceano. O efeito adicional da aceleração de emissões de metano e do CO₂ do degelo da camada de terra congelada é potencialmente significativo, mas ainda não foi quantificado.

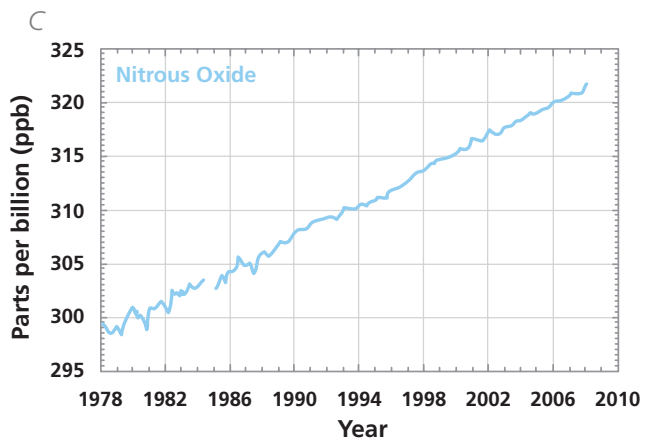
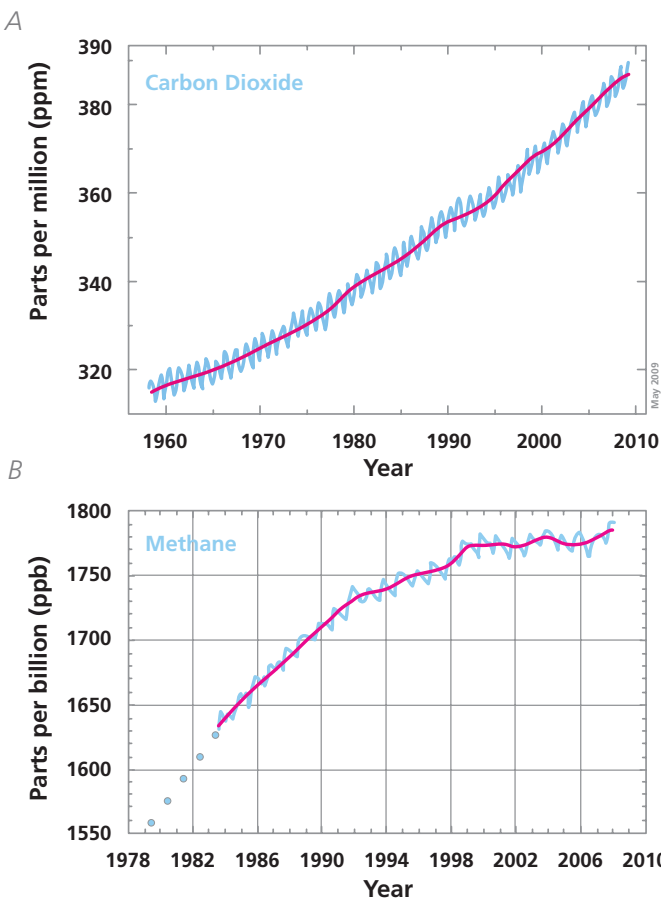


Figura 5
 As tendências das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono dos gases do efeito estufa (A), CO₂, em ppm (partes por milhão) de 1958 até o presente momento¹³; (B) metano, CH₄, em ppb (partes por bilhão) de 1979 até o presente momento¹⁴; e (C) óxido nítrico, N₂O, em ppb (partes por bilhão) de 1978 até o presente momento^{2,13,14,15}.

MENSAGEM CHAVE 2

RUPTURA SOCIAL E AMBIENTAL

A comunidade de pesquisa fornece muitas informações para apoiar as discussões sobre as “mudanças climáticas perigosas”. Observações recentes mostram que as sociedades e os ecossistemas são altamente vulneráveis até mesmo para níveis modestos de mudanças climáticas, com nações e comunidades pobres, serviços de ecossistemas e biodiversidade particularmente em risco. As sociedades contemporâneas terão dificuldade em lidar com elevações de temperatura acima de 2°C, que provavelmente causarão importantes distúrbios sociais e ambientais pelo restante do século e além dele.

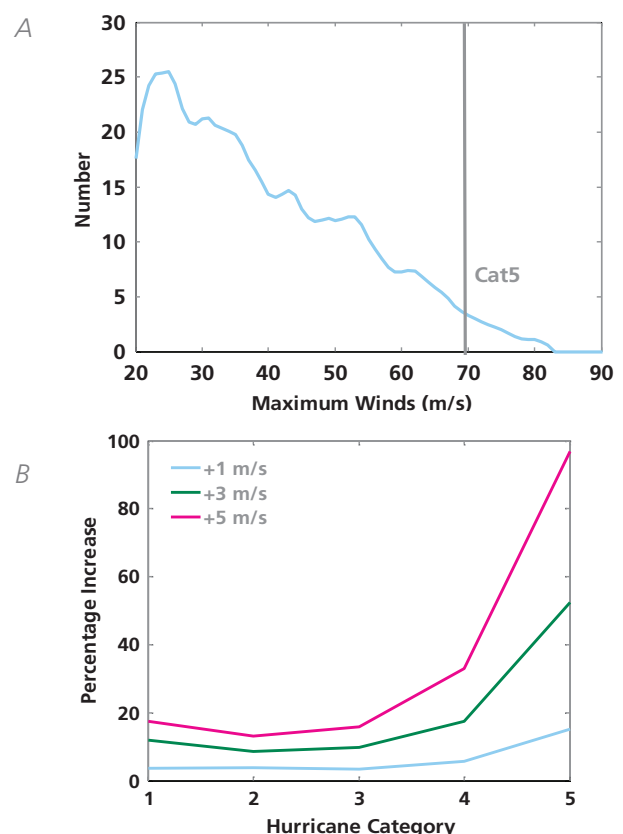
A definição “mudanças climáticas perigosas” é, em última instância, um julgamento de valor a ser feito pelas sociedades como um todo. Pelo menos três tipos diferentes de considerações são importantes: (i) os efeitos negativos em humanos e ecossistemas que ocorrem em vários níveis das mudanças climáticas; (ii) os níveis de impactos negativos que as sociedades desejam tolerar; e (iii) os níveis de mudanças climáticas nos quais os chamados pontos críticos poderiam ser ultrapassados, onde as mudanças deixam de ser lineares e reversíveis, tornando-se abruptas, abrangentes e potencialmente irreversíveis nos prazos relevantes para a sociedade contemporânea. Atualmente, parece haver pouca discussão e debate sobre essas questões¹⁶ (sessão 39), apesar da grande quantidade de informações críticas relevantes fornecida pela pesquisa científica.

Como ainda não há um consenso global sobre os níveis das mudanças climáticas que podem ser definidos como “perigosos”, o apoio ao argumento de que é necessário conter a elevação da temperatura global até o máximo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, vem crescendo consideravelmente²⁰. Este argumento é geralmente conhecido como “a barreira de 2°C”. O IPCC²¹ bem como as pesquisas mais recentes³¹ indicam que, mesmo com elevações de temperatura menores do que 2°C, os impactos podem ser significativos, embora algumas sociedades possam lidar com alguns desses impactos por meio de estratégias de adaptação proativas. Acima de 2°C, as possibilidades de adaptação da sociedade e de ecossistemas declinam rapidamente com um risco crescente de ruptura social por meio de impactos na saúde, escassez de água e insegurança alimentar.

Um dos melhores indicadores dos impactos das mudanças climáticas nas sociedades é a saúde e o bem-estar dos seres humanos (Quadro 3). A elevação de temperatura observada até hoje, em torno de 0,7°C, já está afetando a saúde em muitas sociedades; o número crescente de fenômenos climáticos extremos, tais como ondas de calor, inundações e tempestades, está levando a uma taxa crescente de danos e mortes provenientes de desastres naturais relacionados ao clima¹. Além dos impactos diretos sobre a saúde, as mudanças climáticas também afetam os determinantes básicos da saúde, como a quantidade e a qualidade dos alimentos, os recursos de água e o controle ecológico de vetores de doenças¹⁶ (sessão 14).

O vínculo entre as mudanças climáticas, a saúde humana e os sistemas de água é muito forte. No que concerne à saúde, os impactos das mudanças climáticas nos sistemas aquáticos já são aparentes em muitas

partes do mundo, com provável aceleração dos impactos por muitas décadas, independente dos acordos futuros para minorar as emissões de gases do efeito estufa (Quadro 4). Em algumas regiões, por exemplo, as secas levam à instabilidade social, insegurança alimentar e problemas de saúde a longo prazo à medida que condições de vida no presente são negativamente afetadas ou destruídas¹⁶ (sessão 14). Tais impactos geralmente levam a uma estratégia de sobrevivência de curto prazo à custa de uma adaptação a longo prazo. No entanto, as medidas



Efeitos das Mudanças Climáticas na Saúde e no Bem-Estar Humanos

QUADRO 3

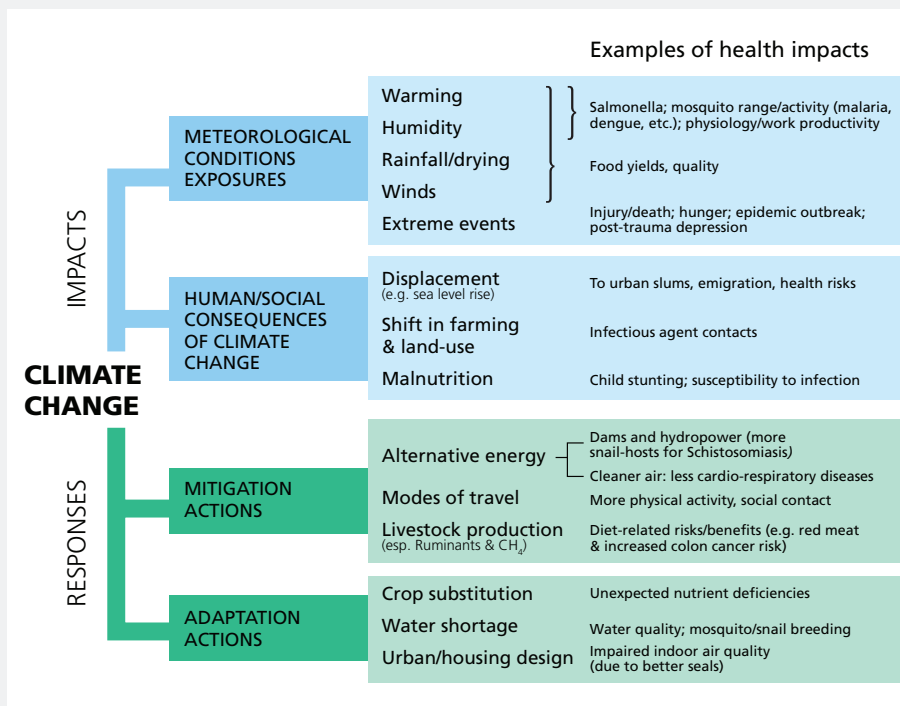
Prof. Anthony McMichael, Tony.McMichael@anu.edu.au & Dr. Roberto Bertollini, Bertollini@who.int

Os riscos, sérios e cada vez mais evidentes, para a saúde humana, decorrentes das mudanças climáticas, ressaltam o impacto potencialmente profundo nos "life-supports" da Terra. Esse "sinal vital" deve ajudar a motivar as ações governamentais. As populações de baixa renda e geograficamente vulneráveis correm um risco maior. Essas populações contribuíram pouco para o problema, no entanto, estão sujeitas a maior parte dos riscos para a saúde.

Os riscos advêm de stress ambiental direto (como ondas de calor, desastres climáticos, desidratação no local de trabalho), de distúrbios ecológicos (como padrões alterados de doenças infecciosas), e de rupturas de ecossistemas dos quais a humanidade depende (como consequências para a saúde da redução da produção de alimentos), do deslocamento da população e de conflitos pelos recursos esgotados (água, solo fértil, pescados). O degelo das calotas polares pode movimentar poluentes químicos aderidos ao gelo para a cadeia alimentar marinha.

Muitos impactos específicos podem ser antecipados ou, em alguns casos, observados no presente. Os estudos que utilizam modelagem indicam que uma elevação de 2°C poderia causar reduções de 5-20% nas produções de grãos de cereais no Sul da Ásia, Sudeste da Ásia e África Subsaariana, exacerbando significativamente a subnutrição e os efeitos adversos à saúde (principalmente o desenvolvimento físico e intelectual infantil). Em muitas populações urbanas, uma elevação de 2°C aumentaria a taxa de mortalidade anual por ondas de calor em duas vezes ou mais segundo a estimativa. Uma elevação de 2°C possibilitaria um aumento de 50-100% na faixa geográfica da transmissão potencial de esquistossomose na China (cujo hospedeiro é um caramujo de água), ameaçando dezenas de milhões de pessoas. A experiência recente da costa do Alasca mostra que uma elevação de 1°C na temperatura da água permitiu, por ultrapassar um ponto crítico, a proliferação de bactérias em crustáceos e, como resultado, uma gastroenterite nos consumidores por todo o verão.

Estratégias de adaptação para a proteção da saúde já são necessárias, tanto para os riscos atuais quanto para os riscos futuros previstos. A Organização Mundial de Saúde está apoiando os estados-membros em suas atividades, levando à avaliação formal e padronizada dos riscos à



saúde no nível do país e ao planejamento de estratégias de adaptação no tocante às mudanças climáticas. Enquanto isso, os benefícios da promoção à saúde podem fluir a partir de muitas atividades de mitigação, por meio de melhor qualidade do ar, de padrões de atividades físicas e dieta equilibrada¹⁶ (sessão 14).

Recursos Hídricos e Mudanças Climáticas: Desenvolvendo Resiliência Rumo a um Futuro Sustentável

QUADRO 4

Prof. Maria Carmen Lemos, lemos@umich.edu e Prof. Torkil Jørch Clausen, tjc@dhigroup.com

As mudanças climáticas geralmente afetam as sociedades humanas, direta e indiretamente, por meio do sistema de recursos hídricos através da combinação de mudanças na disponibilidade de água, aceleração de inundações e secas, elevação do nível da água do mar e aumento de tempestades. Esses impactos já estão ocorrendo, afetando principalmente as pessoas e os países mais pobres e desfavorecidos. Muitos desses impactos serão sentidos rapidamente, independentemente dos acordos e medidas futuras para reduzir emissões. No presente sabemos o suficiente para começar a desenvolver a capacidade de adaptação entre as populações e ecossistemas vulneráveis. Contudo, é necessário aperfeiçoar nossos conhecimentos e aumentar nossa capacidade de modelagem de processos físicos, sociais e ambientais que afetam a resiliência dos sistemas de água, para garantir soluções sustentáveis para o futuro. A chave para uma adaptação bem sucedida é a boa governança, especialmente baseada em abordagens integradas e adaptativas desde o âmbito da comunidade até as bacias dos rios transfronteiriços. O compartilhamento de dados, informações e conhecimentos de forma aberta e transparente entre todos os participantes é crucial¹⁶ (sessão 29).



Foto: John McConico

de adaptação para minorar os impactos das mudanças climáticas são urgentemente necessárias desde já. Devido às incertezas consideráveis em torno das projeções de impactos climáticos nos recursos hídricos em escalas local e regional, desenvolver resiliência e gerenciar riscos, empregando a gestão da adaptação são provavelmente as estratégias de adaptação mais efetivas¹⁶ (sessão 29). Mesmo com uma adaptação efetiva, os impactos nos recursos hídricos em muitas partes do mundo serão severos com mudanças climáticas associadas a elevações de temperatura de apenas 1,0 a 1,5°C²³.

Os recursos hídricos também são um problema crescente para as áreas urbanas. A falta de água potável em muitas das novas megacidades,

onde dez milhões ou mais de habitantes vivem, a maioria deles pobres, já é uma questão que causa grande preocupação. Em muitos casos, a pressão sobre o abastecimento de água é exacerbada pelas mudanças nos padrões de precipitação pluviométrica e de disponibilidade de água resultantes das mudanças climáticas. Um fluxo contínuo de pessoas para essas novas megacidades, sendo que algumas dessas pessoas estão escapando de áreas de seca nas regiões circunjacentes, aumenta ainda mais a pressão sobre o abastecimento de água.

Muitos dos efeitos mais nocivos das mudanças climáticas estão mais frequentemente associados a fenômenos extremos, fenômenos relativamente raros de alta intensidade tais como ciclones e

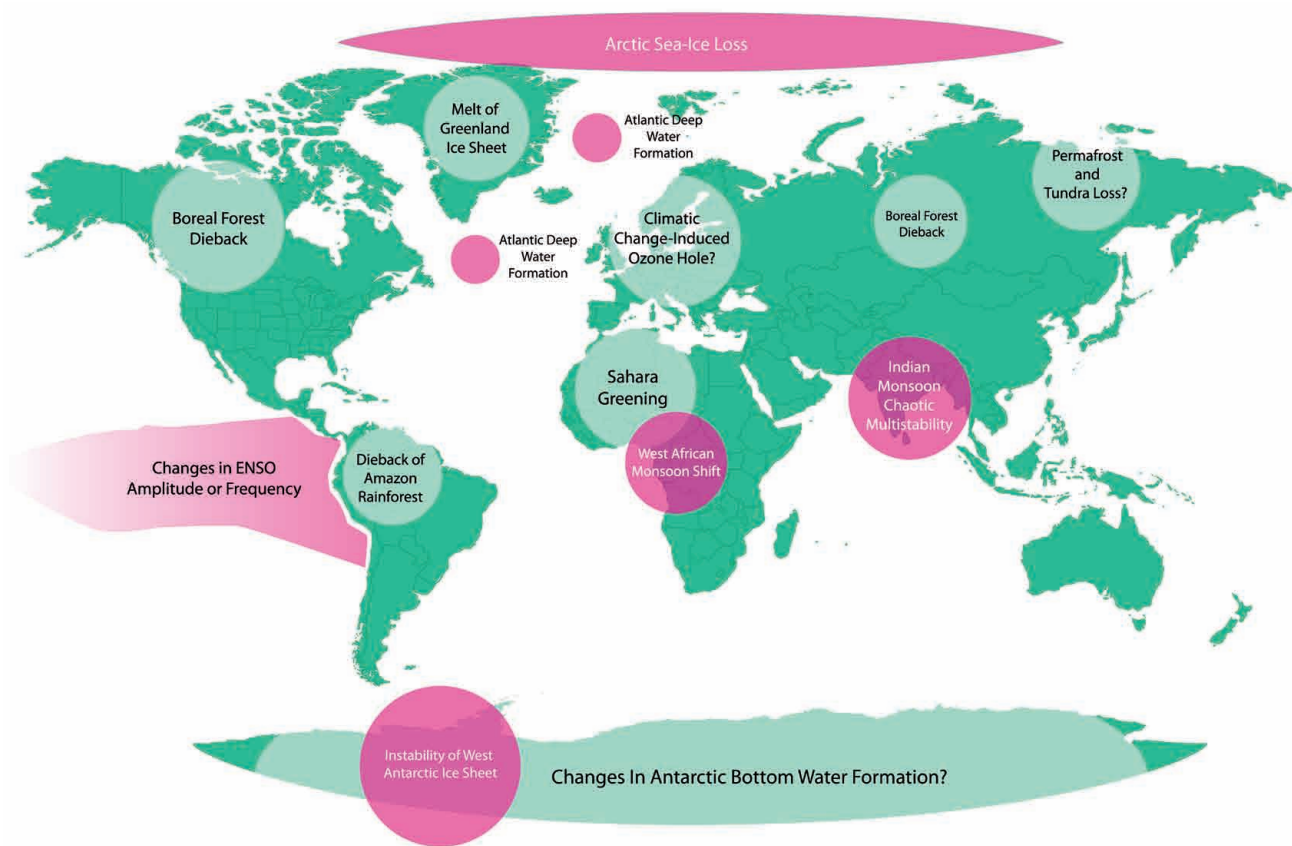


Figura 7
 Mapa de potenciais "elementos críticos" climáticos. Os elementos críticos são recursos de escala regional do clima que poderiam exibir o comportamento limiar em resposta às mudanças climáticas causadas pelo ser humano, ou seja, um pequeno aumento de mudanças climáticas num ponto crítico poderia

deflagrar uma alteração abrupta e/ou irreversível no elemento crítico. As consequências dessas mudanças no elemento crítico para as sociedades e ecossistemas serão provavelmente severas. Os pontos de interrogação indicam sistemas cujos status como elementos críticos são particularmente incertos^{27,30}.

tempestades, do que a aumentos lentos e graduais nos valores médios de parâmetros climáticos. Além disso, os fenômenos extremos podem interagir negativamente com as mudanças climáticas tornando-se ainda "mais extremos". Por exemplo, mesmo com um aumento modesto na velocidade de ventos de superfície de 5 metros por segundo em ciclones tropicais, o que pode ocorrer com uma elevação da temperatura do oceano de apenas 1°C, o número de ciclones mais intensos e destrutivos (Categoria 5) pode duplicar enquanto a incidência de ciclones menos intensos apresentaria aumentos muito menores (Figura 6). As observações do Atlântico Norte na última década, onde o número de ciclones de Categoria 5 aumentou em 300-400%, sustentam essa análise²⁴. As consequências desses fenômenos para as comunidades litorâneas em todo o mundo, de pequenos vilarejos de pescadores nos atóis do Pacífico às megacidades nos deltas de rios chineses, são potencialmente severas, particularmente quando combinadas com a elevação do nível do mar e as mudanças de fatores locais que aumentam a vulnerabilidade.

O crescente acúmulo de CO₂ na atmosfera é importante para os ecossistemas marinhos, já que aumenta a acidez do oceano (Quadro 5). Apesar dos efeitos precisos da acidificação oceânica ainda não serem claros, espera-se que esses organismos, que produzem carbonato de cálcio, sejam especialmente vulneráveis. Animais como os corais podem ser muito ameaçados, e até mesmo extintos, até o próximo século, se as concentrações atmosféricas de CO₂ continuarem a se elevar descontroladamente. Os registros geológicos indicam que a recuperação do ecossistema afetado por tais mudanças na acidez do oceano provavelmente levaria centenas de milhares, ou mesmo milhões de anos, embora uma verdadeira recuperação seja impossível porque as extinções são irreversíveis¹⁰.

As mudanças climáticas produzem consequências para a biodiversidade, de forma geral, e para os diversos serviços criados pelos seres humanos a partir de ecossistemas diversificados em bom funcionamento. A ameaça de uma catástrofe da biodiversidade paira sobre nós, se as temperaturas médias globais se elevarem acima da barreira de 2°C, se a acidificação oceânica se disseminar e se a elevação do nível do mar acelerar²⁶. Esses fatores geradores de stress relacionados ao clima irão interagir com uma extensa gama de fatores que pressionam a biodiversidade. A catástrofe se expressará sob a forma de extinção de uma fração significativa de espécies biológicas nos próximos 100 anos, redução substancial de uma grande gama de espécies e um maior risco de eventual extinção para outras, além da degradação de serviços de ecossistemas (Quadro 6). A limitação da elevação da temperatura a até 2°C e a implementação rápida de uma adaptação robusta e proativa na gestão e nas políticas de conservação podem limitar a magnitude da crise, mas não eliminá-la totalmente¹⁶ (sessão 31).

As estimativas dos impactos das mudanças climáticas nos setores críticos, tais como os recursos hídricos e a biodiversidade, e análises mais integradoras do bem-estar, como a saúde, são abordagens comuns para definir mudanças climáticas perigosas. As pesquisas mais recentes sobre os elementos críticos no Sistema da Terra fornecem outra análise das consequências potencialmente perigosas para a humanidade das mudanças climáticas não controladas²⁷. Os elementos críticos ocorrem quando uma pequena modificação numa variável importante, tal como a temperatura, causa uma mudança rápida e inesperadamente extensa em uma das características do clima, alterando suas condições ou seu padrão de comportamento.

A Acidificação do Planeta Terra

Dr. Carol Turley, CT@pml.ac.uk & Prof. Mary Scholes, Mary.Scholes@wits.ac.za

QUADRO 5

A acidificação das biosferas terrestre e oceânica do planeta Terra está ocorrendo agora e é causada por duas fontes antropogênicas muito diferentes.

A acidificação do solo é causada pelos ácidos nítrico e sulfúrico e embora sua importância tenha surgido na década de 1970, ela ainda é um problema emergente nos países em desenvolvimento. A acidificação do solo resulta em mudanças na diversidade das espécies e na produtividade primária líquida, em desequilíbrio de íons de nitrogênio inorgânico no solo e eutroficação de fluxos de água doce. Os feedbacks entre o solo e os sistemas aquáticos não são bem compreendidos ou pesquisados.

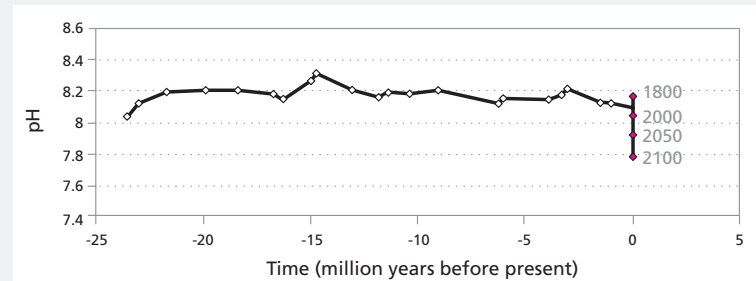
A acidificação oceânica é uma consequência direta e certa das emissões de CO₂ na atmosfera; suas consequências no oceano global só estão emergindo agora. Os oceanos já absorveram em torno de 27-34% do CO₂ produzido pela humanidade desde a revolução industrial. Apesar de a acidificação ter limitado a quantidade de CO₂ na atmosfera, isso ocorreu à custa de uma mudança dramática na química do oceano. Particularmente, no tocante às mudanças observadas no pH do oceano e nas concentrações de íons bicarbonato e carbonato, que causam grande preocupação.

As evidências indicam que a acidificação oceânica é uma séria ameaça para inúmeros organismos, e pode ter implicações para as cadeias alimentares e ecossistemas e para os serviços de muitos bilhões de dólares que eles propiciam. Por exemplo, a erosão pode provavelmente superar o crescimento de recifes de corais tropicais com uma concentração de 450-480 ppm de CO₂; já existem relatórios que evidenciam um decréscimo de 19% no crescimento na Grande Barreira de Recifes de corais.

Quando o CO₂ atmosférico alcançar a concentração de 450 ppm, grandes áreas de oceanos polares terão provavelmente se tornado corrosivos para as conchas de importantes calcificadores marinhos, um efeito que será mais forte no Ártico. A perda do peso de conchas em calcificadores

planctônicos antárticos já foi observada. O decréscimo do pH também poderia tornar os oceanos mais ruidosos na faixa audível com implicações potenciais para a vida marinha, como também para as aplicações científicas, comerciais e navais que utilizam a acústica do oceano.

A taxa de mudanças na química do oceano é muito alta (vide a figura) e mais rápida do que a do período de extinções causadas pela acidificação oceânica ocorrida anteriormente na história da Terra, a partir da qual foram necessárias centenas de milhares de anos para que os ecossistemas marinhos se recuperassem. A acidificação oceânica continuará a seguir a trajetória das emissões futuras de CO₂ na atmosfera, por isso reduções urgentes e substanciais das emissões são o único caminho para reduzir o impacto da acidificação do oceano.



A acidez do oceano (pH) nos últimos 25 milhões de anos e a projetada para 2100²⁵. Quanto menor o pH, mais ácido o oceano se tornará.

Biodiversidade e Mudanças Climáticas: Descobertas da Avaliação de Ecossistemas do Milênio

Prof. Harold Mooney, hmooney@stanford.edu & Dra. Anne Larigauderie, anne@diversitasinternational.org

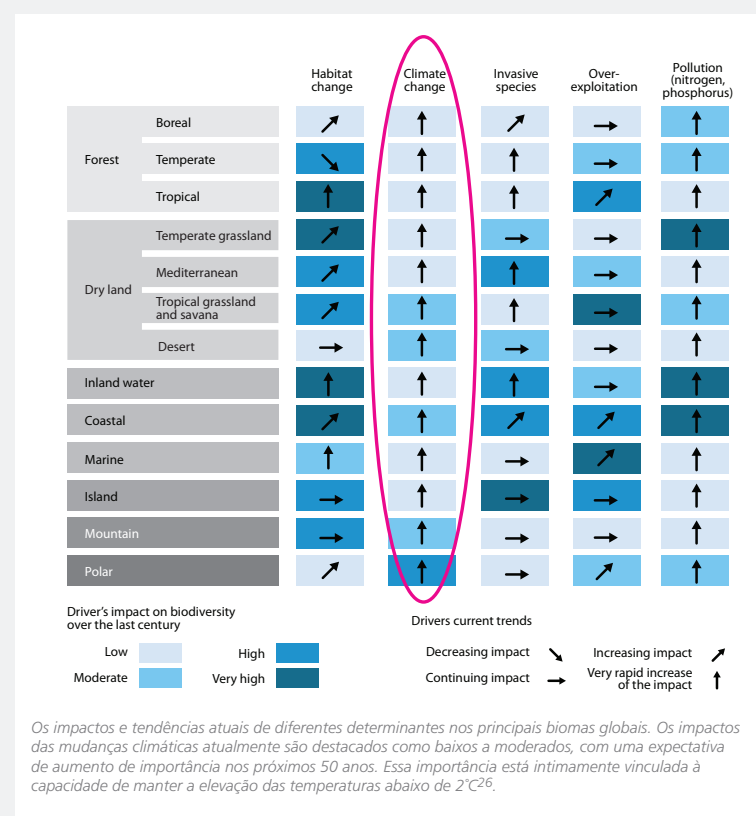
QUADRO 6

Nos últimos 50 anos, os seres humanos modificaram os ecossistemas mais rápida e extensivamente do que em qualquer outro período comparável na história da humanidade. Isso resultou em uma perda substancial e irreversível da biodiversidade na Terra. A distribuição das espécies na Terra está se tornando mais homogênea em consequência tanto da prevalência dos ecossistemas modificados quanto da proliferação de espécies exóticas invasivas. Ao mesmo tempo, os seres humanos aumentaram a taxa de extinção das espécies em torno de 1.000 vezes em relação às taxas históricas típicas do planeta como resultado do uso direto e dos impactos indiretos do uso do solo, tais como a perda de habitats e a fragmentação de paisagens. Por exemplo, cerca de 10 a 30% das espécies de mamíferos, pássaros e anfíbios estão atualmente ameaçadas de extinção. Em geral, as modificações ocorridas nos ecossistemas estão aumentando a probabilidade de mudanças não lineares, com consequências importantes para o bem-estar humano. Além das introduções e perdas de espécies, as modificações envolvem o colapso de pescados, a eutroficação e hipóxia em sistemas aquáticos, a emergência de doenças e mudanças climáticas regionais.

As mudanças realizadas nos ecossistemas contribuíram para ganhos líquidos substanciais no bem-estar humano e no desenvolvimento econômico, mas esses ganhos foram conquistados à custa da degradação crescente de muitos serviços proporcionados pelos ecossistemas. Especificamente, o aumento do número de serviços de produção (especialmente de agricultura, gado e piscicultura) ocorreu com um alto custo para outros produtos, tais como carvão e água doce, e para serviços de regulação crítica, como a regulação climática local e regional, a regulação da qualidade do ar, a regulação de desastres naturais, e de muitos valores espirituais, culturais e estéticos. A degradação dos serviços proporcionados pelos ecossistemas geralmente causa danos significativos ao bem-estar humano e representa a perda do patrimônio ou riqueza natural de um país. A não ser que esses impactos sejam considerados, eles diminuirão substancialmente os benefícios que as gerações futuras obterão dos ecossistemas.

A degradação dos serviços proporcionados pelos ecossistemas poderá crescer significativamente durante a primeira metade deste século. Além de outras causas, as contribuições diretas das mudanças climáticas incluem:

- Impactos potenciais futuros sobre a biodiversidade: Até o final do século, as mudanças climáticas e seus impactos podem ser os determinantes diretos dominantes da perda da biodiversidade e das mudanças nos serviços proporcionados pelos ecossistemas globais.
- Impacto negativo nos serviços proporcionados pelos ecossistemas: O balanço das evidências científicas sugere que haverá um impacto danoso significativo sobre os serviços proporcionados pelos ecossistemas em todo o mundo, caso a temperatura média da superfície global aumente mais de 2°C acima dos níveis pré-industriais.



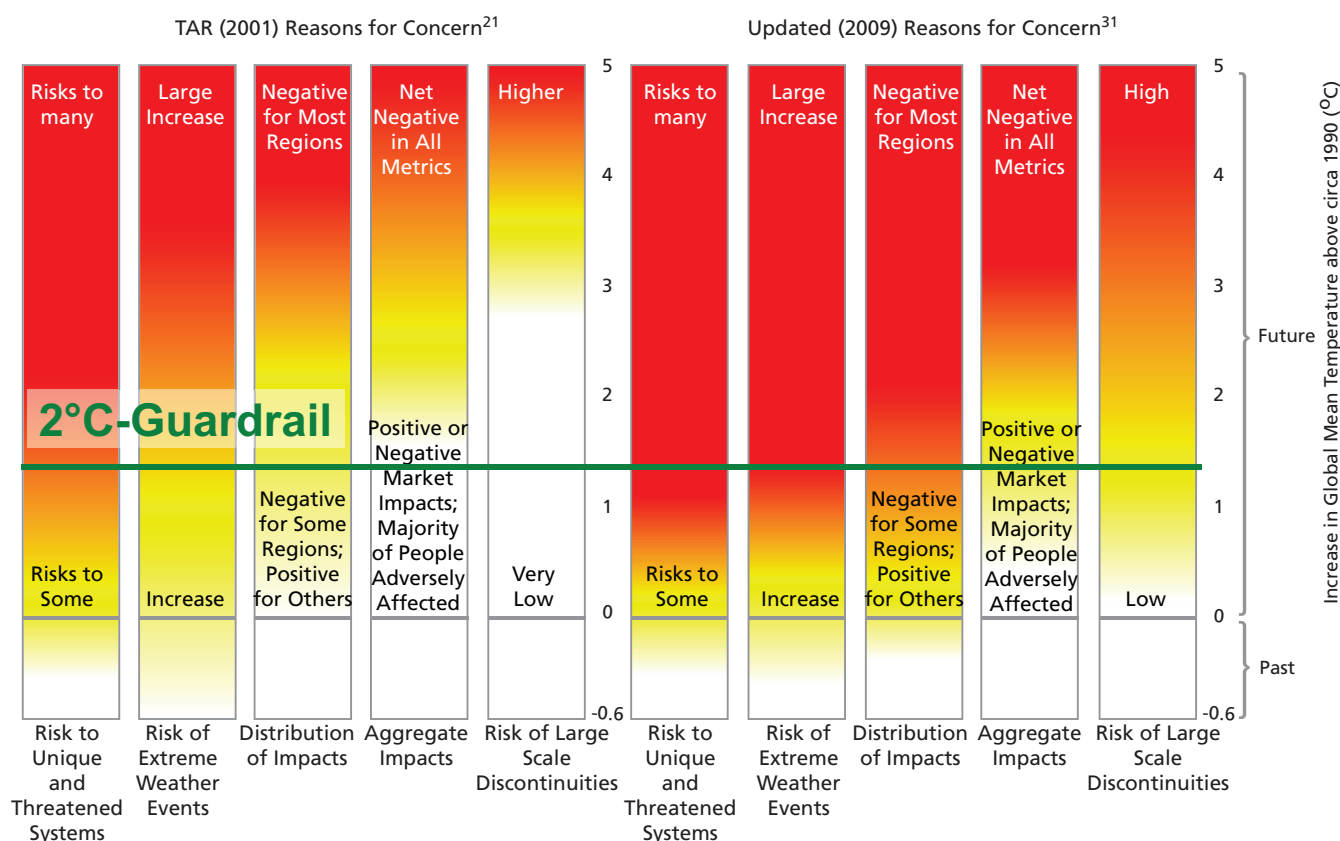


Figura 8
Diagrama relacionando os impactos potenciais das mudanças climáticas à elevação da temperatura média global. O zero na escala de temperatura corresponde aproximadamente à temperatura média de 1990 e o nível inferior da escala de temperatura corresponde à temperatura média pré-industrial. O nível de risco ou severidade dos impactos potenciais aumenta com a intensidade da cor vermelha. A barreira de 2°C é mostrada para referência.

A Figura 7 mostra a localização de vários elementos críticos, que, se acionados, acarretariam uma ruptura social para um grande número de pessoas. Os elementos críticos exibidos poderiam ser acionados neste século por mudanças climáticas causadas pelo homem e exibiriam uma mudança significativa em uma escala temporal, variando de uma década ou menos, como no caso do gelo oceânico no verão do Ártico e nas monções da Ásia, até vários séculos ou milênios, como no caso da calota polar da Groelândia. Para dois dos elementos críticos, o gelo oceânico do verão Ártico e a calota polar da Groelândia, a elevação da temperatura média global de 1-2°C possivelmente seria suficiente para ativá-los²⁷, embora outro estudo²⁸ indique que o aquecimento médio global de 3,1°C seria o ponto crítico para a calota polar da Groelândia. A magnitude do aquecimento necessária para acionar a maioria dos outros elementos críticos, contudo, não é bem conhecida, porém, mesmo um risco pequeno de seu acionamento poderia ser considerado perigoso²⁴. Não são apenas as elevações de temperatura que podem acionar os eventos críticos. Estudos recentes sugerem que a acidificação oceânica (Quadro 5) pode causar a criação de áreas no oceano com níveis reduzidos de oxigênio, “buracos no oxigênio marinho”, com consequências devastadoras para a vida marinha²⁹.

Uma das respostas humanas mais comuns às situações de stress ambiental severo, tais como a deterioração dos recursos hídricos ou do fornecimento de alimentos, é a migração para locais em que as condições de vida são melhores. A mudança abrupta de um elemento crítico, tal como as monções da Ásia para um estado substancialmente mais seco, ou a perda eventual da capacidade de armazenamento de água nas geleiras do Himalaia, levaria a uma situação de stress ambiental de proporções profundas pela redução da disponibilidade de água na planície Indo-Gangética. A possibilidade de um grande número de migrações forçadas ocasionadas por impactos climáticos severos

aumentou a preocupação de que as mudanças climáticas possam se tornar um problema grave muito em breve. (Quadro 7).

O IPCC, em 2001²¹, sintetizou os tipos de análises descritas acima, usando as melhores evidências científicas disponíveis na época, em termos de “motivos de preocupação”. A representação visual resultante dessa síntese, conhecida como “diagrama de brasa ardente”, mostra o risco crescente de vários tipos de impactos climáticos com um aumento na temperatura média global. Usando a mesma metodologia, os motivos de preocupação foram atualizados com base nas pesquisas mais recentes³¹.

Várias percepções relevantes para a definição das mudanças climáticas perigosas são óbvias a partir da comparação dos diagramas de 2001 e 2009 (Figura 8). Primeiro, os riscos dos impactos deletérios das mudanças climáticas já aparecem nos níveis mais inferiores de elevação da temperatura média global nas análises mais recentes. Em segundo lugar, a barreira de 2°C, concebida em 2001, como capaz de evitar riscos sérios para todos os cinco motivos de preocupação, é agora inadequada para evitar riscos graves a muitos ecossistemas únicos e ameaçados e para evitar grandes aumentos nos riscos associados aos fenômenos climáticos extremos. Em terceiro lugar, os riscos de descontinuidades em grande escala, como nos casos dos elementos críticos descritos acima, eram considerados muito baixos em 2001 para uma elevação de 2°C, mas agora são considerados moderados para a mesma elevação.

Em suma, embora uma elevação de 2°C na temperatura acima dos níveis pré-industriais ainda seja a barreira mais mencionada para evitar as mudanças climáticas perigosas, ela encerra riscos significativos de impactos deletérios para a sociedade e o meio ambiente.

Implicações das Mudanças Climáticas para a Segurança

Prof. Ole Wæver, ow@ifs.ku.dk

QUADRO 7

As mudanças climáticas podem criar tensões que aumentam a frequência de conflitos violentos entre as sociedades, não somente onde as principais causas são as tensões étnicas e políticas, mas também onde as cargas agregadas das variações climáticas enfraquecem a capacidade das sociedades em lidar com tensões. As mudanças nas condições de ocupação, a agricultura, a mineração, o transporte, as doenças e os desastres levam a conflitos locais devido a competições e a conflitos internacionais principalmente por meio de migrações ou mudanças no poder.

Historicamente, a principal resposta humana às variações climáticas, além da capacidade de adaptação local, foi a migração. No passado, quando as comunidades humanas eram castigadas por grandes variações climáticas comparáveis às atuais, o mundo ainda não estava dividido em estados territoriais normatizados e as mudanças climáticas ocorriam de forma muito mais lenta do que ocorrem agora. Hoje em dia, os estados geralmente resistem à migração em grande escala e isso causa um conflito entre eles^{39,40}.

Alguns pesquisadores enfatizam que a correlação entre as mudanças climáticas e os conflitos não está comprovada com dados quantitativos⁴¹; e outros afirmam que, de qualquer forma, isso seria improvável devido tanto à natureza desses conjuntos de dados quanto à materialização recente dos impactos da aceleração de variações climáticas sobre as sociedades^{42,43}. Atualmente, muitas pesquisas estão voltadas para a produção de dados mais focados na avaliação desses relacionamentos, preparando assim a sociedade para o manejo dos conflitos resultantes. Ao mesmo tempo, sobram análises não divulgadas ao público. Os serviços de inteligência e os militares dão uma importância cada vez maior às variações climáticas em seus treinamentos para futuros conflitos^{44,45}. Se as principais fontes de energia forem envolvidas nos conflitos, a cooperação política no setor de políticas públicas de clima se tornará muito mais difícil.

Se as políticas climáticas internacionais passarem a ser vistas como claramente malsucedidas, as tentativas unilaterais de lidar com situações de emergência podem levar a conflitos como, por exemplo, os do âmbito da geoengenharia. Além disso, políticas de mudanças climáticas ou a sua ausência podem se tornar objetos de conflitos internacionais ou justificar medidas dramáticas, como na famosa frase do presidente de Uganda, Yoweri Museveni, que caracterizou as mudanças climáticas como “um ato de agressão dos ricos contra os pobres”.

Geralmente, quando questões são enquadradas como problemas de segurança, líderes tem a latitude de sua autoridade expandida para justificar medidas dramáticas. É fundamental que esse “poder justificado em nome da segurança” no contexto das variações climáticas seja “canalizado” para o fortalecimento das instituições internacionais, e não para atos unilaterais de emergência^{42,43,46}.

Incluir o fator segurança na equação das mudanças climáticas introduz o risco de ampliação dos ciclos viciosos. Nas partes do mundo onde a saúde e o bem-estar são impactados mais negativamente pelas mudanças climáticas, a probabilidade de conflitos será maior e esses conflitos reduzirão ainda mais os padrões de vida. As partes mais privilegiadas do mundo provavelmente serão as primeiras a sentir os efeitos resultantes desses conflitos, tais como refugiados e doenças e, em situações de maior elevação de temperatura, elas testemunharão a reorganização de sua própria agenda de segurança em torno das variações climáticas.



Foto: John McConnico



MENSAGEM CHAVE 3

ESTRATÉGIA DE LONGO PRAZO: METAS E CRONOGRAMAS GLOBAIS

A mitigação rápida, sustentada e efetiva com base na ação global e regional coordenada é necessária para evitar as “variações climáticas perigosas”, independentemente de como ela seja definida. Metas modestas para 2020 aumentam o risco de impactos severos, inclusive o risco de ultrapassar os pontos críticos, e tornam a tarefa de alcançar as metas de 2050 mais difíceis e onerosas. Definir um preço de longo prazo para o carbono, que tenha credibilidade, e adotar políticas que promovam a eficiência energética e as tecnologias de baixas emissões de carbono são aspectos centrais para uma mitigação efetiva.

A meta de limitar o aquecimento a um aumento da temperatura média global não superior a 2°C acima dos níveis pré-industriais tem um papel fundamental nas atuais discussões sobre políticas climáticas apropriadas. Conforme descrito na seção anterior, um aquecimento de 2°C apresentaria, por si só, um risco considerável para a sociedade humana e para os ecossistemas naturais. No entanto, como a temperatura média global já aumentou cerca de 0,7°C e as emissões de gases do efeito estufa decorrentes das atividades humanas continuam aumentando (Quadro 2), o alcance de uma meta mais ambiciosa é muito difícil. Devido à inércia no sistema climático por si só, o Relatório do IPCC 2007² afirma que um aumento da temperatura global de cerca de 1,4°C acima dos níveis pré-industriais é inevitável. Há também inércia nos sistemas humanos, mas isso é mais difícil de quantificar e não se conhece a rapidez e a dramaticidade com que a sociedade poderá ou irá reduzir as emissões de gases do efeito estufa.

Que nível de reduções da emissão de gases é necessário para deter as mudanças climáticas dentro do limite inferior dos 2°C? O IPCC¹ estimou o nível de concentrações atmosféricas de gases do efeito estufa no qual a elevação da temperatura média global seria contida em várias faixas (Tabela 1). As concentrações são fornecidas como CO₂ e equivalentes de CO₂. Os equivalentes de CO₂ incluem os efeitos do aquecimento combinados do CO₂ e dos gases do efeito estufa não-CO₂ (com exceção do vapor de água) como também o efeito líquido do resfriamento de aerossóis na atmosfera. Os equivalentes do CO₂ são expressos como a quantidade equivalente de CO₂ necessária para fornecer o mesmo aquecimento líquido criado por esses outros gases e aerossóis. Aerossóis são partículas pequenas suspensas na atmosfera que refletem a radiação de entrada do sol e que, portanto, possuem um efeito de resfriamento. À medida que as normas de controle da poluição do ar se tornam mais rigorosas e a quantidade de partículas emitidas na atmosfera decorrentes das atividades humanas diminui, o efeito de resfriamento dos aerossóis na atmosfera também será diminuído.

De acordo com a análise do IPCC, a concentração atmosférica de CO₂ não deverá exceder 400 ppm de CO₂, se a elevação da temperatura global for mantida dentro da faixa de 2,0 – 2,4°C. Hoje em dia, a concentração de CO₂ está em torno de 385 ppm³³, e está aumentando

cerca de 2 ppm por ano. A concentração de todos os gases do efeito estufa no ano de 2007, tanto do CO₂ quanto de gases não-CO₂, foi de cerca de 463 ppm de equivalentes de CO₂. O ajuste dessa concentração para os efeitos do resfriamento de aerossóis resulta numa concentração de equivalentes de CO₂ de 396 ppm³⁴. Um estudo recente³⁵ estimou que uma concentração de 450 ppm de equivalentes de CO₂ (incluindo o efeito de resfriamento dos aerossóis) resultaria numa chance de 50% de limitação da elevação de temperatura a 2°C ou menos.

Assim, as concentrações de CO₂ atmosférico já estão nos níveis previstos para levar o aquecimento global para uma faixa entre 2,0 e 2,4°C (Tabela 1). Se a sociedade desejar estabilizar as concentrações dos gases do efeito estufa nesse nível, as emissões globais deverão, teoricamente, ser reduzidas em torno de 60-80% imediatamente, sendo que o montante real dependerá do montante absorvido pelo solo e pelos oceanos. Já que uma redução drástica imediata é impossível, as concentrações de gases do efeito estufa continuarão a se elevar nas próximas décadas. O aumento das concentrações atmosféricas de gases do efeito estufa necessário para limitar o aquecimento global em 2°C é inevitável. Para limitar a extensão desse aumento, as emissões devem atingir seu ponto máximo num futuro próximo. Estudos recentes^{22,36,37} sugerem que se o pico das emissões de gases do efeito estufa não ocorrer até 2020, a redução das taxas de emissão, necessária para manter uma chance razoável de permanência na barreira de 2°C, terá que exceder 5% por ano. Esse é um desafio tremendo quando comparado a um aumento médio anual de 2% de longo prazo nas emissões (Quadro 2). A conclusão das análises do IPCC e das posteriores³⁸ é simples – reduções imediatas e dramáticas na emissão de todos os gases do efeito estufa serão necessárias se a barreira de 2°C não for atingida.

Preocupações financeiras de curto prazo, restrições políticas e institucionais e ausência de consciência pública são as maiores barreiras ao início imediato de reduções ambiciosas das emissões de gases. Ainda há desacordo na comunidade econômica sobre as mudanças climáticas, se são apenas uma externalidade como outras ou se são fundamentalmente diferentes de qualquer outro problema já enfrentado pela humanidade^{38,39}. Também há um desacordo sobre como estimar os custos da mitigação quando comparado aos custos futuros da inércia e

Os Custos do Adiamento da Ação

Prof. Lord Nicholas Stern, n.stern@lse.ac.uk

QUADRO 8

O adiamento das reduções na emissão de gases pode ser potencialmente muito oneroso. Ele tem como consequências:

- Mais emissões que levam a elevações de temperatura mais rápidas e maiores e, portanto, a maiores impactos e custos de adaptação.
- Permanência da infraestrutura de altas emissões de carbono e demora no desenvolvimento tecnológico "limpo".
- Cortes mais drásticos nas emissões serão necessários posteriormente.

Emissões maiores no curto prazo nos levam a mudanças climáticas maiores, demandando gastos mais elevados com os impactos climáticos e mais investimentos de adaptação. Além disso, elas levam a níveis mais altos de aceleração das mudanças climáticas, apresentando desafios maiores para a adaptação. Há um risco maior de ultrapassar os pontos de inflexão e, se for indicado por novas evidências, problemas para o alcance de metas mais ambiciosas.

As diferentes trajetórias de emissões de gases terão impactos e implicações diversas na adaptação, e também apresentarão custos de mitigação diferenciados. Reduções drásticas de

emissões significariam uma interrupção prematura na reserva de capital produtivo (investimentos físicos como carros e centrais elétricas) e são potencialmente onerosas. Elas elevam os custos de novos investimentos tanto através do uso prematuro de tecnologias em desenvolvimento ou através da interrupção prematura do uso de tecnologias mais antigas, particularmente nos setores de capital intensivo com investimentos de longa duração, como geração de energia, em que as usinas devem durar de 40 a 50 anos.

Embora a implementação de tecnologias antes do seu amadurecimento acarrete custos mais altos, essas tecnologias não amadurecerão sem investimentos apropriados e sinais claros das políticas. O desenvolvimento de novas tecnologias diminui os custos de futuras reduções de emissões de gases. A redução de emissão de gases no futuro depende de inovações tecnológicas custo-efetivas de baixa emissão, especialmente em setores cuja descarbonização seria muito dispendiosa atualmente, como a aviação e a agricultura. Para um determinado nível de emissões, quanto maior a demora na implementação de soluções de emissões de baixo custo, tais como as de eficiência energética e desflorestamento, maiores serão as reduções necessárias naqueles setores de alto custo. Enquanto há riscos dos dois lados, a evidência disponível sugere que é o custo de se fazer muito pouco que é mais alto na maioria das propostas atuais³⁹.



Foto: John McConnico

Temperature rise	CO ₂	CO ₂ -eq.	Year of peak emissions	% change in global emissions
Global average temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity	CO ₂ concentration at stabilisation (2005 = 379 ppm)	CO ₂ -eq. concentration at stabilisation including GHGs and aerosols (2005 = 375 ppm)	Peaking year for CO ₂ emissions	Change in CO ₂ emissions in 2050 (percent of 2000 emissions)
°C	ppm	ppm	year	percent
2.0 - 2.4	350 - 400	445 - 490	2000 - 2015	-85 to -50
2.4 - 2.8	400 - 440	490 - 535	2000 - 2020	-60 to -30
2.8 - 3.2	440 - 485	535 - 590	2010 - 2030	-30 to +5
3.2 - 4.0	485 - 570	590 - 710	2020 - 2060	+10 to +60
4.0 - 4.9	570 - 660	710 - 855	2050 - 2080	+25 to +85
4.9 - 6.1	660 - 790	855 - 1130	2060 - 2090	+90 to +140

Tabela 1
 Características de várias trajetórias de emissões para alcançar a estabilização de concentrações atmosféricas de gases do efeito estufa, em CO₂ e CO₂-eq. O aumento da temperatura média global de equilíbrio acima dos níveis pré-industriais é fornecido para cada alvo de estabilização. Somente o primeiro cenário, mostrado na primeira linha, tem a possibilidade de atingir a barreira dos 2°C. Observe que as atuais concentrações atmosféricas de gases do efeito estufa são de cerca de 385 ppm CO₂ e 396 ppm CO₂-eq (incluindo o efeito de resfriamento dos aerossóis).
 Modificado de¹ (Tabela 5.1, p. 67).



sobre como avaliar os riscos das mudanças climáticas. No entanto, um número crescente de análises indica que tanto os custos de adaptação quanto os de mitigação das mudanças climáticas aumentarão se a ação para combatê-las for postergada¹⁶ (sessões 32 & 52), (Quadro 8). Em geral, os analistas econômicos concordam que a incerteza sobre a extensão das mudanças climáticas no futuro não é um motivo racional para adiar programas para limitar emissões. Estruturas econômicas e interesses, todavia, podem muitas vezes impedir ações efetivas de política climática.

Embora possa ser politicamente difícil, uma etapa fundamental para frear as emissões é fazer com que as empresas e consumidores encarem o preço apropriado da emissão de gases do efeito estufa^{38,39}. A determinação de preços das emissões pode ser realizada por metas e comércio de emissões, por meio de impostos harmonizados e tarifas sobre as emissões, ou por meio de uma combinação dessas abordagens. De qualquer forma, outras políticas e programas para tratar de externalidades adicionais e de falhas no mercado provavelmente serão necessários. (Quadro 9). Para que metas de mitigação ambiciosas sejam alcançadas, os programas de redução de emissões e a determinação de preços do carbono devem ser implementados o mais rápido possível e no contexto de políticas públicas estáveis. Tal ação enviará sinais aos investidores, consumidores e inovadores sobre o futuro do mercado e incentivará investimentos, enquanto reduz o custo de adesão à determinada meta de mitigação. Em consonância com a determinação de preços de carbono, a adoção de políticas e de exigências regulatórias que promovam a eficiência energética, como por exemplo, o estabelecimento de padrões de energia para equipamentos, habitação e transporte^{32,48,49} – e a ampla absorção das tecnologias de baixas emissões de carbono também são importantes para a mitigação rápida e efetiva⁵⁰.

Sem a cooperação global, a proteção ambiciosa do clima será praticamente impossível. Para alcançar metas de mitigação ambiciosas, é importante alcançar o mais rápido possível uma participação extensa de todos os grandes países envolvidos em ações de mitigação abrangente^{16,51,52,53} (sessões 32 & 52). Contudo, a atual crise econômica global sugere que não seria prudente criar um sistema global altamente conectado e complexo no qual o colapso de um único elemento no sistema levaria ao colapso do todo¹⁶ (sessão 23). No entanto, um plano de ação global, compromissos globais e uma estrutura global são pré-requisitos necessários para estabelecer um nível apropriado de coordenação de medidas em todas as escalas, incluindo as escalas local, regional e nacional¹⁶ (sessão 58).

Além das restrições econômicas e políticas da redução das concentrações de gases do efeito estufa, os obstáculos técnicos também são importantes. A estabilização de concentrações atmosféricas em qualquer nível exigirá a redução de emissões para níveis próximos ao zero a longo prazo⁵⁴. Alguns dos caminhos projetados que fornecem uma chance razoável de permanência dentro dos limites da barreira de 2°C (Figura 9) sugere que a sociedade global pode precisar desenvolver a capacidade de remover o carbono da atmosfera⁵⁵. Embora algumas tecnologias promissoras,

como por exemplo, a Captação e Armazenagem de Carbono (CCS) estejam em desenvolvimento⁵⁶, elas ainda estão um pouco distante de serem comercializadas em larga escala¹⁶ (sessão 17).

Devido à enormidade do desafio da mitigação, uma atenção crescente tem sido dada a portfólios de mitigação agressiva e a sua implementação prática. As análises variam desde o potencial das medidas de eficiência energética¹⁶ (sessão 20) e de inovação técnica em sistemas de energia renovável⁵⁷ até as avaliações integradas de viabilidade técnica e econômica das trajetórias de emissão para estabilizar as concentrações de gases do efeito estufa em 400, 450 e 550 ppm de equivalentes de CO₂, respectivamente (Figura 9). Com a meta de 400 ppm para os equivalentes de CO₂, que é quase a mesma das concentrações atuais, estima-se que haverá uma chance de 75% de confinamento do aquecimento global num valor inferior a 2°C^{22,35}. Modelo econômico-energético-ambientais sugerem que uma opção de baixas emissões de carbono é viável com custos moderados se o conjunto completo de tecnologias for desenvolvido e empregado, inclusive com o uso da biomassa em larga escala e das opções de captura e armazenamento de CO₂¹⁶ (sessão 27),⁶⁰.

Outros argumentam que o desafio da mitigação pode ser muito maior do que o previsto atualmente e que as estratégias de inovação requeridas podem colidir com as barreiras técnicas, sociais e ecológicas. Este argumento sugere a geoengenharia, na qual a humanidade deliberadamente manipularia processos climáticos em escala global para alcançar o resfriamento planetário, como opção potencial além das estratégias de mitigação⁶¹. A aceitação social das abordagens da geoengenharia, contudo, ainda tem que ser demonstrada⁶².

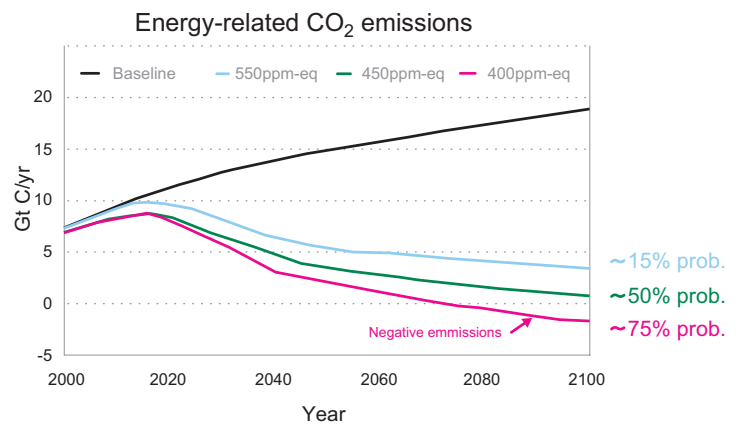


Figura 9
Trajetórias de emissões relacionadas à energia de 2000 a 2100 para alcançar a estabilização dos gases do efeito estufa na atmosfera em três diferentes metas (linhas coloridas). A linha preta é uma trajetória de referência baseada na ausência de política de clima. Probabilidades (mediana) estimadas de limitação do aquecimento global para no máximo 2°C são indicadas para as três metas de estabilização^{35,58,63}.

Ferramentas Econômicas para Enfrentar o Desafio da Mitigação

QUADRO 9

Dr. Frank Jotzo, frank.jotzo@anu.edu.au

A determinação de preços das emissões de gases é a principal ferramenta econômica de controle das emissões de gases do efeito estufa. Os dois principais instrumentos de determinação de preços são o imposto sobre o carbono (determinação do preço), e o comércio de direitos de emissões (determinação da quantidade, 'limitar e negociar'), com esquemas híbridos que também são possíveis. A maioria dos esquemas planejados ou em utilização usa, às vezes, o comércio de direito de emissões com elementos de controle de preços. Os impostos e o comércio atuam de modo diferente sob incerteza e os debates sobre a melhor abordagem continuam entre os economistas, mas o princípio fundamental é o mesmo: uma penalidade financeira sobre a emissão de gases do efeito estufa é imposta e transmitida pelos mercados, criando um incentivo ao corte das emissões. As empresas e os consumidores migram para processos ou produtos de baixa emissão porque essa ação aumenta suas economias. A resposta geralmente é custo-efetiva porque as opções de custo mais baixo são usadas em primeiro lugar.

Os subsídios para tecnologias de baixas emissões de carbono são outra ferramenta crítica para solucionar as externalidades e falhas do mercado que podem persistir durante o processo de determinação de preços de emissões. Os exemplos incluem transbordamentos (spillovers) de

pesquisa e desenvolvimento (P&D), restrições do crédito para investimento e incentivos desalinhados para usuários finais. Em muitos países, pacotes de estímulo fiscal para enfrentar os efeitos da recessão da Crise Financeira Global incluem o investimento público em tecnologia e infraestrutura de baixas emissões de carbono. As abordagens regulatórias específicas do setor também são parte de um conjunto de recursos econômicos para a proteção do clima como, por exemplo, a norma para que os serviços públicos adquiram uma fração mínima de eletricidade fornecida por fontes de energia renovável. Os dispositivos regulatórios também podem incluir mecanismos de mercado, como o comércio de cotas renováveis entre os serviços públicos.

As considerações centrais na escolha e na concepção de políticas econômicas para a mitigação de gases do efeito estufa são a custo-efetividade e a sustentabilidade política. A chave é criar sinais de preços estáveis e expectativas de elevações do preço do carbono no longo prazo, para sustentar investimentos de longa duração nas medidas de mitigação; e implementar as políticas amplamente em todos os setores e países para maximizar os incentivos para reduzir emissões e minimizar os custos econômicos agregados.



MENSAGEM CHAVE 4

DIMENSÕES DE EQUIDADE

As mudanças climáticas estão apresentando e apresentarão efeitos fortemente diferenciados sobre as pessoas nos diversos países e regiões, nesta geração e nas futuras e sobre as sociedades humanas e o mundo natural. Uma efetiva rede de segurança de adaptação com financiamento adequado é necessária para aqueles menos capazes de lidar com os impactos das mudanças climáticas, e também são necessárias estratégias de mitigação equitativa para proteger os pobres e os mais vulneráveis. O enfrentamento das mudanças climáticas deve ser visto como parte integrante de metas mais abrangentes de aumento do desenvolvimento socioeconômico e da equidade no mundo.

Considerações sobre equidade são visíveis nas origens e consequências das mudanças climáticas e especialmente importantes nas soluções de desenvolvimento para as mudanças climáticas. O clima não está mudando uniformemente no mundo inteiro. A temperatura está subindo mais rápido próximo dos pólos do que no equador, a quantidade de chuvas está mudando de maneira complexa no sentido de que algumas regiões estão se tornando mais úmidas enquanto outras estão se tornando mais secas, e fenômenos extremos estão se tornando mais frequentes em determinados locais do que em outros. Iniquidades também são visíveis nas dimensões humanas das mudanças climáticas. De modo geral, os países desenvolvidos são os mais responsáveis pelas mudanças climáticas até agora, enquanto os países em desenvolvimento sofrem a maioria dos impactos. Por exemplo, os impactos das mudanças climáticas na saúde são profundamente desiguais; os pobres, os marginalizados, as pessoas sem escolaridade e os geograficamente vulneráveis correm mais riscos de efeitos negativos à saúde e morte¹⁶ (sessão 14). Em geral, os pobres têm menos capacidade de se adaptar às mudanças climáticas. Qualquer solução duradoura e amplamente aceita para enfrentar o desafio das mudanças climáticas deve reconhecer e levar essas dimensões de equidade em conta nas negociações e acordos.

A vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas varia amplamente no mundo inteiro de acordo com questões de ética e de justiça, configurando-se como fatores chave nas abordagens da adaptação. As discussões sobre as desigualdades em torno da adaptação frequentemente envolvem interação do processo de adaptação com pobreza a nível nacional, com os desequilíbrios regionais em termos de capacidade de adaptação, com a adaptação em contextos de colonialismo histórico, com a responsabilidade de financiar a adaptação e com a ética de impor a carga da adaptação sobre um mundo já desigual¹⁶ (sessões 10 & 11). Foram propostos vários modelos para resolver essas questões de equidade, geralmente orientados em torno do conceito de uma rede de segurança de adaptação com financiamento adequado para os mais vulneráveis (Quadro 10).

As análises globais das regiões com problemas de escassez de água e vulnerabilidade de sistemas agrícolas e alimentares podem identificar as pessoas e os lugares mais vulneráveis à escassez de alimentos (Figura 10), ajudando a direcionar recursos e conhecimento especializado no sentido de reduzir essas vulnerabilidades. Até hoje, tem havido surpreendentemente pouca pesquisa focando a manutenção ou o

aumento da produtividade dos sistemas alimentares sob mudanças climáticas ou sobre a vulnerabilidade às mudanças climáticas de outros aspectos dos sistemas alimentares, como redes de distribuição e qualidade dos alimentos. A falta deste foco nas pesquisas é um problema comum em muitas regiões em desenvolvimento do mundo onde as pressões pela sobrevivência no futuro próximo têm precedência sobre a adaptação de longo prazo às mudanças climáticas. No entanto, à medida que aumenta a importância dos impactos das mudanças climáticas, serão necessários recursos adicionais tanto para a pesquisa quanto para a ação de redução da vulnerabilidade das regiões do mundo pobres em recursos alimentares^{64,65}.

As questões de equidade têm dimensões temporais e espaciais. Tem havido muita discussão em torno das obrigações da geração atual em relação às futuras gerações e, embora haja um debate vigoroso sobre muitos aspectos da equidade entre gerações, surgiram acordos em algumas áreas. Em primeiro lugar, as abordagens econômicas padrão que empregam uma análise do custo-benefício e descontos não refletem a diversidade das perspectivas sobre as obrigações com as futuras gerações. Em segundo lugar, mesmo diferentes perspectivas filosóficas levam à mesma conclusão – manter uma abordagem tradicional para as mudanças climáticas é injusto com as futuras gerações, que têm o direito fundamental a um ambiente onde possam viver. Em resumo, a geração atual está gerenciando o capital natural da Terra de maneira que uma dívida ambiental substancial seja paga pelas próximas gerações¹⁶ (sessão 12).

A catástrofe ambiental que avança levanta não apenas preocupações com relação ao fornecimento dos serviços de ecossistemas para os seres humanos²⁶, mas também questões éticas no que se refere ao relacionamento entre a humanidade e o resto da natureza. Embora a sociedade contemporânea geralmente veja o mundo natural como um vasto conjunto de recursos a serem explorados, os valores recreativos e espirituais da natureza continuam sendo importantes para muitos. Consequentemente, a potencial extinção de espécies carismáticas, como os pinguins imperadores, ou de ecossistemas icônicos, como os recifes de corais ou as florestas tropicais, como consequência das mudanças climáticas é considerada inaceitável por muita gente. As perspectivas éticas biocêntricas e ecocêntricas conferem status moral sobre plantas, animais e ecossistemas, e, portanto, as extinções causadas pelas mudanças climáticas são consideradas questão de injustiça quando se

Financiamento para a Adaptação

Prof. J. Timmons Roberts, jtrobe@wm.edu e Prof. Coleen Vogel, Coleen.Vogel@wits.ac.za

QUADRO 10

Os mais pobres são geralmente os mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, mas são os que têm menos responsabilidade por esses impactos. A UNFCCC e o Protocolo de Kyoto afirmaram que parte substancial do financiamento deve fluir daqueles com "capacidade" para enfrentar e gerenciar as mudanças climáticas para aqueles que não têm essa capacidade. Concordar com esse princípio foi a parte fácil, um pacto global, contudo, deve resolver uma série de questões cruciais. Qual é o montante necessário para financiar adaptação e como obtemos e calculamos esses custos, tanto para curto quanto para longo prazo? Quem deve pagar pela adaptação e quanto cada país deve pagar? Como os pagamentos adequados podem ser levantados de modo confiável e justo? Como os fundos internacionais para adaptação podem ser distribuídos de forma justa e serem efetivamente utilizados?

As estimativas do montante de recursos financeiros necessários para que as nações em desenvolvimento se adaptem aos prováveis impactos das mudanças climáticas variam atualmente de oito a mais de cem bilhões de dólares ao ano, mas está claro que pode ser necessário mobilizar dezenas de bilhões de dólares anualmente, a partir de agora. Os atuais fundos voluntários são nitidamente inadequados. Como na maioria dos desastres, apesar de esforços significativos, boa parte das perdas causadas pelos impactos e desastres nunca é reparada ou recompensada. O Princípio do Poluidor Pagador, contudo, sugere que aqueles que criaram a necessidade de adaptar devem pagar por ela. É essencial que esses pagamentos sejam considerados restituição obrigatória pelos danos causados, e não tratados como pagamento opcional ou caridade.

A UNFCCC especifica que a ação sobre as mudanças climáticas deve estar baseada em responsabilidade e capacidade. As abordagens mais promissoras utilizam receitas geradas nas nações mais ricas para impulsionar suas reduções de emissões (por meio de impostos de carbono ou receitas geradas pelo leilão de autorizações) para atender às necessidades de



Foto: John McConico

adaptação das nações mais pobres. As arrecadações internacionais do comércio ou transporte de carbono apresentam vantagens sobre os fundos levantados por meio de impostos nacionais, que correm o risco de serem desviados por políticos sob pressão para solucionar outras prioridades nacionais e locais. Por fim, especial atenção deve ser dada à distribuição justa e efetiva dos fundos de adaptação: processos participativos, transparência na distribuição e avaliação independente de seu uso serão necessários para manter um alto grau de confiança.

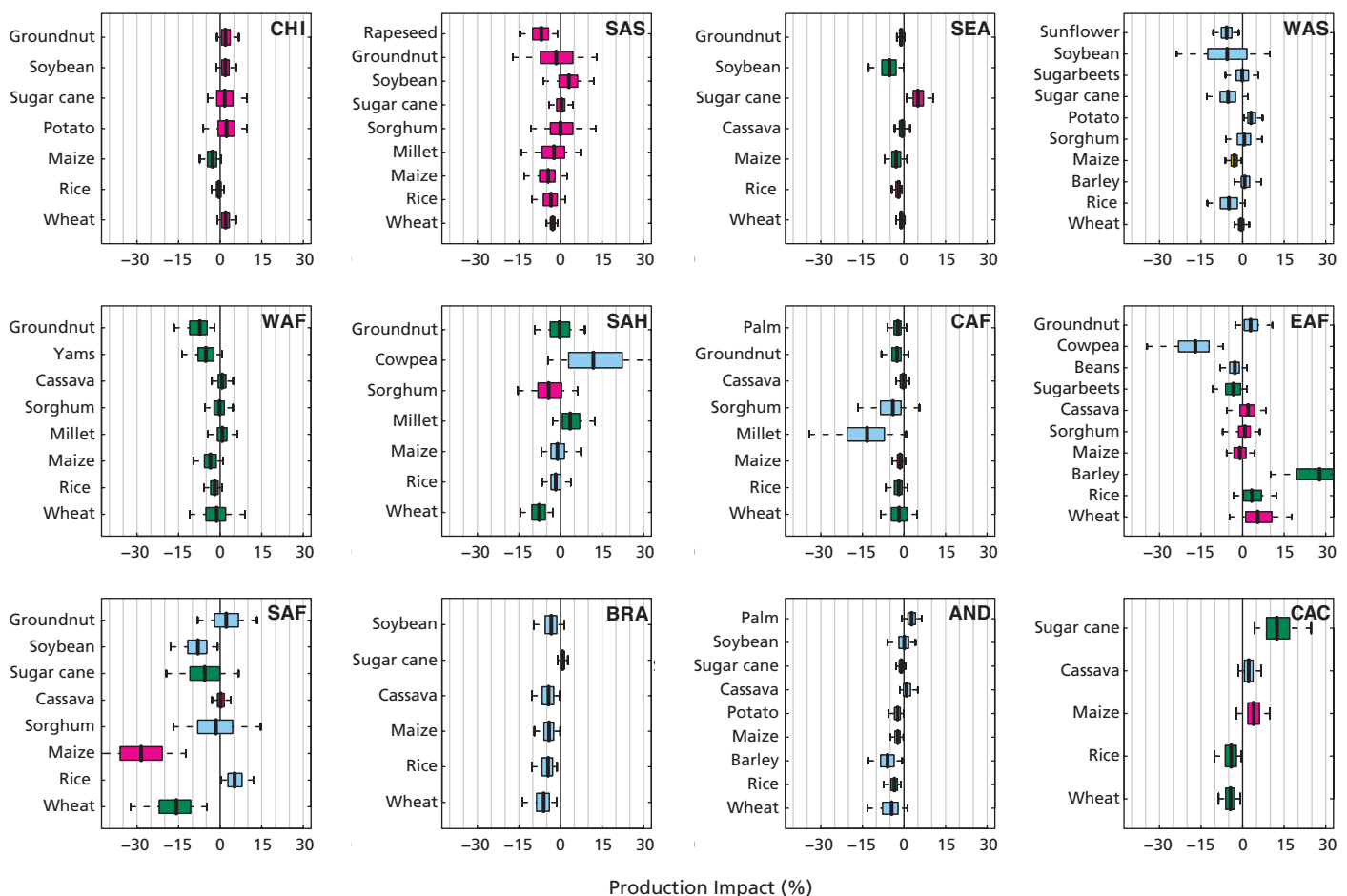


Figura 10
Projeções dos impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola em 2030, expressos como mudança percentual em relação às safras médias de 1998-2002. As cores rosa, verde e azul indicam uma "classificação de importância da fome" de 1 a 30 (mais importante), 31 a 60 e 61-94 (menos importante), respectivamente. As linhas tracejadas estendem-se do 5º ao 95º percentil de projeções, as caixas se

estendem do 25º ao 75º percentil, e a linha vertical do meio dentro de cada caixa indica a mediana das projeções. Os códigos das regiões são: CHI – China; SAS – Sul da Ásia; SEA – Sudeste da Ásia; WAS – Ásia Ocidental; WAF – África Ocidental; SAH Sahel; CAF – África Central; EAF – África Oriental; SAF – Sul da África; BRA – Brasil; AND – Região Andina; CAC – América Central e Caribe⁶⁴.

leva em conta a equidade entre a humanidade e o resto da natureza¹⁶ (sessão 13).

As questões de equidade também são visíveis na mitigação das mudanças climáticas, e invariavelmente surgem discussões sobre as diferentes responsabilidades pelas reduções de emissões entre os países. A base científica do dilema da equidade no que concerne à mitigação é o problema que é conhecido como problema de estoques e fluxos¹⁸. O clima responde ao montante de gases do efeito estufa na atmosfera – os estoques. Uma vez que o CO₂ e alguns outros gases do efeito estufa na atmosfera têm vida útil longa, os capitais são dominados pelas emissões históricas dos países desenvolvidos. Assim, o nível das mudanças climáticas experimentadas em 2009 é predominantemente causado pelas emissões históricas dos países ricos (Figura 11). Todavia, as origens das emissões humanas de gases do efeito estufa na atmosfera estão se modificando rapidamente. A taxa de aumento nas emissões agora é dominada pelos países em desenvolvimento e pelas grandes economias da Ásia, em particular, que tornaram-se emissoras significativas de CO₂ na atmosfera, em termos de fluxos anuais. Contudo, em termos de média per capita, os países desenvolvidos ainda dominam as emissões e continuarão a fazê-lo no futuro próximo.

No mundo de 2050, com 9 bilhões de habitantes, para atender às metas de redução de emissões, a fim de evitar mudanças climáticas perigosas (Mensagem Chave 2), as emissões per capita precisarão estar em torno de 2 toneladas ou menos de dióxido de carbono por ano. Conforme observado, atualmente, as emissões per capita variam imensamente de país para país – por exemplo, nos Estados Unidos, elas estão acima das 20 toneladas, nos países Nórdicos, em torno de 11 toneladas e na China, abaixo das 4 toneladas⁶⁶. Converter a média per capita em direito legal vinculante de emissões por pessoa no mundo é uma questão complexa, que envolve problemas de responsabilidade histórica (Figura 11) como

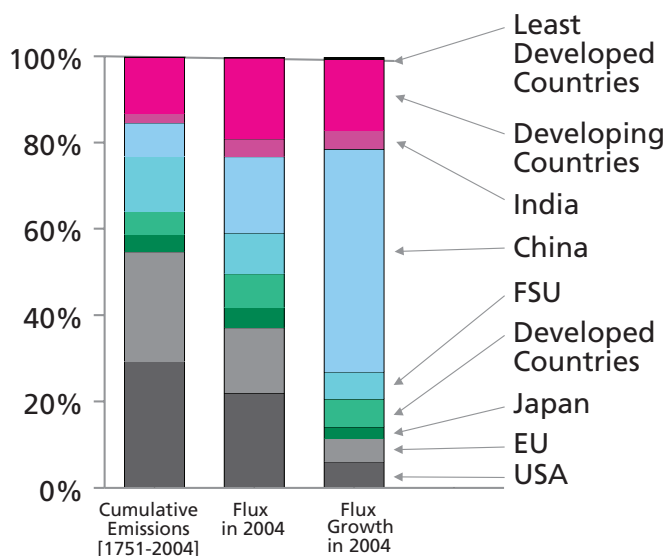


Figura 11
Vários aspectos das emissões humanas de carbono por país/região, destacando o problema que é conhecido como problema de estoques e fluxos. A primeira coluna mostra as emissões acumuladas do início da revolução industrial até 2004. São esses estoques de carbono na atmosfera que estão causando em grande parte as mudanças climáticas observadas. A segunda coluna mostra a taxa de fluxo das emissões de carbono humano na atmosfera em 2004. A terceira coluna mostra a taxa anual em 2004 mediante a qual os fluxos de carbono na atmosfera estão crescendo¹⁸. FSU é a ex-União Soviética.

também o tempo necessário para eliminar as diferenças atuais entre os países.

As abordagens de mitigação no contexto nacional também são repletas de desafios de equidade. Elas invariavelmente se cruzam com iniquidades estruturais de maneira complexa e comumente trazem desvantagens para as subpopulações mais fracas política e economicamente. As políticas energéticas para limitar as emissões devem estar atentas a padrões específicos de consumo de energia que variam com as residências e pessoas em termos de renda, localização urbana ou rural, gênero e idade. Lidar com esses desafios requer maior participação e consideração de todos os grupos sociais na concepção e implementação de políticas¹⁶ (sessão 10).



Figura 12
Células fotovoltaicas em pequena escala (sistema médio – 18 watts) como usadas no Quênia. A taxa de absorção dessa tecnologia é mais alta no Quênia do que em qualquer outro país do mundo⁵⁷.

O desenvolvimento, a implantação e a difusão de tecnologias de baixas emissões de carbono ou sem carbono são aspectos importantes dos esforços de mitigação que também se cruzam fortemente com problemas de equidade, especialmente na interação de país desenvolvido com países em desenvolvimento. Existe o argumento de que a introdução de uma combinação de diferentes fontes de energia de combustível não-fóssil para reduzir as emissões poderia desacelerar esforços de redução da pobreza no mundo menos desenvolvido devido a sua grande demanda de investimentos¹⁶ (sessão 21), embora ela possa ter o efeito contrário quando projetada e implementada apropriadamente. Alguns princípios fundamentais da introdução de fontes de energia

baseadas em combustível não-fóssil são: (i) planejar explicitamente a disseminação e a difusão para os países em desenvolvimento, quando projetos de demonstração forem realizados num país desenvolvido; (ii) planejar especificamente co-benefícios para outros aspectos do desenvolvimento socioeconômico e incluir incentivos explícitos para dar suporte a sistemas de energia de baixas emissões de carbono; e as (iii) tecnologias não tem que ser as mais avançadas e onerosas para serem efetivas no mundo em desenvolvimento¹⁶ (sessões 21 & 27). Um exemplo do último princípio é a difusão rápida da tecnologia de célula solar de baixo custo e baixa manutenção no Quênia⁵⁷ (Figura 12).

O uso de sistemas biológicos para armazenar carbono e reduzir as emissões é uma abordagem potencial de mitigação para a qual as considerações de equidade são complexas e controversas. As mudanças na cobertura florestal de terrenos são responsáveis por cerca de 15% das emissões globais de gases do efeito estufa¹. As abordagens para reduzir as emissões derivadas do desflorestamento e degradação florestal estão ganhando apoio como estratégia de mitigação potencialmente eficaz e eficiente (Mensagem Chave 5), mas permanecem os desafios para garantir que essas estratégias sejam igualitárias, especialmente quanto à necessidade de proteger os direitos e subsistência das populações dependentes da floresta. Para alcançar aceitação ampla, esses projetos devem evitar erros e se basear no sucesso de tentativas anteriores para controlar o desflorestamento, o que significa que as

ferramentas de políticas precisam se voltar para os reais responsáveis pelo desflorestamento. Geralmente, esses são intersetoriais e estão fora do setor florestal tradicional. Além disso, as abordagens de proteção da floresta precisam acomodar diversas situações locais, tanto na economia política quanto na ecologia¹⁶ (sessão 25).

Outras abordagens de mitigação baseadas na biologia incluem o desenvolvimento e uso de biocombustíveis. Essas, entretanto, também envolvem considerações de equidade. A elevação no preço dos alimentos em 2008, que foi atribuída, pelo menos em parte, à competição pela terra com os biocombustíveis, destacou o conflito potencial movido pela demanda dos países ricos por combustíveis líquidos e pela necessidade de segurança alimentar dos países em desenvolvimento. A segunda geração de sistemas de biocombustíveis foi projetada para eliminar esse conflito potencial usando matérias-primas não alimentares e terras impróprias para a produção de alimentos¹⁶ (sessão 18).

As questões de equidade permeiam praticamente todos os aspectos do desafio das mudanças climáticas. Em muitas partes do mundo, as tentativas de separar ou compartimentalizar a redução de emissões e as atividades de adaptação das metas mais amplas do desenvolvimento socioeconômico estão destinadas ao insucesso. O duplo desafio do século 21 – evitar mudanças climáticas perigosas e diminuir a pobreza – devem e podem ser enfrentados conjuntamente^{67,68}.

MENSAGEM CHAVE 5

A INAÇÃO É IMPERDOÁVEL

A sociedade já tem muitas ferramentas e abordagens – econômicas, tecnológicas, comportamentais e gerenciais – para lidar efetivamente com o desafio das mudanças climáticas. Se essas ferramentas não forem implementadas com rigor e de modo abrangente, a adaptação às inevitáveis mudanças climáticas e a transformação social necessárias para descarbonizar as economias não serão alcançadas. Uma grande variedade de benefícios decorrerá de esforços concertados para alcançar adaptação e mitigação rápidas e eficientes. Entre os benefícios estão o aumento de empregos no setor energético sustentável; as reduções de custos de saúde, sociais, econômicos e ambientais das mudanças climáticas; e a reparação de ecossistemas e revitalização dos serviços de ecossistemas.

Qualquer resposta social às mudanças climáticas causadas pelos seres humanos deve ser uma combinação de **mitigação**, em virtude da qual são tomadas medidas ativas para reduzir ou mudar as atividades praticadas pelos seres humanos que estão provocando as mudanças climáticas, e **adaptação**, por meio da qual a sociedade aumenta sua capacidade de lidar com os impactos das mudanças climáticas na medida do possível. A mitigação e a adaptação estão intimamente relacionadas às estratégias de respostas. Adaptação é essencial, pois mesmo um esforço massivo de mitigação iniciado hoje seria incapaz de eliminar os impactos das mudanças climáticas que já estão ocorrendo e aqueles com os quais a sociedade está comprometida no futuro devido à inércia em relação ao clima. Por outro lado, se nenhuma mitigação for iniciada e deixarmos que as mudanças climáticas causadas pelos seres humanos continuem aumentando, o risco de impactos mais perigosos ou catastróficos associados ao aquecimento global de vários graus é grande (Mensagem Chave 2). Mesmo a mais rica das sociedades, com as atividades voltadas à adaptação mais bem dotada de recursos, provavelmente não seria capaz de se adaptar completamente a esses níveis de mudanças climáticas. Essa simples realidade revela que políticas climáticas eficazes devem combinar tanto medidas de adaptação quanto atividades de mitigação.

Uma redução das emissões humanas de gases do efeito estufa até o nível necessário para ficar dentro da barreira de 2°C não acontecerá a menos que um percentual muito maior de demandas de energia social seja atendido por fontes de combustível não-fóssil. Desenvolver uma economia menos dependente de combustíveis fósseis é o que se denomina “descarbonizar a economia”. Muitas tecnologias de energia renovável que podem contribuir para descarbonizar a economia global têm sido desenvolvidas nos últimos anos (Quadro 11). Embora não exista uma “fórmula mágica” – nenhuma tecnologia renovável é capaz de substituir totalmente os combustíveis fósseis - uma mistura de tecnologias pode ajudar diferentes países e regiões a desenvolver suas próprias combinações de energia renovável para atender às suas próprias necessidades. Já existem tecnologias disponíveis que, em combinação com mudanças na parte da demanda – reduziram o consumo de energia e melhoraram a eficiência energética – têm o potencial para conseguir uma redução de 50% nas emissões de gases do efeito estufa até 2050 e, em algumas regiões, para reduzir as emissões até praticamente zero neste prazo¹⁶ (sessão 19). Atingir essas metas, contudo, requer

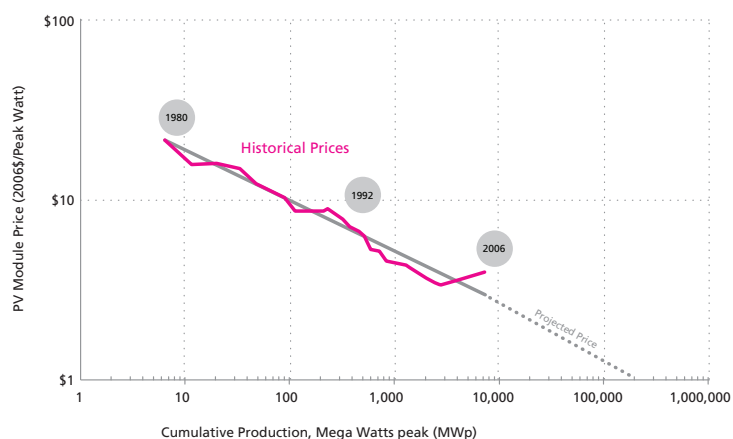


Figura 13

A queda no preço do módulo de células solares fotovoltaicas (PV) de filme fino com o aumento da produção acumulada, um loop no feedback positivo mostra que um investimento inicial significativo em tecnologias renováveis aumentará sua taxa de absorção, reduzindo depois os custos por unidade⁶⁹. A linha sólida mostra os dados históricos e a linha pontilhada mostra a trajetória baseada em uma continuação de tendências históricas.

uma rápida e substancial formação de capacidade de produção por meio de investimentos combinados; uma estrutura política estável; e pesquisa, desenvolvimento e demonstração, para facilitar o aprendizado tecnológico e reduzir os custos de produção (Figura 13).

“Redes inteligentes”, em que diferentes elementos do sistema de energia, incluindo produção, demanda flexível, armazenamento e conversão energética, interagem para fornecer um sistema de energia estável e eficiente, serão essenciais para integrar grandes frações de energia renovável. O desenvolvimento de “super-redes” – sistemas regionais de abastecimento de energia que fornecem energia em grandes áreas geográficas – também pode ser necessário para facilitar a integração de energia eólica, solar e outras tecnologias de energia renovável em larga escala, como instalações de energia hidroelétrica. Essas redes podem ajudar a equilibrar cargas e moderar flutuações na produção¹⁶ (sessão 19).

Em alguns casos, tecnologias renováveis podem ser de fato mais imediatamente aplicáveis às necessidades dos países em desenvolvimento

do que sistemas de energia tradicionais baseados em combustível fóssil porque eles podem funcionar em áreas remotas em escalas menores e precisam de menos manutenção e capacidade técnica local (Mensagem Chave 4). Algumas tecnologias, como tecnologias solares antigas, que podem não ser apropriadas para a geração de energia em países que já têm um sistema de distribuição de energia moderno e confiável, podem, contudo, ser apropriadas para a geração de energia em comunidades em desenvolvimento que não têm acesso a sistemas de eletricidade confiáveis. Em outras palavras, quando as considerações climáticas são integradas às atividades de desenvolvimento, as metas de desenvolvimento e mitigação das mudanças climáticas podem ser extremamente sinérgicas.

Além do desenvolvimento de tecnologias de energia renováveis, a gestão de sistemas biológicos tem um potencial considerável como ferramenta de mitigação. As florestas, por exemplo, podem eliminar quantidades significativas de CO₂ da atmosfera, uma vez que as árvores (como todas as plantas) captam CO₂ por meio da fotossíntese e o convertem em biomassa. Como as comunidades de plantas compostas de muitas espécies geralmente retiram mais carbono da atmosfera do

que as comunidades compostas de apenas uma ou poucas espécies⁷⁰, a preservação da biodiversidade natural das florestas tornou-se um foco bem definido como ferramenta de mitigação por meio da iniciativa REDD (Reduzir as emissões derivadas do desflorestamento e degradação florestal)¹⁶ (sessão 25), (Figura 14). Seu objetivo é reduzir significativamente as emissões dos gases de efeito estufa associados à conversão de florestas naturais para outros usos do solo.

Embora o REDD tenha muito apelo, ele também pode apresentar grandes desafios: como estabelecer os patamares a partir dos quais possam ser medidos os acréscimos e reduções no desflorestamento? Quais são as condições e mecanismos – financeiros e outros – que melhor apoiam o REDD? Como as populações locais podem ser realmente compensadas por dedicarem “sua” terra e seus valores de carbono a um objetivo global (Mensagem Chave 4)? Além disso, se a temperatura aumentar cerca de 2°C ou mais, existe o risco de que os ecossistemas da terra, incluindo as florestas, possam se tornar uma fonte líquida de carbono para a atmosfera devido aos aumentos da respiração e de distúrbios como incêndios. A perda de serviços que regulam carbono de florestas acelerariam seriamente as mudanças climáticas¹⁶ (sessão 38), (Quadro 2).

A agricultura é o mais disseminado e o mais fundamentalmente importante de todos os usos que os seres humanos fazem da terra,

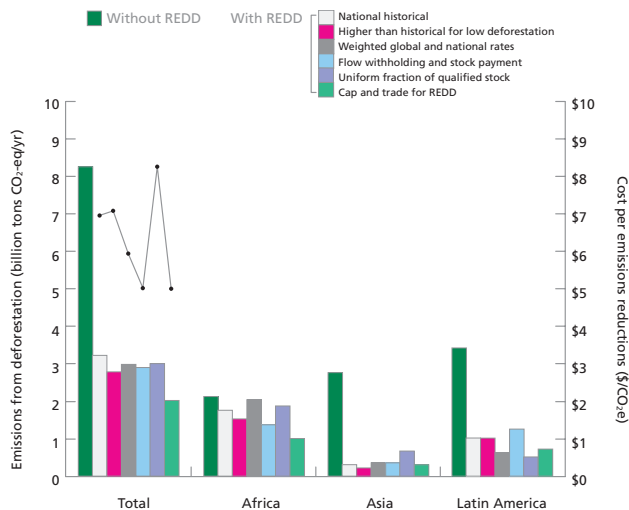


Figura 14
Emissões modeladas causadas pelo desflorestamento em sete opções de design REDD, por região. As diferentes opções de design são baseadas em diferentes abordagens para definir o ponto inicial do qual um desflorestamento adicional seria avaliado, a natureza dos mecanismos financeiros, medidas para controlar o “leakage” interno do desflorestamento para países com taxas historicamente baixas de desflorestamento, e outros fatores¹⁶ (sessão 25). Os resultados da análise mostram que, independentemente dos detalhes do design específico, a abordagem REDD pode reduzir emissões causadas pelo desflorestamento para menos da metade. Os resultados variam enormemente de acordo com a região, enquanto a Ásia e América Latina mostram reduções significativas de emissões via REDD, as reduções são muito pequenas na África. Sendo assim, os resultados são muito mais suscetíveis às diferenças regionais do que à natureza do design do REDD⁷¹.

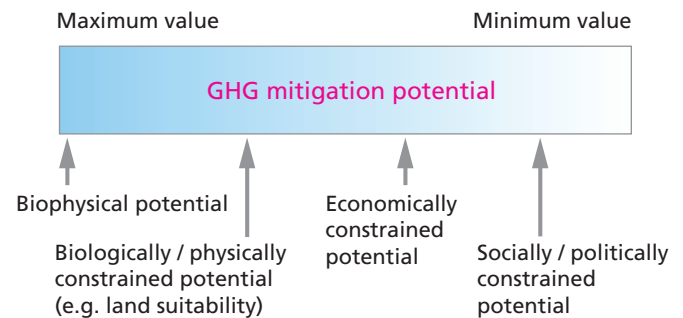


Figura 15
Impactos de diferentes restrições na redução do potencial de mitigação dos gases do efeito estufa de sua capacidade biofísica teórica máxima até o menor potencial atingível⁷². Restrições ecológicas, como limitações de nutrientes e água, podem reduzir significativamente o potencial biológico teórico da absorção de carbono em sistemas de produção. Considerações econômicas, sociais e políticas podem fornecer outras restrições, o que resulta em um nível de absorção do carbono realizado bem menor do que a capacidade máxima teórica.



Technology	Feedstocks	Process technology	Potential competition with food production	Conversion efficiency	Level of feed by-products
1 st generation bioethanol	Cereals, sugar cane, tubers	Fermentation	Low to high	30-65%	High
2 nd generation bioethanol	Residues, waste, bioenergy crops	Fermentation	Low	30-75%	Low to high
Biogas (methane)	Manure, energy crops, organic waste	Mesophilic fermentation	Low to high	60-80%	None
Biodiesel	Oil crops, food & animal waste	Extraction & transesterification	Low to high	85%	Low to high
Biomass to Liquid (diesel)	Any biomass, preferably wood	Thermochemical	Low	50-60%	None
Biomass for heat and power	Any biomass, preferably waste and residues	Thermochemical	Low	50-65%	None
3 rd generation biofuels	Algae, halophytes, waste and residues	Thermochemical, biological, extraction	None	< 65%	Unknown

Tabela 2
 Comparação de biomassa para tecnologias de conversão energética. Observe a ampla variação em eficiências de conversão. Isso reflete a diferença entre as tecnologias antigas e as tecnologias de ponta atuais. A eficiência da conversão de biomassa em calor e energia é baseada na eficiência média anual⁷³⁻⁸⁴.

mas é também um grande emissor de gases do efeito estufa na atmosfera. Por outro lado, é possível fazer reduções de gases do efeito estufa bastante significativas e custo-efetivas na agricultura moderna, especialmente através da modificação das práticas de gestão. Um melhor armazenamento do carbono do solo tem, em especial, grande potencial de redução de emissões a curto prazo, e também oferece aumentos de longo prazo na sustentabilidade de sistemas agrícolas. Esse potencial de mitigação, contudo, é improvável de ser obtido a não ser que um preço realista para emissões dos gases de efeito estufa seja definido. Existem também outras barreiras – estruturais, institucionais, financeiras e educacionais – à mudança nas práticas de gestão agrícola para torná-las mais favoráveis ao clima¹⁶ (sessão 24), (Figura 15).

Talvez a mais controversa de todas as ferramentas de mitigação baseada na biologia seja os biocombustíveis, que são produzidos a partir da biomassa das plantas e podem ser queimados para gerar calor e energia de modo que possam substituir os combustíveis fósseis (Tabela 2). Em última análise, é necessário que exista um setor de transportes menos dependente de combustíveis líquidos derivados de fósseis. A curto prazo, os biocombustíveis são importantes para reduzir o uso dos combustíveis fósseis para carros; a longo prazo, eles provavelmente substituirão combustíveis fósseis de aviões e navios¹⁶ (sessão

18). O fator limitante é a quantidade de terra que pode ser destinada à produção de biocombustíveis. Portanto, tem sido dedicado um enorme esforço para o desenvolvimento da segunda geração de sistemas de biocombustíveis, que são derivados do material "rejeitado" das plantas e não de colheitas cultivadas que visam exclusivamente à produção de energia. Com base nesse raciocínio, e também na comparação entre a energia total necessária para produção e a produção total de energia, o uso de safras de plantas oleaginosas – óleo de palma, colza, girassol e soja – não é sustentável e deve, portanto, ser evitado¹⁶ (sessão 18).

No que diz respeito à adaptação, os setores que já são gerenciados com firmeza pelos seres humanos – sistemas alimentares, sistemas florestais e hídricos – podem ser adaptados mais prontamente aos impactos das mudanças climáticas¹⁶ (sessão 38). A agricultura e a silvicultura podem, por exemplo, mudar para colheitas alternativas ou espécies de árvores que requerem pouca água ou toleram mais água, ou que permanecem produtivas sob temperaturas mais altas. Contudo, há limites para essas adaptações se as mudanças climáticas forem muito grandes ou muito rápidas. Na agricultura, a mitigação e a adaptação geralmente envolvem as mesmas estratégias de gestão e, desse modo, podem ser realizadas ao mesmo tempo, gerando resultados sinérgicos⁸⁵.

É mais difícil desenvolver estratégias de adaptação para sistemas naturais, que fornecem serviços indiretos de ecossistema, e que, em última instância, sustentam o bem-estar dos seres humanos. Um novo paradigma de conservação da natureza seria mais apropriado diante das mudanças climáticas¹⁶ (sessões 31 e 38). Esse paradigma deve se concentrar primariamente no fortalecimento da resiliência de ecossistemas em bom funcionamento. Entre as estratégias de adaptação apropriadas estão a expansão e a conexão de redes na área protegida, o controle de espécies invasivas, e o uso ativo de gestão adaptativa (Figura 16). Algumas ferramentas de conservação usadas atualmente, como listas de espécies ameaçadas, pequenas áreas protegidas descontínuas e fronteiras políticas como limites para espécies declaradas ameaçadas, não são ferramentas de adaptação eficazes no que se refere às mudanças climáticas¹⁶ (sessão 31).

Mesmo com abordagens de adaptação mais eficazes, várias espécies não sobreviverão em função de mudanças climáticas não controladas (Mensagem Chave 2). Para evitar uma crise de extinção pior, não há alternativa, a não ser uma mitigação rápida e eficaz. Além disso, podem ser feitos investimentos em conservação ex-situ – ou seja, manter organismos em cativeiro ou manter bancos de sementes – na esperança de que esses organismos, um dia, possam ser soltos de volta na natureza, caso um clima apropriado seja restabelecido.⁸⁶. Na melhor das hipóteses, contudo, as medidas ex-situ serão viáveis somente para algumas espécies.

Para o mundo em desenvolvimento, em especial,

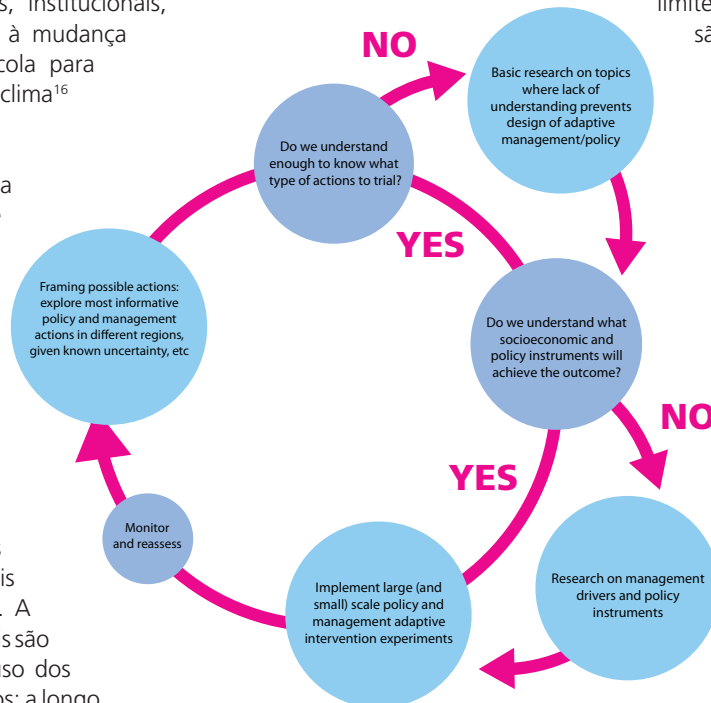
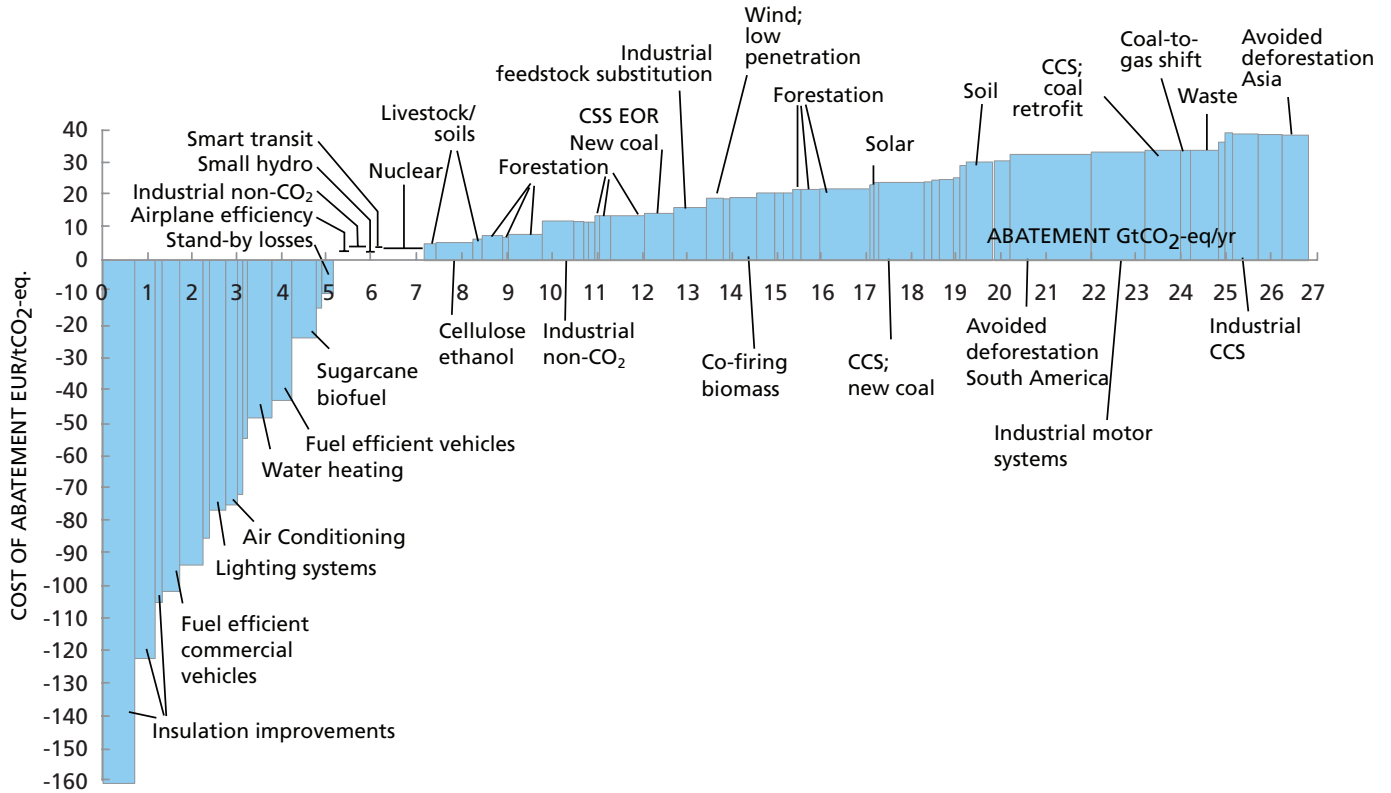


Figura 16
 Representação visual da gestão da adaptação ativa, uma abordagem interativa formulada com base em um desenvolvimento explícito e experimental de opções de gestão plausíveis^{72,86}.

Os Benefícios da Descarbonização da Economia

Prof. Daniel Kammen, kammen@berkeley.edu

QUADRO 11



Uma das lições mais importantes da rápida expansão da eficiência energética através da combinação de tecnologias solar, eólica, biocombustíveis e outras tecnologias de baixas emissões de carbono é que os custos de implementação são mais baixos do que muitos previram e os benefícios são maiores do que se esperava. A suposição de um duplo ganho ("win-win") merece análise e verificação contínuas, é claro.

Na última década, os mercados de energia solar e eólica cresceram a taxas de mais de 30% ao ano, e nos últimos anos ocorreram aumentos de taxas de mais de 50% ao ano no setor de energia solar⁹¹. Esse crescimento rápido e sustentado significa que os custos têm caído e têm se formado um conjunto cada vez mais diverso de tecnologias e empresas inovadoras. Políticas governamentais, em um número cada vez maior de cidades, estados e nações, estão descobrindo formas criativas e econômicas de desenvolver ainda mais esses mercados.

Ao mesmo tempo em que um conjunto diverso de tecnologias de baixas emissões de carbono está descobrindo um caminho para o mercado, tecnologias e práticas de eficiência energética (por exemplo, janelas "inteligentes", sistemas de iluminação e aquecimento/ventilação com eficiência energética, produtos para climatização e eletrodomésticos eficientes) vêm sendo cada vez mais utilizados. Boa parte dessas inovações com eficiência energética demonstra custos negativos no decorrer do tempo, isso significa que quando todos os benefícios (incluindo melhor qualidade de serviços de energia, melhores condições de saúde, e melhor produtividade

dos trabalhadores) são tabulados, alguns investimentos em eficiência energética tornam-se, ao longo do tempo, veículos para a criação líquida de benefícios sociais.

As curvas de custos da redução de emissões do carbono tornaram-se famosas desde que a companhia de energia sueca Vattenfall colaborou com a Empresa McKinsey para desenvolver um conjunto de estimativas sobre os custos para implementar e operar uma série de tecnologias de geração de energia, eficiência energética e uso do solo. Esses custos das curvas de carbono conservado apresentam os custos (ou economias, no caso de várias opções de 'custo negativo' como desenvolvimento de eficiência) e também a magnitude (em gigatons) da redução potencial em um futuro projetado. Os plots mais comuns são para 2030.

A figura mostra as famosas "curvas da Vattenfall ou McKinsey", que fornecem uma série de estimativas de custo/recompensa que integra tecnologias de eficiência energética e geração de energia limpa, neste caso apresentadas como um snapshot para o ano de 2030.

Muito mais inovações estão no horizonte de curto prazo, incluindo aquelas que usam financiamento municipal inovador para eliminar totalmente os custos iniciais dos investimentos em eficiência energética e energia renovável por meio de empréstimos que são pagos durante a realização dos serviços fornecidos pelos produtos de energia limpa e eficiente⁹².



talvez a mensagem mais importante derivada dos esforços de adaptação atuais seja a de que as considerações climáticas devem ser incluídas tanto nas políticas domésticas quanto nas políticas internacionais de apoio ao desenvolvimento. A adaptação às mudanças climáticas não pode ser implementada de forma bem-sucedida se for tratada como um “complemento” e implementada separadamente de outras iniciativas que visam a promover o desenvolvimento social e econômico e aumentar a resiliência das sociedades. Embora ainda não saibamos qual será o impacto total das mudanças climáticas no futuro, algumas tendências atuais estão se tornando evidentes – mudanças no acesso à água doce, maior frequência de tempestades e inundações e áreas agrícolas atingidas pela seca. Muitas adaptações ‘sem arrependimentos’ – por exemplo, aquelas que apoiam suprimentos de água ou moradias seguras – podem ser implementadas agora e desenvolverão a resiliência da sociedade frente às mudanças climáticas⁶⁶.

Como parte do desenvolvimento de uma adaptação eficaz, há uma necessidade urgente de pesquisas sobre as implicações das políticas existentes e políticas potenciais futuras com relação à adaptação: elas apoiam ou impedem a adaptação, e como devem ser modificadas? O investimento em infraestrutura também precisa ser considerado no contexto da adaptação climática: quais projetos têm a melhor taxa custo-benefício e quando as decisões sobre investimentos devem ser tomadas? Além disso, como o clima está evoluindo com uma trajetória próxima à faixa superior das projeções, as sociedades precisam de práticas, infraestrutura e políticas de adaptação que possam lidar com fenômenos extremos situados na faixa “severa” da distribuição de probabilidades. Desse modo, as estratégias de adaptação devem incluir um forte componente de preparação para desastres, dando mais ênfase aos serviços de gestão de emergência¹⁶ (sessão 32).

Por mais eficazes e necessárias que essas abordagens de mitigação e adaptação sejam individualmente, a integração de atividades de adaptação e mitigação usando um “systems approach” está se tornando fundamental para capturar sinergias que aumentem a eficácia de cada uma delas e para evitar resultados perversos nos quais as atividades de mitigação resulte em resultados deletérios para adaptação e *vice-versa*. Em nenhum outro setor a necessidade de abordagens integradoras e sistêmicas é mais premente do que no uso do solo. Um dos maiores desafios que a sociedade humana enfrenta, à medida que a população

cresce, é a priorização do uso do solo para equilibrar necessidades locais, como produção de alimentos e espaço para moradias e empresas, e necessidades globais, como a eliminação do CO₂ da atmosfera, a produção de biomassa para energia e biocombustíveis e a proteção da biodiversidade.

Hoje, cerca de 12% da área geográfica da Terra está sob produção intensiva de cultivos^{88,89} e boa parte é destinada ao pasto natural e cultivado usado para a produção pecuária. Cerca de 70% da água doce captada para uso humano é alocada para agricultura⁹⁰. O aumento da demanda de alimentos à medida que a população cresce, associado a uma demanda intensificada de atividades de mitigação baseada na terra, assim como a necessidade crescente de “terra para a natureza”, a sociedade está sendo pressionada a gerenciar de forma equitativa uma competição sem precedentes por terra e água nas escalas local e global.

Boa parte da mudança da superfície da área da Terra é causada pelo fornecimento de serviços de ecossistemas para uma população urbana cada vez maior. Apesar de somente um pouco mais da metade dos seres humanos viverem hoje em cidades, as áreas urbanas respondem por aproximadamente 75% das emissões de gases do efeito estufa da humanidade, seja direta ou indiretamente¹⁶ (sessão 33). Muitas cidades também são especialmente vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, tais como eventos climáticos extremos e elevação do nível do mar. Isso levou as Nações Unidas a declarar que a batalha contra as mudanças climáticas será vencida ou perdida nas cidades¹⁶ (sessão 33), o que torna uma abordagem integrada para a adaptação e mitigação nas áreas urbanas especialmente importante (Quadro 12).

Em resumo, a sociedade tem muitas ferramentas tanto para facilitar a mitigação das mudanças climáticas quanto para a adaptação aos impactos que não podem ser evitados, mas os debates ainda giram em torno dos meios para fazer avançar o seu desenvolvimento e sua aplicação¹⁶ (sessões 40, 41 & 43). A sociedade também tem várias abordagens econômicas para promover a adoção dessas ferramentas e encorajar a transição energética necessária para limitar o aquecimento global (Quadro 8). Os ingredientes essenciais que estão faltando para realizar a transição social que as mudanças climáticas exigem são a vontade política e a aceitação social da necessidade de mudança.

Mudanças Climáticas e Áreas Urbanas

Prof. Roberto Sanchez Rodriguez, roberto@ucr.edu

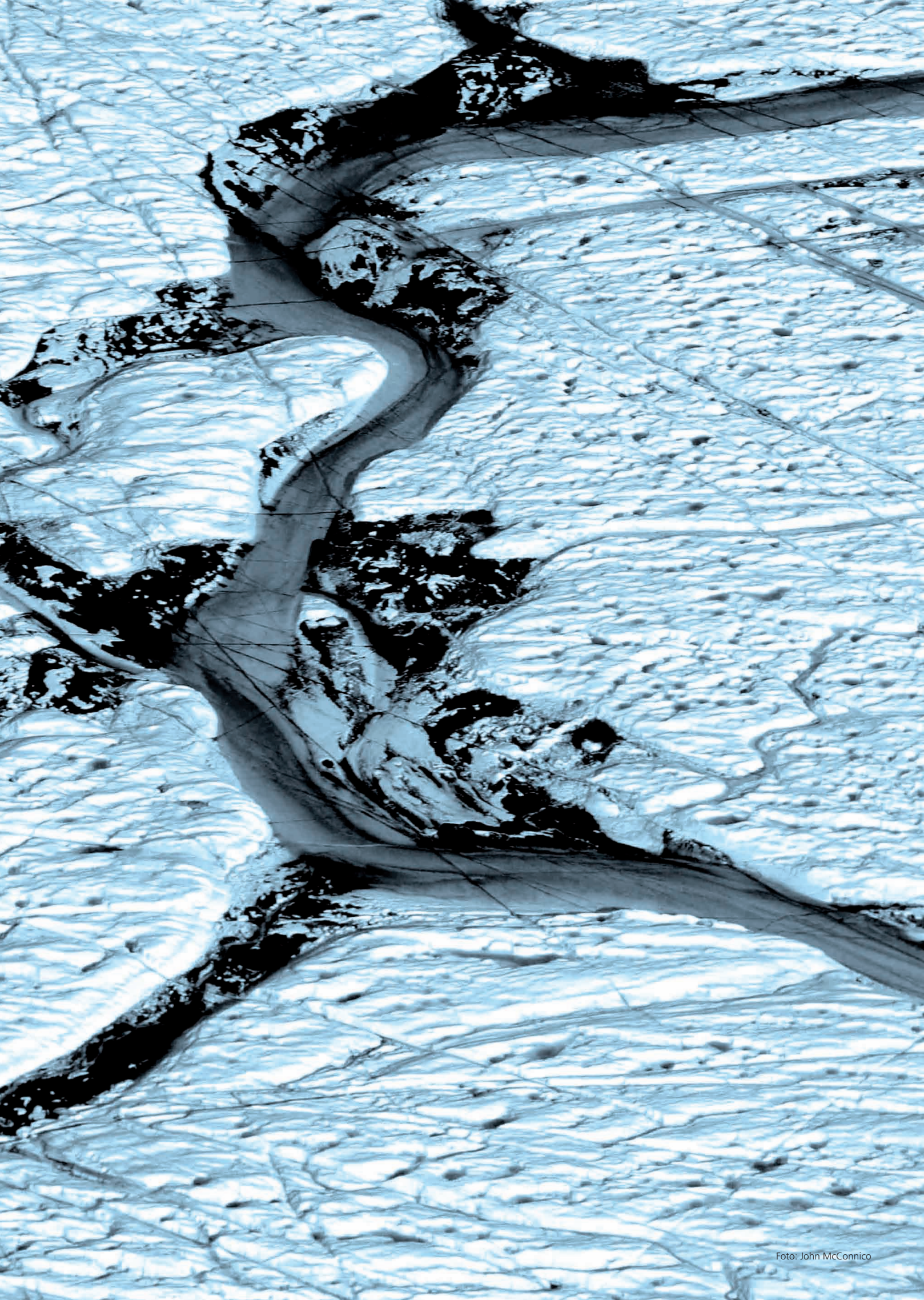
QUADRO 12

As mudanças climáticas são mais do que um problema ambiental; elas também representam um desafio importante para o desenvolvimento das áreas urbanas. Essas áreas são extremamente vulneráveis a crises e desastres associados com a variabilidade e mudanças climáticas. Seus impactos acumulados apresentam custos econômicos e humanos severos; levam rapidamente a gargalos ou emergências sérias no fornecimento de recursos como água, energia e alimentos; e afetam as condições de vida de um grande número de pessoas. A ONU estima que um total de 2,5 bilhões de pessoas tenham sido afetadas pelos desastres ocorridos entre 1995 e 2004, sendo que 75% destes estavam relacionados a fenômenos climáticos extremos.

A redução da vulnerabilidade social e urbana e a ampliação da adaptação aos impactos das mudanças climáticas estendem os benefícios sociais, econômicos, ambientais e à saúde para os governos locais e nacionais. São elementos importantes nas estratégias de adaptação: a redução da pobreza, a melhoria nas estratégias de subsistência, o desenvolvimento de capital humano, a proteção de patrimônios ambientais, a melhoria da saúde pública e a criação de oportunidades para o desenvolvimento sustentável. Há também uma necessidade urgente de incorporar critérios de adaptação à concepção e planejamento do meio ambiente construído - infraestrutura urbana,

edificações e transportes. O prazo de vida útil de infraestruturas geralmente é de 75 anos e as estruturas que estão sendo construídas no presente serão submetidas a diversas condições climáticas em décadas futuras. Os investimentos atuais raramente levam em consideração os impactos potenciais das mudanças climáticas, que poderiam causar disfunções significativas em sua operação.

A incorporação de estratégias multidimensionais de adaptação nas atuais estratégias de desenvolvimento urbano propiciará o uso eficiente de escassos recursos financeiros, técnicos, humanos e naturais, principalmente nos países pobres e nas economias emergentes. Uma etapa crítica nessa direção é a assistência aos formuladores de políticas, planejadores urbanos e aos interessados na incorporação de estratégias de adaptação e na definição de caminhos alternativos e sustentáveis do crescimento urbano. É uma fantástica oportunidade para integrar estratégias de desenvolvimento, de mitigação e de adaptação para criar áreas urbanas mais resilientes. Atrasos adicionais no desenvolvimento e implementação de estratégias de adaptação trarão consequências graves para milhões de habitantes urbanos e, por fim, para economias locais e nacionais.



MENSAGEM CHAVE 6

ENFRENTANDO O DESAFIO

Se a transformação social necessária para enfrentar o desafio das mudanças climáticas deve ser alcançada é preciso superar várias restrições significativas e aproveitar as oportunidades decisivas. Isso implica reduzir a inércia nos sistemas sociais e econômicos, com base no crescente desejo público de que os governos respondam às mudanças climáticas; reduzir atividades que aumentam as emissões dos gases do efeito estufa e reduzem a resiliência (subsídios, por exemplo); e viabilizar mudanças que ajudem governanças ineficientes e instituições fracas a se tornarem lideranças inovadoras no governo, no setor privado e na sociedade civil. Associar as mudanças climáticas a considerações mais abrangentes sobre produção e consumo sustentáveis e a questões de direitos humanos e valores democráticos é crucial para orientar as sociedades em transição a seguirem caminhos de desenvolvimento mais sustentável.

A evidência apresentada anteriormente sobre a natureza das mudanças climáticas perigosas (Mensagens Chave 1 e 2), os caminhos para a redução de emissões necessária para evitar as mudanças climáticas perigosas (Mensagem Chave 3) e a necessidade de enfrentar esse desafio de um modo equitativo e em conjunto (Mensagem Chave 4) enviam uma mensagem clara e firme – “business-as-usual is dead”³⁹. Mudanças marginais nas atuais trajetórias socioeconômica e tecnológica da sociedade contemporânea não serão suficientes para facilitar a transição social necessária para manter as mudanças climáticas dentro do limite dos 2°C. Muitas ferramentas tecnológicas e gerenciais e abordagens políticas já estão disponíveis para conduzir a transformação necessária (Mensagem Chave 5). Os desafios mais críticos estão em acionar, facilitar e apoiar a transição – removendo barreiras e aproveitando as oportunidades que estas transformações oferecem.

A pesquisa necessária para informar e apoiar uma transformação social significativa reside basicamente nos domínios das ciências humanas e sociais, que têm sido bem menos proeminentes no discurso das mudanças climáticas do que as ciências naturais e a economia. Todavia, suas percepções sobre as culturas, comportamentos e organizações humanas são cruciais para enfrentar o desafio das mudanças climáticas.

A transição da sociedade contemporânea para um futuro mais sustentável deve ocorrer em muitas escalas – da individual à institucional e governamental – em muitos níveis – desde mudanças no comportamento diário a uma nova reflexão sobre valores essenciais, crenças e ideologias (Quadro 13). De fato, a linguagem usada para discutir as mudanças climáticas causadas pelo homem geralmente reflete diferentes visões de mundo subjacentes. Por exemplo, um foco no processo político de “reduções” e “divisão do ônus” dos gases do efeito estufa reforça a visão de que a mitigação das mudanças climáticas é um mal que deve ser evitado o máximo possível. Por outro lado, um foco nos benefícios obtidos por evitar os impactos sérios de mudanças climáticas não controladas ou nas oportunidades econômicas e de empregos fornecidas pela descarbonização da economia (Quadro 11) cria visões de mundo muito mais positivas e otimistas.

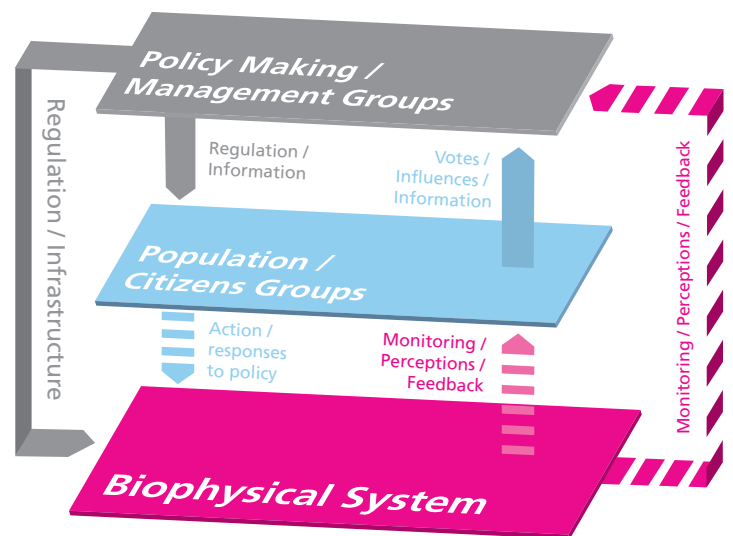


Figura 17
Interações típicas em sistemas de governança de múltiplos níveis, nos quais grupos de cidadãos exercem um papel mediador entre políticas públicas que operam no nível regional e nacional e a gestão de sistemas biofísicos, que normalmente ocorre no nível local. Esses processos organizados profissionalmente em vários níveis podem ajudar a reduzir discrepâncias de escala e incoerências no setor de políticas públicas, e apoiar mudanças sociais e regulatórias integradas⁹³.

Muitas visões de mundo enfatizam a importância de ações governamentais no tratamento das mudanças climáticas, no entanto, muito pode ser obtido por meio do reconhecimento e encorajamento de uma ampla faixa de atores não-governamentais que usam abordagens de “prática-social” para estruturar ações voluntárias de indivíduos e pequenos grupos¹⁶ (sessão 48). A mudança comportamental está no centro de qualquer transformação, e a experiência e o aprendizado social oferecem muita esperança para o futuro (Quadro 14).

Os indivíduos isoladamente não podem solucionar o problema das mudanças climáticas, assim como os governos nacionais não podem resolver o problema sozinhos. Uma ampla série de organizações – corporações multinacionais e outros grupos empresariais, ONGs ambientais, organizações de pesquisa científica e órgãos governamentais

Culturas, Valores e Perspectivas Mundiais como Fatores da Resposta às Mudanças Climáticas

Prof. Karen O'Brien, karen.obrien@sosgeo.uio.no e Prof. Thomas Heyd, heydt@uvic.ca

QUADRO 13

Nenhuma política de mudanças climáticas receberá o apoio necessário, seja formalmente na arena política ou pragmaticamente a nível do dia a dia, a menos que as culturas, os valores e as perspectivas mundiais sejam consideradas desde o início. Os motivos são simples. Em primeiro lugar, nem mesmo as avaliações de riscos e informações mais sofisticadas baseadas na ciência são necessariamente recebidas da mesma maneira com que são compreendidas por aqueles que as produzem. Em segundo lugar, as políticas, para serem efetivas, precisam levar em conta o cenário sociocultural que precede a tentativa de implementar estas políticas. Os pontos a seguir enfatizam a importância desta principal conclusão:

- Informações sobre mudanças climáticas e interpretações locais de avaliações de risco são mediadas culturalmente por determinadas formas emocionais de raciocinar, processos típicos de formação de significados, por conceitos específicos sobre a variabilidade e mudança da paisagem e do clima, e por noções idiossincráticas de mitigação do risco.
- Crenças religiosas e espirituais locais, sistemas de conhecimento, entendimento das relações natureza-sociedade, e valores e ética influenciam a maneira como os indivíduos e as comunidades percebem e respondem às mudanças climáticas. A ciência das mudanças climáticas deve reconhecer esses contextos culturais e vivenciais nativos e locais, e tentar relacionar-se com eles ao promover atividades de mitigação e adaptação sociais.

- A implementação de estratégias de adaptação pode levantar questões que atravessam relações de poder em situações em que há desigualdade, que podem ter efeitos imprevistos de longo prazo para indivíduos e comunidades. Isso requer abordagens que promovam deliberação em contextos de tomada de decisões abertos e democráticos. Em outras palavras, as consequências culturais e sociais das respostas às mudanças climáticas devem ser avaliadas, incluindo a questão sobre "que valores devem ser levados em conta?"

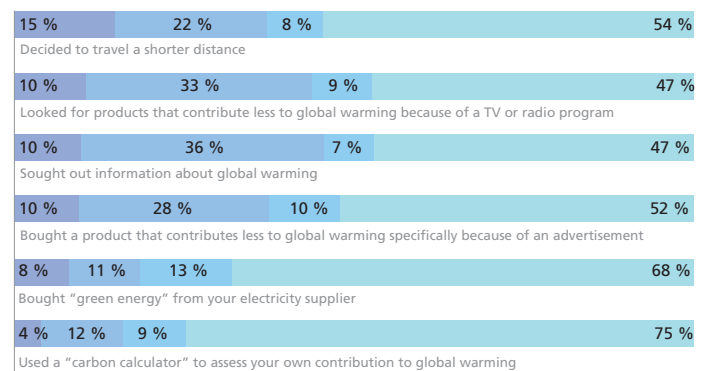
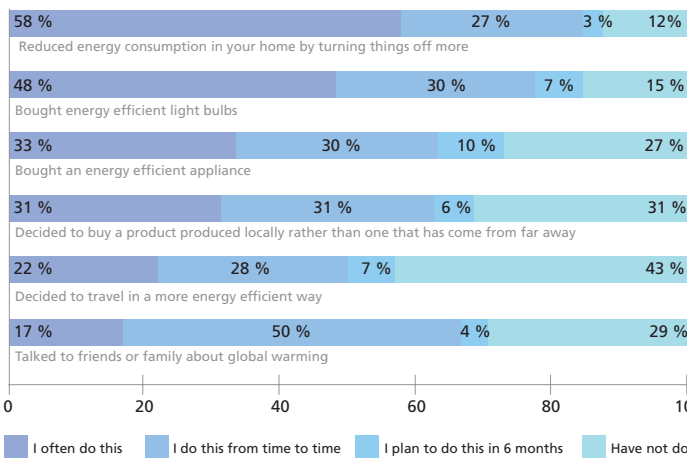
Pesquisa sobre o papel da cultura, dos valores e da visão de mundo tanto na geração quanto nas respostas às mudanças climáticas deve se tornar prioridade máxima. As dimensões culturais e vivenciais das mudanças climáticas devem ser integradas ao esforço na área de "pesquisa de sistemas" no campo de mudanças climáticas mais padronizada e orientada aos sistemas, e precisam ser incluídas tanto na pesquisa sobre mitigação quanto sobre adaptação e nos programas de implementação. Essa conclusão argumenta a favor de um novo papel para as ciências sociais e humanidades e da ampliação de sua participação na abordagem dos desafios das mudanças climáticas, e sugere a necessidade de uma agenda de pesquisas integrada e verdadeiramente interdisciplinar que situe as mudanças climáticas em um contexto social mais rico e mais profundo.

A Importância da Mudança de Comportamento

Prof. Diana Liverman, liverman@u.arizona.edu

QUADRO 14

What Have You Done to Reduce Your Impact on Climate Change? (US & UK combined)



Ações individuais para reduzir a contribuição para as mudanças climáticas. Os dados se baseiam em uma pesquisa que a Accountability realizou com 2.734 cidadãos dos EUA e do Reino Unido em junho de 2007, "What Assures Consumers on Climate Change?"⁹⁴.

Os cidadãos têm um importante papel a desempenhar na resposta às mudanças climáticas, especialmente quando tomam decisões relacionadas à redução de suas emissões de gases do efeito estufa ou sobre a adaptação às mudanças climáticas. O apoio da sociedade também é essencial para o sucesso das ações dos governos nacionais e regionais, e as percepções da sociedade podem dificultar a aceitação de tecnologias de mitigação. Há evidências significativas de que a mudança do comportamento individual pode contribuir para a redução das emissões, especialmente de domicílios e transportes e quando apoiada por políticas governamentais, incentivos e por atividades do setor privado (ver figura). Boa parte das reduções de custos de emissões de gases do efeito estufa mais baratas concentra-se no setor residencial, onde o uso de isolamento, de eletrodomésticos e lâmpadas eficientes, o feedback de informações de contadores inteligentes e faturas cobradas por serviços públicos podem produzir reduções rápidas na demanda de energia, resultando em poupança em vez de custo (ver Quadro 11).

Mudanças de comportamento e de atitude também são importantes em termos de liderança política e corporativa onde, por exemplo, líderes empresariais e prefeitos assumiram compromissos importantes de reduções de emissões que vão muito além de obrigações políticas nacionais ou simples análises de custo-benefício. Em termos de adaptação, milhões de agricultores e pecuaristas ajustaram suas práticas às alterações climáticas passadas e já tomam decisões em resposta ao início do aquecimento e outras alterações associadas às mudanças climáticas. A política internacional precisa apoiar, e com certeza não restringir, a ação de indivíduos para responder às mudanças climáticas e reconhecer a importância de fornecer informações relevantes aos cidadãos de modo que possam tomar decisões conscientes em apoio a políticas públicas e a mudança de seu próprio comportamento¹⁶ (sessão 20)^{62,95}.



nacionais – são cruciais para o desenvolvimento de uma resposta da sociedade. A comunidade empresarial, em especial, insiste cada vez mais na necessidade de estruturas de políticas públicas que criem um ambiente positivo para investimento e mudança. Algumas características deste ambiente são: (i) parcerias para a ação que desenvolvam uma estratégia comum, mesmo que as motivações subjacentes não estejam alinhadas; (ii) desenvolvimento da confiança entre a sociedade empresarial e a sociedade civil; e (iii) liderança que empodere as pessoas e apoie o aprendizado e a gestão da adaptação¹⁶ (sessões 48 & 54).

A sociedade civil – comunidades e participantes – participa da política climática de várias formas (Figura 17). No centro de muitas abordagens estão as consultas ou compromissos dos participantes. O compromisso precisa ser bilateral – não somente transmitindo informações de especialistas, mas também obtendo informações da comunidade¹⁶ (sessão 39). A troca de informações por meio da mídia apresenta desafios significativos uma vez que a questão das mudanças climáticas geralmente é apresentada como um "grande debate sobre o aquecimento global" em vez da comunicação do crescente acordo entre cientistas e das complexidades e sutilezas das interações entre ciência e políticas públicas¹⁶ (sessões 53 & 54).

Em muitos casos, as respostas da comunidade ao desafio das mudanças climáticas podem ser mais efetivas se forem uma combinação de conhecimento local e opinião de especialistas. Empowerment é um conceito-chave e pode ser melhor atingido através de uma definição cuidadosa do que sejam os objetivos do envolvimento dos stakeholders e do estruturamento de processos que permitam a participação efetiva de membros da comunidade. Passar de participação comunitária a ação comunitária – um resultado comum do verdadeiro engajamento – requer considerações proativas de instituições e recursos, e a assistência técnica necessária para apoiar a ação¹⁶ (sessão 54).

Em escalas nacionais e globais, instrumentos econômicos como determinação de preços para as emissões e abordagens baseadas no mercado, são fundamentalmente importantes. Abordagens adicionais, contudo, podem ser necessárias. Por exemplo, uma estratégia de investimentos globais conduzidos nacionalmente, mas coordenados globalmente, talvez com base na oportunidade fornecida pela crise financeira global, poderia promover ativamente caminhos de desenvolvimento favoráveis ao clima e realizar a disseminação de tecnologias e reduções de emissões mais rapidamente do que se alcançaria com os instrumentos de mercado isoladamente. Dada a urgência do desafio das mudanças climáticas (Mensagem Chave 1), uma "concentração no período inicial" – por exemplo, um grande e imediato impulso de investimentos em sistemas de energia renovável e eficiente – seria provavelmente mais eficiente do que adotar uma abordagem mais gradual¹⁶ (sessão 55). Outras abordagens visionárias em grande escala, regional ou global, podem ser necessárias para transformar o modo como gerenciamos nosso relacionamento com ambiente planetário. Uma dessas abordagens poderia ser considerar uma nova divisão global das atividades de uso do solo que melhoraria significativamente o padrão geográfico da produção de alimentos e fibras, a proteção da biodiversidade, a infraestrutura e a geração de energia (Quadro 15).

Também é um grande desafio transformar o atual panorama da governança internacional, constituída por um conjunto de regimes ou

sistemas de governança individuais, em uma arquitetura institucional integrada e inovadora para a governança do Sistema da Terra. Uma estratégia bem-sucedida para construir esse tipo de arquitetura deve ser multidimensional e cuidadosamente coordenada, com base na arquitetura e acordos institucionais existentes: (i) outros regimes ambientais, como a Convenção sobre Diversidade Biológica, CBD; (ii) comércio internacional e mecanismos financeiros, como a Organização Mundial do Comércio, OMC, e o Banco Mundial; e (iii) organizações de apoio ao desenvolvimento destinadas a aliviar a pobreza, como o Fundo Global para o Meio Ambiente, GEF, e bancos de desenvolvimento regional. Finalmente, para enfrentar o desafio das mudanças climáticas será necessário um mosaico de abordagens criado para desenvolver um sistema integrado de governança¹⁶ (sessão 48).

Em sistemas políticos democráticos, os eleitores individuais só conduzirão essa mudança transformadora – desde mudanças pragmáticas nas práticas da vizinhança até a construção de novos sistemas multinacionais de energia e transporte e a construção de novos regimes institucionais – se seus valores forem profundos e fortes o suficiente para tomar decisões difíceis e de longo prazo (Quadro 13). Desse modo, nenhuma política de mudanças climáticas terá sucesso a menos que culturas, visões de mundo e valores essenciais mudem de forma que sustentem o desenvolvimento de uma política efetiva e sua implementação¹⁶ (sessões 54 e 57).

Informações científicas, tecnologias e instrumentos econômicos são todos parte da solução, mas sua interpretação e aplicação são mediadas por meio das culturas e visões de mundo de indivíduos e comunidades (Figura 18). Crenças religiosas e espirituais, sistemas de conhecimentos indígenas, entendimentos das relações natureza-sociedade, valores e ética influenciam o modo como indivíduos e comunidades percebem e respondem às mudanças climáticas¹⁶ (sessão 57). Em última análise, essas dimensões humanas das mudanças climáticas determinarão se a humanidade irá afinal realizar a grande transformação vislumbrada no início do século 21 ou se a humanidade terminará o século com uma "existência miserável em um mundocom +5° C"¹⁰¹.

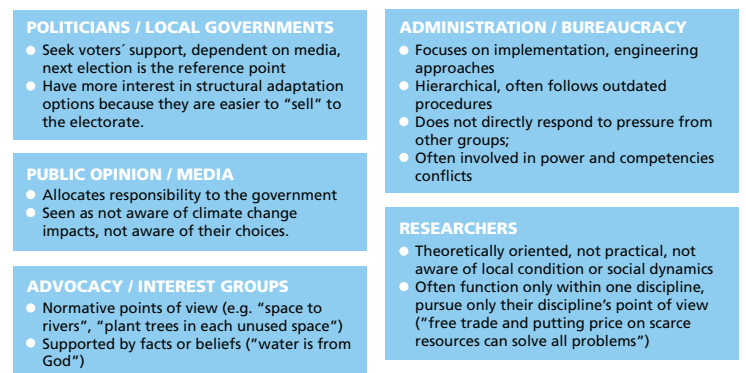


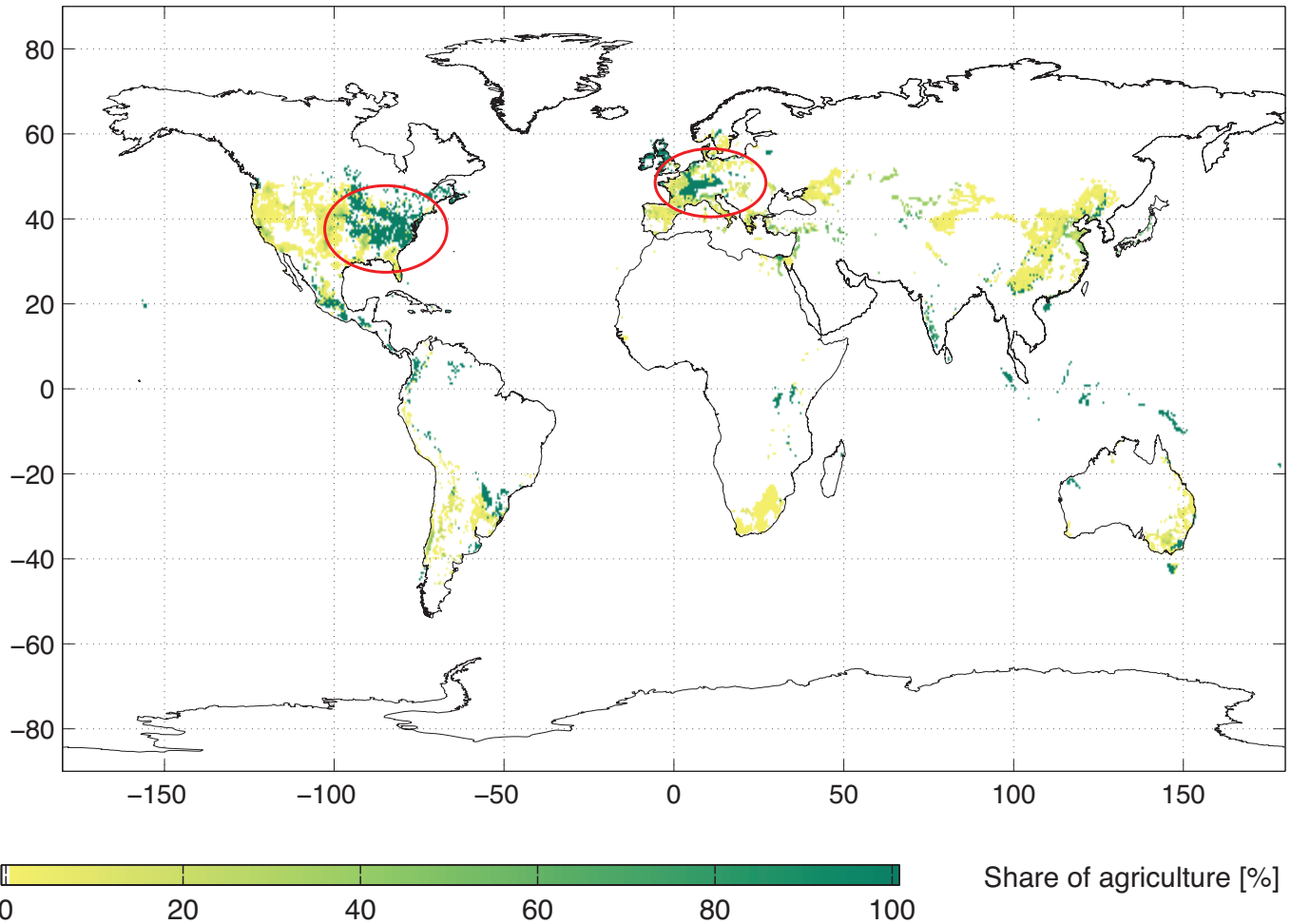
Figura 18

Grupos de modelos mentais compartilhados. Os modelos mentais dos diferentes grupos da sociedade são diversos e afetam o modo como as pessoas percebem a questão das mudanças climáticas; eles são difíceis de modificar e podem criar barreiras à comunicação e à ação⁹⁹. Portanto, o principal desafio para lidar efetivamente com as mudanças climáticas é formar um consenso sobre a natureza da ameaça que envolve as mudanças climáticas e a estratégia global para lidar com as mudanças em toda a sociedade. De fato, é necessário criar um modelo mental – ou perspectiva – único e de alto nível. Sem ele, será improvável implementar uma ação climática e política eficaz.

Rumo a uma Grande Transformação do Uso do Solo?

QUADRO 15

Prof. Hans Joachim Schellnhuber, John@pik-potsdam.de & Veronika Huber huber@pik-potsdam.de



Classificação de locais no mundo de acordo com a adequação para a produção de alimentos em conformidade com as práticas atuais de gestão (adotada de⁹⁸). As elipses vermelhas marcam as principais regiões a serem consideradas como "patrimônios agrícolas globais".

Manter o aquecimento global abaixo de 2°C exigirá toda nossa habilidade de implementar uma evolução inteligente--em relação às mudanças climáticas – das estruturas existentes. Além disso, ainda será necessário tomar medidas transformacionais em larga escala. Em particular, o modelo planetário atual de uso do solo pode ter que mudar fundamentalmente, pois ele é o resultado de processos históricos erráticos e subotimizados que não levaram em consideração a sustentabilidade global. O futuro uso do solo na Terra deve acomodar várias demandas concorrentes de alimentos e fibras, energia, serviços, infraestrutura e conservação de cerca de 9 bilhões pessoas – em uma superfície global não expansível. Para evitar as mudanças climáticas perigosas⁹⁶, talvez seja necessário vencer novos desafios como a criação de "sinks" artificiais de carbono por meio do biosequestro.

A ciência precisa demonstrar (i) como seria um modelo "ideal" de uso do solo; (ii) que esse modelo garantiria a geração de quantidades suficientes de funções e recursos desejados; e (iii) que estratégias sociopolíticas poderiam concretizar a transformação prevista em tempo hábil. A comunidade internacional de pesquisas está só começando a tratar dessas questões, mas algumas ideias relacionadas aos dois primeiros aspectos já estão disponíveis.

Por exemplo, o Conselho Consultivo Alemão sobre Mudanças Climáticas Globais (WBGU) publicou recentemente vários relatórios que identificam as áreas sobre a Terra que deveriam ser dedicadas ao apoio à biodiversidade, à produção de biomassa e à recuperação de energias renováveis, respectivamente⁹⁷. Uma conclusão importante é que o florestamento de áreas degradadas pode explorar um potencial de bioenergia sustentável de cerca de 100 Exajoules. Análises conduzidas pelo Instituto Potsdam⁹⁸ também indicam que 12 bilhões de pessoas com diferentes hábitos alimentares ao nível daqueles de 1995 poderiam ser alimentadas com menos de um terço da atual área agrícola – se os locais mais apropriados para diferentes colheitas fossem usados e se o comércio mundial de alimentos operasse sem as distorções resultantes do protecionismo. Essa abordagem ousada só se tornaria viável, se os locais mais apropriados (como mostrado na figura) fossem reivindicados/reservados para agricultura como parte de um acordo global de longo prazo; de maneira similar que as florestas tropicais fossem preservadas como parte do patrimônio global.



O CAMINHO À FRENTE

Muitos problemas ambientais do passado foram resolvidos quando os seres humanos perceberam que suas atividades estavam prejudicando sua saúde e bem-estar. Eles reagiram mudando o comportamento e desenvolvendo novas tecnologias. Nossa sociedade contemporânea responderá de maneira similar ao desafio das mudanças climáticas que enfrentamos hoje? As mudanças climáticas são fundamentalmente diferentes dos problemas ambientais que a humanidade enfrentou até agora. Os riscos, escalas e incertezas associados às mudanças climáticas são enormes e existe uma grande probabilidade de consequências devastadoras em escala global.

A natureza do desafio das mudanças climáticas exige um pensamento visionário e inovador. O conceito de fronteiras planetárias¹⁰⁰, que visa a definir o “espaço operacional seguro” para a humanidade, se baseia na experiência anterior das sociedades que regulavam seu próprio comportamento quando confrontadas com as consequências indesejadas. As fronteiras planetárias são definidas levando em conta os limiares biofísicos da Terra, cuja ultrapassagem resultaria em consequências catastróficas para as sociedades (ver elementos críticos, Mensagem Chave 2). Evidências científicas sugerem firmemente que exista um limite máximo para a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, ou uma “fronteira de mudanças climáticas”, dentro da qual a humanidade deve operar para reduzir os riscos de consequências catastróficas. Embora a posição precisa ainda não seja conhecida, evidências atuais indicam que a humanidade está se aproximando rapidamente e pode até ultrapassar a fronteira¹⁶. Deste modo, a necessidade de reduções rápidas e drásticas nas emissões dos gases do efeito estufa é urgente se quisermos evitar graves impactos climáticos.

Viver dentro dos limites da fronteira das mudanças climáticas perigosas pode ser extremamente difícil. Não há um único tratado ou “receita mágica” tecnológica que transforme a sociedade contemporânea de forma rápida e indolor. A transformação de uma sociedade que vive na fronteira das mudanças climáticas levará tempo e exigirá o comprometimento dos membros da sociedade em todos os níveis. Como ponto de partida, é essencial estabelecer metas de longo prazo

para reduções de emissões, se a sociedade quiser reduzir o risco das mudanças climáticas perigosas para níveis aceitáveis. As trajetórias fornecem indicadores para o cumprimento das metas ao longo do caminho, mas há muitos caminhos possíveis que a humanidade pode tomar que fariam com que ela permanecesse dentro dos limites da fronteira das mudanças climáticas.

Desse modo, em 2009, a sociedade não pode determinar com precisão o caminho “certo” ou “melhor” a ser percorrido até 2050 e depois disso. No futuro, haverá mudanças tecnológicas, sociais e de valores que provocarão uma mudança de trajetória. Não haverá penalidade se isso não for feito da forma absolutamente certa na primeira vez. A tarefa mais importante é iniciar a jornada agora. As primeiras etapas são a criação de um amplo diálogo em todos os níveis de sociedade e a formação de um consenso sobre a necessidade de agir. Muito provavelmente, quando se trata de responder às mudanças climáticas provocadas pelo homem, a “única ação não justificável é não agir”¹⁰¹.

Esta síntese, que é baseada nas discussões e resultados do Congresso Científico Internacional da IARU *Mudança Climática: Riscos, Desafios e Decisões Globais*, inclui os conhecimentos mais atualizados sobre as mudanças climáticas produzidos pela comunidade de pesquisa – cientistas naturais, cientistas sociais, economistas, engenheiros e acadêmicos da área de ciências humanas. A evidência de que as atividades humanas estão mudando as condições fundamentais da vida na Terra é esmagadora, e os desafios apresentados por essas mudanças são enormes. Adiar a ação só aumentará os riscos para as futuras gerações. Embora nenhuma reunião possa transformar nossa sociedade em uma que se sustente dentro dos limites da fronteira das mudanças climáticas, a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, COP15, a ser realizada em dezembro de 2009, oferece uma oportunidade única e em tempo de começar essa jornada transformadora. Muitos tem esperança que se a sociedade global conseguir vencer o desafio das mudanças climáticas, as gerações futuras lerão em seus livros de história que foi na COP15 onde a jornada realmente começou.



Lista de tabelas

- Tabela 1: Características dos cenários de estabilização, p. 19
Tabela 2: Comparação de biomassa para tecnologias de conversão energética, p.28

Lista de figuras

- Figura 1: Mudanças no nível do mar de 1970 a 2008, em relação ao nível do mar em 1990, p. 8
Figura 2: A mudança no conteúdo energético em diferentes componentes do Sistema da Terra em dois períodos: 1961-2003 e 1993-2003, p. 8
Figura 3: Mudanças na temperatura média do ar da superfície global (nivelada em 15 anos) em relação a 1990, p. 9
Figura 4: Mudança no conteúdo de calor dos oceanos desde 1951, p. 9
Figura 5: As tendências das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono dos gases do efeito estufa, (A) CO₂, em ppm (partes por milhão) desde 1958 até o presente momento; (B) metano, CH₄, em ppb (partes por bilhão) desde 1979 até o presente momento; e (C) óxido nítrico, N₂O, em ppb (partes por bilhão) desde 1978 até o presente momento, p. 11
Figura 6: (A) O número de ciclones tropicais do Atlântico Norte para cada velocidade máxima de ventos mostrada no eixo horizontal. (B) O aumento proporcional por categoria de ciclone (furacão) originado por aumentos nas velocidades máximas de ventos de 1, 3 e 5 m/s-1, p. 12
Figura 7: Mapa de potenciais "elementos críticos" climáticos, p. 14
Figura 8: Diagrama relacionando os impactos potenciais das mudanças climáticas à elevação da temperatura média global, p. 16
Figura 9: Trajetórias de emissões relacionadas à energia de 2000 a 2100 para alcançar a estabilização dos gases do efeito estufa na atmosfera em três diferentes metas, p. 20
Figura 10: Projeções dos impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola em 2030 expressos como mudança percentual em relação às safras médias de 1998-2002, p. 23
Figura 11: Vários aspectos das emissões humanas de carbono por país/região, destacando o problema de estoques e fluxos, p. 24
Figura 12: Células fotovoltaicas em pequena escala (sistema médio – 18 watts) como usadas no Quênia, p. 24
Figura 13: A queda no preço do módulo de células solares fotovoltaicas de filme fino com o aumento da produção acumulada, p. 26
Figura 14: Emissões modeladas causadas pelo desflorestamento em sete opções de design REDD, por região, p. 27
Figura 15: Impactos de diferentes restrições na redução do potencial de mitigação dos gases do efeito estufa de sua capacidade biofísica teórica máxima até o menor potencial atingível, p. 27
Figura 16: Representação visual da gestão da adaptação ativa, uma abordagem interativa formulada com base em um desenvolvimento explícito e experimental de opções de gestão plausíveis, p. 28
Figura 17: Interações típicas em sistemas de governança de vários níveis, p.32
Figura 18: Grupos de modelos mentais compartilhados, p. 34

Lista de quadros

- Quadro 1: Mudanças na Calota Polar da Groelândia, p.9
Quadro 2: O Ciclo Global do Carbono, p. 11
Quadro 3: Efeitos das Mudanças Climáticas na Saúde e no Bem-Estar Humanos, p. 13
Quadro 4: Recursos Hídricos e Mudanças Climáticas: Desenvolvendo Resiliência Rumo a um Futuro Sustentável, p. 13
Quadro 5: A Acidificação do Planeta Terra, p. 15
Quadro 6: Biodiversidade e Mudanças Climáticas: Descobertas da Avaliação de Ecossistemas do Milênio, p. 15
Quadro 7: Implicações das Mudanças Climáticas para a Segurança, p. 17
Quadro 8: Os Custos do Adiamento da Ação, p. 19
Quadro 9: Ferramentas Econômicas para Enfrentar o Desafio da Mitigação, p. 21
Quadro 10: Financiamento para a Adaptação, p. 23
Quadro 11: Os Benefícios da Descarbonização da Economia, p. 29
Quadro 12: Mudanças Climáticas e Áreas Urbanas, p. 30
Quadro 13: Culturas, Valores e Perspectivas Mundiais como Fatores da Resposta às Mudanças Climáticas, p. 33
Quadro 14: A Importância da Mudança de Comportamento, p. 33
Quadro 15: Rumo a uma Grande Transformação do Uso do Solo?, p. 35

Referências

- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Relatório Síntese Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Rahmstorf, S., Cazenave, A., Church, J.A., Hansen, J.E., Keeling, R.F., Parker, D.E., and R.C.J. Somerville, 2007: Recent climate observations compared to projections. *Science* 316 (5825): 709-709.
- Domingues, C.M, Church, J.A.; White, N.J., Gleckler, P.J, Wijffels, S.E., Barker, P.M. and J.R. Dunn, 2008.: Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature* 453:1090-1094.
- Church, J.A, Domingues, C., White, N., Barker, P. and P. Gleckler, 2009: Changes in global upper-ocean heat content over the last half century and comparison with climate models, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6 (3): 032005, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/3>
- Steffen, K., and Huff, R., 2009: University of Colorado at Boulder, personal communication
- Mote, T.L., 2007: Greenland surface melt trends 1973 – 2007: Evidence of a large increase in 2007, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L22507, doi: 10.1029/2007GL031976.
- Wouters, B., D. Chambers, and E. J. O. Schrama 2008: GRACE observes small-scale mass loss in Greenland, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L20501, doi:10.1029/2008GL034816
- Plattner, G.-K., 2009: Long-term commitment of CO₂ emissions on the global carbon cycle and climate. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 042008, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/4>.
- Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R. and P. Friedlingstein, 2009: Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 1704-1709.
- Richter-Menge, J., Overland, M., Svoboda, J., Box, M.J.J.E., Loonen, A., Proshutinsky, V., Romanovsky, D., Russell, C.D., Sawatzky, M., Simpkins, R., Armstrong, I., Ashik, L.-S., Bai, D., Bromwich, J., Cappelen, E., Carmack, J., Comiso, B., Ebbinge, I., Frolov, J.C., Gascard, M., Itoh, G.J., Jia, R., Krishfield, F., McLaughlin, W., Meier, N., Mikkelsen, J., Morison, T., Mote, S., Nghiem, D., Perovich, I., Polyakov, J.D., Reist, B., Rudels, U., Schauer, A., Shiklomanov, K., Shimada, V., Sokolov, M., Steele, M.-L., Timmermans, J., Toole, B., Veenhuis, D., Walker, J., Walsh, M., Wang, A., Weidick, C. and Zöckler, 2008: Arctic Report Card 2008, Available online at: <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>.
- Canadell, J.G., Le Quére, C., Raupach, M.R., Field, C.R., Buitenhuis, E., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and G. Marland, 2007: Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 18866-18870.
- Tans, P. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide - Mauna Loa, NOAA/ESRL, Available online at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
- Hoffman, D.J. The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI) NOAA/ESRL. Available online at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>
- Dlugokencky, E.J., R.C. Myers, P.M. Lang, K.A. Masarie, A.M. Crotwell, K.W. Thoning, B.D. Hall, J.W. Elkins, and L.P. Steele, 2005: Conversion of NOAA atmospheric dry air CH₄ mole fractions to a gravimetrically-prepared standard scale, *J. Geophys. Res.*, 110, D18306, doi:10.1029/2005JD006035.
- IOP, 2009: Mudanças Climáticas: Global Risks, Challenges and Decisions, Copenhagen 10-12. March 2009. All sessions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Series*. Available online at: <http://www.iop.org/EJ/volume/1755-1315/6>
- Caldeira, K., 2009: Ocean acidification: Humanity and the environment in geologic time, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6 (3): 462004, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/46>
- Raupach, M.R., Marland, G., Giais, P., Quére, C.L., Candadell, J.G., Klepper, G. and C.B. Field, 2007: Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 10288-10293.
- Haywood, A., Bonham, S., Hill, D., Lunt, D. and U. Salzmann, 2009: Lessons of the mid. Pliocene: Planet Earth's last interval of greater global warmth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 072003, Available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/7>
- Council of the European Union, 2005: Presidency Conclusions – Brussels, 22/23 March 2005, European Commission, Brussels.
- IPCC, 2001: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and K.S. White (Eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W., Raper S.C.B., Frieler K., Knutti R., Frame D.J., Allen M.R., 2009 Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees C. *Nature*, 458 (7242): 1158-U96
- Steffen, W., 2009: Climate Change 2009: Faster Change and More Serious Risks. Report to the Department of Climate Change, Australian Government, in press.
- Holland, G., 2009: Climate change and extreme weather. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 092007, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/9>
- Turley, C., Blackford, J., Widdicombe, S., Lowe, D., Nightingale, P.D. and A.P. Rees, A.P., 2006: Reviewing the impact of increased atmospheric CO₂ on oceanic pH and the marine ecosystem. In: Schellnhuber, H.J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T. and Yohe, G (Eds.), *Avoiding Dangerous Climate Change*, Cambridge University Press, 8, 65-70.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., and Schellnhuber, H. J., 2008: Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): 1786-1793.
- Dahl-Jensen, D. (Lead), 2009: The Greenland Ice Sheet in a changing climate. Component 2 in SWIPA: An Arctic Council Project coordinated by AMAP – IASC – WCRP/CLIC – IYP.
- Hofmann, M. and H.J. Schellnhuber, 2009: Oceanic acidification affects marine carbon pump and triggers extended marine oxygen holes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 3017-3022
- Schellnhuber, H.-J. and H. Held, 2002: In: Briden J and T. Downing (eds), *Managing the Earth: The Eleventh Linacre Lectures*, Oxford University Press, Oxford, pp 5–34.
- Smith, J.B., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe GW, Hare W, Mastrandrea, M.D., Patwardhan, A., Burton, I., Corfee-Morlot, J., Magadza, C.H.D., Fussler, H.-M., Pittcock, A.B., Rahman, A., Suarez, A. and J.-P. van Ypersele, 2009: Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi/10.1073/pnas.0812355106. In press.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- NOAA, 2009: Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. [online] available at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends> [accessed 04/06/2009], Earth Systems Research Laboratory.
- European Environment Agency, 2009: CSI 013 – Atmospheric greenhouse gas concentrations – Assessment published Mar 2009. Available online at: http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/Specs/Specification20041007131717/Assessment1234255180259/view_content <http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/Specs/Specification20041007131717/Assessment1234255180259/view_content>
- Hare, B., and Meinshausen, M., 2006: How Much Warming are We Committed to and How Much can be Avoided? *Climatic Change* 75,1-2:111-149.
- Meinshausen, M., Hare, B., Frieler, K., Nabel, J., Markmann, K., Schaeffer M. and J. Rogel, 2009: PRIMAP – Potsdam Real-Time Integrated Model for the probabilistic assessment of emission paths, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 6: 052008, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/5>
- Allen, M., Frame, D., Frieler, K., Hare, W., Huntingford, C., Jones, C., Knutti, R., Lowe, J., Meinshausen, M., Meinshausen, N. and S. Raper, 2009: The exit strategy. *Nature Reports Climate Change* 3: 56-58
- Nordhaus W.D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations>
- Stern, L. N., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations>

40. Spring, U.O., 2009: Social vulnerability and geopolitical conflicts due to socio-environmental migration in Mexico, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562005, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

41. Warner, K., 2009: Migration: Climate adaptation or failure to adapt? Findings from a global comparative field study, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562006, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

42. Gleditsch, N.P. and R Nordås., 2009: IPCC and the climate-conflict nexus, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562007, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

43. Scheffran, J., 2009: Climate-induced instabilities and conflicts. IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562010, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

44. Brauch, H.G., 2009: Climate change impacts on migration: Conflict and cooperation in the Mediterranean, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562004, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

45. Wright, S., 2009: Emerging military responses to climate change – the new technopolitics of exclusion, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562001, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

46. Wright, S., 2009: Climate Change & The New Techno-Politics of Border Exclusion & Zone Denial, presentation at Climate/Security, conference organised by Centre for Advanced Security Theory, Copenhagen, on March 9, 2009; http://cast.ku.dk/events/cast_conferences/climatesecurity/wrightcopenhagenpaper.doc/.

47. Trombetta, J., 2009: The meaning and function of European discourses on climate security, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 562009, available online at <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/56>.

48. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

49. Urge-Vorsatz, D., Koeppel, S. and S. Mirasgedis 2007: An appraisal of policy instruments for reducing buildings CO₂ emissions. Building Research and Information 35(4): 458 – 477.

50. Expert Group on Energy Efficiency 2007. Jochem, E., Dadi, Z., Bashmakov, I., Chandler, W., Farinelli, U., Halpeth, M. K., Jollands, N., Kaiser, T., Laitner, J. S., Levine, M., Moisan, F., Moss, R., Park, H.-C., Platonova-Oquab, A., Schaeffer, R., Sathaye, J., Siegel, J., Urge-Vorsatz, D., Usher, E., Yanjia, W. and E. Worrell: Realizing the Potential of Energy Efficiency: Targets, Policies, and Measures for G8 Countries. United Nations Foundation Expert Report. Washington, DC., United Nations Foundation: 72 pp. Available at http://www.unfoundation.org/files/pdf/2007/Realizing_the_Potential_Energy_Efficiency_full.pdf.

51. Schaeffer, M., Kram, T., Meinshausen, M., van Vuuren, D.P., and W.L. Hare, 2008: Near-linear cost increase to reduce climate-change risk. Proceedings of the National Academy of Sciences 105: 20621-20626.

52. Van Vuuren, D.P., de Vries, B., Beusen, A. and P.S.C. Heuberger, 2008. Conditional probabilistic estimates of 21st century greenhouse gas emissions based on the storylines of the IPCC-SRES scenarios. Global Environmental Change 18: 635-654.

53. Biermann, F., 2009: Earth system governance. Outline of a research programme, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 482001, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/48>.

54. Matthews, H.D. and K. Caldeira, 2008: Stabilizing Climate requires near-zero emissions. Geophysical Research Letters 35 (4): L04705

55. Nakicenovic, N., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>

56. Knopf, B., Edenhofer, O., Barker, T., Baumstark, L., Kitous, L., Kypreos, S., Leimbach, M., Magne, B., Scricciol, S. and H. Turton, 2009: Low stabilization pathways: Economic and technical feasibility, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 272002, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/27>.

57. Kammen, D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>

58. Knopf, B., Edenhofer, O., Barker, T., Bauer, N., Baumstark, L., Chateau, B., Criqui, P., Held, A., Isaac, M., Jakob, M., Jochem, E., Kitous, A., Kypreos, S., Leimbach, M., Magne, B., Mima, S., Schade, W., Scricciol, S., Turton, H. and D. van Vuuren, 2009: The economics of low stabilisation: implications for technological change and policy. In M. Hulme and H. Neufeldt (Eds) Making climate change work for us - ADAM synthesis book, Cambridge University Press, in press.

59. Meinshausen, M., 2006: What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? - A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates. In: Schellnhuber, J. S., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T. M. L. and G. Yohe. Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.

60. Edenhofer, O., B. Knopf, M. Leimbach, N. Bauer (Eds), 2009: The Economics of Low Stabilization, The Energy Journal (Special Issue), forthcoming

61. Keith, D., 2009: Climate engineering as risk management, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 452002, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/45>

62. Liverman, D., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>

63. Schellnhuber, J., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>

64. Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and R.L. Naylor, 2008: Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. Science 319 (5863): 607-610

65. ESSP Global Environmental Change and Food Systems project, 2009: Global Environmental Change and Food Systems [online], available at www.gecfa.org [access date 04/06/2009]

66. UNDP, 2007: Human Development Report 2007/2008. Combatando as Mudanças Climáticas: Human solidarity in a divided world. United Nations, New York.

67. Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraipappah, A.K., Hassan, R., Kasperson, R., Leemans, R., May, R.M., McMichael, A.J., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R.T., Zakri, A.H., Shidong, Z., Ash, N.J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M.J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J. and M.B. Zurek, 2005: Millennium Ecosystem Assessment Synthesis report. Island Press, Washington DC.

68. Munasinghe, M. 2009: Sustainable Development in Practice: Sustainability Framework and Applications, Cambridge University Press, London, UK, Chap.5.

69. Kammen, D., 2009: Figure from plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>. Figure based on Duke and Kammen 1999; Nemet and Kammen 2007; historical data from Navigant (2007).

70. Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., and D.A. Wardle, 2001: Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 294: 804-808

71. Busch, J., Strassburg, B., Cattaneo, A., Lubowski, R., Boltz, F., Ashton, R., Bruner, A., Creed, A., Obersteiner, M. and R. Rice, 2009: Collaborative modelling initiative on REDD economics, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 252019, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/25>

72. Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H.H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, R.J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenko, V., Schneider, U. and S. Towprayoon, 2007: Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment 118: 6-28

73. Shapouri, H., Duffield, J.A., and M.S. Graboski, 1995: Estimating the Net Energy Balance of Corn Ethanol. Agricultural Economic Report, United States Department of Agriculture, Lincoln NE

74. Shapouri, H., Duffield, J.A., and M. Wang, 2002: The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update. Agricultural Economic Report, United States Department of Agriculture, Lincoln NE

75. Ulgiati, S., 2001: A comprehensive energy and economic assessment of biofuels: when "green" is not enough. Critical Reviews in Plant Sciences 20 (1): 71.

76. McLaughlin, S.B., and M.E. Walsh, 1998: Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. Biomass and Bioenergy 14 (1): 317.

77. Kim, S., Dale, B.E. 2005: Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: bioethanol and biodiesel. Biomass and Bioenergy 29 (6): 426.

78. Venendaal, R., Jørgensen, U., and C.A. Foster, 1997: European Energy Crops: A synthesis. Biomass and Bioenergy 13 (3), 147.

79. Armstrong, A.P., Baro, J., Dartoy, J., Groves, A.P., Nikkonen, J., and D.J. Rickead, 2002: Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - an update. CONCAWE, Brussels.

80. Börjesson, P. 2004: Energianalys av drivmedel från spannmål och vall. Lunds Tekniska Högskola, Lund.

81. Bernesson, S. 2004: Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – a comparison between large- and smallscale production. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

82. Rosenberger, A., Kaul, H.P., Senn, T. and W. Aufhammer, 2001: Improving the energy balance of bioethanol production from winter cereals: the effect of crop production intensity. Applied Energy 68 (1): 51.

83. Elsayed, M.A., Matthews, R., and N.D. Mortimer, 2003: Carbon and energy balances for a range of biofuels options, Hallam University, Sheffield.

84. Bentsen, N.S., and C. Felby, 2009: Energy, feed and land use balance of converting winter wheat to ethanol. Biofuels, bioproducts and biorefining, in review.

85. Olesen, J.E., 2009: Measures to promote both mitigation and adaptation to climate change in agriculture, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 242005, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/24>

86. Smith, M.S., 2009: CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia (unpublished). Contact information: <http://www.csiro.au/people/Mark.Stafford-Smith.html>

87. Steffen, W., Burbridge, A., Hughes, L., Kitching, R., Lindenmayer, D., Musgrave, W., Stafford Smith, M. and P. Werner, 2009: Australia's Biodiversity and Climate Change. CSIRO Publishing, in press.

88. Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C. and J. A. Foley, 2008: Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000, Global Biogeochem. Cycles, 22: GB1003

89. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W. and M. Fischer-Kowalski, 2007: Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (31): 12942-12947.

90. Aqauast, 2009: Review of global agricultural water use per country, conclusions, [online] available at http://www.fao.org/nr/water/aqauast/water_use/index6.stm [accessed on 04/06/2009]. Food and Agricultural Organisation of the United Nations

91. Kammen, D. M., 2006: The Rise of Renewable Energy, Scientific American (September): 82-91.

92. Fuller, M., Portis, S., and D.M. Kammen, 2009: Towards a low-carbon economy: municipal financing for energy efficiency and solar power, Environment, 51 (1): 22-32.

93. Daniell, K.A., Mdnez Costa, M.A., Ferrand, N., Vassileva, M., Aix, F., Coad, P. and I. S. Ribarova, 2009: Aiding multi-level decision-making processes for climate change mitigation and adaptation, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 392006, available online at <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/39>

94. Forstater, M., Oelschlaegel, J., Monaghan, P., Knight, A., Shah, M., Pedersen, B., Upchurch, L., and P. Bala-Miller, 2007: What assures Consumers on Climate Change?, Research report. Available online at: <http://www.accountability21.net/publications.aspx?id=1090>. Accountability, Beijing, Geneva, London, Sao Paolo and Washington DC

95. Butler, C. and N. Pidgeon, 2009: Climate Risk Perceptions and local experiences at the 2007 summer flooding: Opportunities or obstacles to change?, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 262008, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/26>.

96. Read P., 2006: Carbon Cycle Management with Biotic Fixation and Long-Term Sinks, In: Schellnhuber, H. J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T., and G. Yohe (Eds.). Avoiding Dangerous Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, p. 373-378

97. WBGU, 2009: Politikberatung zum Globalen Wandel, [online] available at <http://www.wbgu.de/> [accessed on 04/06/2009]

98. Müller, C., Bondeau, A., Lotze-Campen, H., Cramer, W., and W. Lucht, 2006: Comparative impact of climatic and nonclimatic factors on global terrestrial carbon and water cycles, Global Biogeochemical Cycles 20: GB4015, doi:10.1029/2006GB002742

99. Banaszak, I., Matczak, P. and A. Chorynski, 2009: The role of shared mental models for adaptation policies to climate change, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences 6: 392001, available online at: <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/39>

100. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and J. Foley, 2009: Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Nature, in press.

101. Lynch, A., 2009: Plenary presentation at the International Scientific Congress on Climate Change 2009. Available online at: <http://climatecongress.ku.dk/presentations/congresspresentations/>

Todos os hiperlinks estão acessíveis desde junho de 2009



COMISSÃO DE COORDENAÇÃO CIENTÍFICA

Professor Katherine Richardson (presidente),
University of Copenhagen

Professor Ole Wæver,
University of Copenhagen

Professor Inez Fung,
University of California – Berkeley

Professor Daniel M. Kammen,
University of California, Berkeley

Dr. F. Michael Saunders,
National University of Singapore

Professor Akimasa Sumi,
The University of Tokyo

Professor Kazuhiko Takeuchi,
The University of Tokyo

Mr. Keisuke Hanaki,
The University of Tokyo

Professor Will Steffen,
Australian National University

Dr. Frank Jotzo,
Australian National University

Professor Nina Buchmann,
ETH Zürich

Professor Christoph Schär,
ETH Zürich

Professor Daniel Esty,
Yale University

Professor Diana Liverman,
University of Oxford

Professor Lu,
Peking University

Dr. Terry Barker,
University of Cambridge

Professor Dr. Rik Leemans,
Wageningen University (observador)

Professor Hans Joachim Schellnhuber,
Director of the Potsdam Institute for Climate Impact Research and
Visiting Professor at University of Oxford (observador)

REVISORES

(em ordem alfabética)

Professor Annela Anger,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of
Cambridge

Professor Rob Bailis,
Yale School of Forestry & Environmental Studies, Yale University

Professor Dennis Baldocchi,
Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California,
Berkeley

Professor C.T. Arthur Chen,
Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-sen University, Taiwan

Professor Lynn Dicks,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of
Cambridge

Professor John Harte,
Department of Environmental Science, Policy & Management, University of California,
Berkeley

Professor Kirsten Hastrup,
Department of Anthropology, University of Copenhagen

Professor Andrew Hector,
Institute of Environmental Sciences University of Zürich

Dr. Frank Jotzo,
Climate Change Institute, Australian National University

Professor Eigil Kaas,
Niels Bohr Institute, University of Copenhagen

Professor Anne Larigauderie,
Executive Director of Diversitas

Professor Katherine Law,
IPSL Service, Aéronomie Boite 102, Université Pierre et Marie Curie

Professor Harold A. Mooney,
Department of Biological Sciences, Stanford University

Professor Karsten Neuhoff,
Faculty of Economics, University of Cambridge

Professor Anand Patwardhan,
S J Mehta School of Management, Indian Institute of Technology, Powai, India

Professor Navin Ramankutty,
Department of Geography & Earth System Science Program,
McGill University

Professor Matthias Roth,
Department of Geography, National University of Singapore

Professor Serban Scrieciu,
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research (4CMR), University of
Cambridge

Executive Director Sybil Seitzinger,
The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Secretariat

Professor Frank Sejersen,
Department of Cross-Cultural and Regional Studies,
University of Copenhagen

Dr. Mark Stafford Smith,
CSIRO Sustainable Ecosystems & Desert Knowledge CRC, IHDP

Dr. Olga Solomina,
Department of Glaciology, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

Professor Liya Yu,
Division of Environmental Science and Engineering,
National University of Singapore

Professor Dr. Tong Zhu,
College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University

A Equipe de Redatores gostaria de agradecer ao Climate Office da Universidade de Copenhague, aos Dr. Dorthe Hedensted Lund, Dr. Katrine Hahn Kristensen e Professor Ole John Nielsen, da Universidade de Copenhague, e a Srta. Veronika Huber, do Potsdam Institute for Climate Impact Research pela ajuda prestada na produção deste relatório síntese.