



# Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico

*José Correa* LEITE



## RESUMO

A climatologia está no centro de um dos debates mais polarizados da atualidade, apresentado como confronto entre os defensores da existência de um aquecimento global antropogênico e aqueles que rejeitam sua existência. A instituição chave para esse tema é o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), um corpo simultaneamente científico e político. O debate surge aí mesclado com a discussão política sobre as respostas adequadas ao aquecimento global. Mas, rechaçados nesse terreno, os negacionistas transpõem o debate para a mídia, onde mobilizam a pseudociência para deslegitimar as conclusões das disciplinas científicas ligadas ao entendimento do clima. Temos, assim, uma produção consciente da ignorância em larga escala sobre o tema do aquecimento global, demandando o uso da agnotologia para desvendar o mecanismo de produção da ignorância. A climatologia revela-se, então, um campo exemplar para o estudo da inserção histórico-social do conhecimento científico e das tensões e trajetórias conflitivas no seu interior, dos dilemas éticos que coloca e das possibilidades universalistas do conhecimento científico na era da tecnociência.

**PALAVRAS-CHAVE** • Climatologia. Meteorologia. Ciências do clima. Agnotologia. Controvérsias científicas. IPCC. Mudanças climáticas. Aquecimento global. Gases do efeito estufa. Modelagem.

## INTRODUÇÃO

A climatologia está no centro de um dos debates mais polarizados da atualidade, apresentado pela mídia como o confronto entre os defensores da existência de um aquecimento global causado pelas emissões de gases do efeito estufa pela atividade humana e aqueles que rejeitam a existência de um aquecimento ou o consideram resultado de um fenômeno natural. Mas este, que seria um debate científico, frequentemente surge mesclado com o debate eminentemente político sobre quais deveriam ser as respostas adequadas da sociedade ao aquecimento global. É, então, importante distinguir o que são posições e controvérsias científicas e, portanto, qual é a comunidade científica que as arbitram, e o que são disputas políticas e ideológicas apresentadas como científicas mesmo sem respaldo dos cientistas da área, com a mobilização da pseudociência para

deslegitimar as conclusões das disciplinas envolvidas no tema. Robert Proctor chama de “agnostologia” ao estudo dessa produção consciente da ignorância para legitimar ou deslegitimar determinadas posições e crenças. A agnotologia é hoje indispensável para compreender vários debates envolvendo a climatologia e outras disciplinas científicas (cf. Proctor & Schiebinger, 2008).

As controvérsias sobre o clima giram também em torno de uma instituição, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), estabelecido em 1988 no sistema da Organização das Nações Unidas (ONU). O IPCC é uma organização híbrida, simultaneamente científica e política, de caráter inédito. De um lado, ele envolve a contribuição voluntária de milhares de cientistas de centenas de países (envolvendo também as instituições em que trabalham), que têm como tarefa sistematizar periodicamente o conhecimento científico produzido sobre o clima e as mudanças climáticas, tendo publicado até agora cinco relatórios em 1990, 1995, 2001, 2007 e 2014. Os relatórios resultam do esforço de sistematização de três grupos de trabalho:

- grupo 1 – a base da ciência física;
- grupo 2 – impacto, adaptação e vulnerabilidade;
- grupo 3 – mitigação da mudança climática.

De outro lado, o IPCC também produz, a cada relatório, um sumário das conclusões dos três grupos de trabalho para os formuladores de políticas, o qual envolve a concordância dos representantes dos governos. Os relatórios do IPCC correspondem, pois, à aferição periódica do nível de acordo da comunidade científica envolvida no estudo do clima, mas também a uma luta de vontades políticas sobre o que fazer a partir disso.

O clima tornou-se foco da atenção de múltiplos atores. Empresas, movimentos ambientais, de consumidores ou de populações tradicionais demandam posicionamentos e recomendações de políticas públicas contraditórias. Da mesma forma, fazem-no países centrais, periféricos, ou ainda, organismos multilaterais. Assim, além de produzir conhecimento científico, a climatologia é também chamada a avaliar riscos e orientar a ação político-social, independente do grau de certeza que pode oferecer sobre suas formulações. A climatologia é, então, um campo exemplar da inserção histórico-social do conhecimento científico e das tensões e trajetórias conflitivas no seu interior, dos dilemas éticos que coloca e das possibilidades universalistas do conhecimento científico na era da tecnociência.

## I A GUERRA FRIA E A GÊNESE DA MODERNA CIÊNCIA DO CLIMA

A moderna climatologia é o resultado do encontro da previsão meteorológica do tempo por computadores com os estudos sobre o ciclo do carbono, que ocorreu na década de 1950. A Segunda Guerra Mundial deu um enorme impulso à meteorologia. Os Estados Unidos, onde existiam cerca de 400 meteorologistas profissionais na década de 1930, formaram entre 1940 e 1945, 8 mil meteorologistas e 20 mil observadores meteorológicos em cinco programas universitários de pesquisa e formação. Uma enorme rede de meteorologistas tinha agora condições de definir e lidar com a atmosfera em termos matemáticos, nos marcos estabelecidos por Vilhelm Bjerknes e a escola de Bergen. A guerra também acelerou o desenvolvimento da tecnociência, mudando seu lugar na estrutura de poder da sociedade. O projeto Manhattan simbolizou e deu credibilidade prática para esse novo papel da ciência nos Estados Unidos, mas Reino Unido, União Soviética, Alemanha e Japão também realizaram, nos seus âmbitos, enormes mobilizações de cientistas para o esforço de guerra. Com o início da Guerra Fria, todas as potências passam a ver na pesquisa tecnocientífica, financiada por gastos governamentais, uma dimensão estratégica da preparação para conflitos militares futuros. Cientistas exerceram, entre os anos 1940 e 1990, um papel-chave nesse complexo militar, acadêmico e corporativo, ganhando prestígio, poder, boas remunerações e acesso a recursos para aquelas pesquisas que pudessem interessar aos militares (cf. Agar, 2010; Finkbeiner, 2006; Wolfe, 2013).

Mas a Segunda Guerra Mundial consolidou também a transformação da natureza da guerra, iniciada em 1914, que passou a ser concebida como um conflito total travado com todas as armas possíveis de destruição em massa, visando inclusive exterminar parcelas da população dos países inimigos; o que constituiu a origem também do conceito de totalitarismo, empregado pela filosofia política. A Guerra Fria prosseguiu na lógica da guerra total, impulsionando o desenvolvimento da teoria dos jogos, em uma tentativa insana de racionalizar o comportamento dos eventuais contendores (cf. Erickson *et al.*, 2013).

Grande parte dos fundos dedicados às pesquisas nas ciências do sistema Terra nos Estados Unidos visavam, depois de 1945, produzir conhecimentos que poderiam ser empregados nessa guerra total. Como lembra Jacob Hamblyn, quando um terremoto de magnitude 9,5 atingiu o Chile em maio de 1960, militares e cientistas, ligados à Organização do Atlântico Norte (OTAN), imediatamente estudaram o ocorrido dentro daquilo que eles chamavam de “guerra ambiental”, discutindo a possibilidade de bombas de hidrogênio bem colocadas em pontos de tensão e instabilidade da crosta terrestre produzirem efeitos equivalentes aos de terremotos. “Ao lado de terremotos,

cientistas (...) trabalharam com a contaminação radiológica, armas biológicas, controle do clima e vários outros projetos que unificaram o conhecimento científico do ambiente natural com o propósito estratégico de matar grande número de pessoas” (Hamblin, 2013, p. 3-4). Os exemplos são incontáveis. Os Estados Unidos acobertaram as atividades da unidade de guerra bacteriológica do Japão, responsável por crimes contra a humanidade por suas atividades na China, perdoando seus integrantes em troca do conhecimento que acumularam (cf. Harris, 1994). O congressista Al Gore sugeriu que os Estados Unidos lançassem dejetos nucleares na fronteira entre a Coreia do Norte e do Sul. Mesmo a comprovação da teoria da deriva continental na década de 1960 resultou das atividades de rastreamento do fundo do mar visando a detecção de submarinos soviéticos (cf. Hamblin, 2005; Oreskes & Le Grand, 2003).

Não é, assim, surpreendente que o desenvolvimento dos computadores e a operacionalização da previsão numérica do tempo também surgissem dessas iniciativas. A guerra tinha aberto caminho para o desenvolvimento de grandes computadores eletrônicos e para a montagem de toda a infraestrutura de pesquisa científica que integra os esforços entre as instituições militares, acadêmicas e empresariais (cf. Akera, 2007; Edwards, 1996; Isaacson, 2014). Os computadores construídos antes e durante a guerra eram analógicos. Mas John von Neuman concebeu um computador com uma arquitetura diferente, uma máquina universal de processar informações, um equipamento (*hardware*) capaz de processar diferentes programas (*softwares*). Para viabilizar esse projeto, ele apresenta à marinha dos Estados Unidos, junto com Carl-Gustaf Rossby, um dos expoentes da escola de Bergen, o “projeto meteorológico”, que é a proposta do primeiro computador digital do mundo, que poderia não apenas prever o tempo, mas sugerir-se que também poderia controlá-lo, de modo que o clima pudesse vir a ser utilizado como uma arma de guerra contra os soviéticos (cf. Edwards, 2010; Hamblin, 2013; Harper, 2008). Ademais, a ideia de modificar ou “consertar” o tempo já tinha uma longa tradição nos Estados Unidos, cuja origem remontava aos “fazedores de chuva” do século XIX. Agora supunha-se também que os cientistas forneceriam as ferramentas para realizar o antigo sonho (cf. Fleming, 2010). Meteorologistas ligados à marinha pensavam que a teoria para isso já existia, mas o obstáculo seriam os cálculos complicados e demorados; alguns aventavam a hipótese do uso de armas nucleares para desviar furacões de centros populosos (cf. Harper, 2008; Hamblin, 2013).

Mas muito ainda tinha que ser avançado em termos da teoria física e matemática da circulação da atmosfera, em especial na resolução das equações não lineares que definem o movimento da atmosfera, a qual Lewis Richardson tinha demonstrado, depois da Primeira Guerra Mundial, ser possível de resolver, mas que teriam antes que tornar-se operações rotineiras (cf. Lynch, 2006). O desenvolvimento matemático da

modelização numérica do tempo foi feito por Jules Charney, responsável pela parte meteorológica do projeto de von Neuman. Em 1954, a previsão numérica do tempo torna-se regular nos Estados Unidos, com o Escritório Meteorológico, a Marinha, a Força Aérea, o Instituto de Estudos Avançados do MIT e a Universidade de Chicago formando a Unidade Conjunta de Previsão Numérica do Tempo. No ano seguinte, eles começariam a divulgar, duas vezes por dia, suas previsões do tempo. Na década que se seguiu, diversos países dotaram-se de condições para prever o tempo com o auxílio de computadores.

Esses avanços na computação e na meteorologia criaram as condições para uma revolução na climatologia. Até então, a climatologia era uma disciplina de arquivistas e estatísticos (ou de “empiristas”). Para esses pesquisadores, a atmosfera era um sistema muito complexo, que deveria ser estudado por métodos estatísticos, buscando regularidades a partir da análise de séries históricas de observações. Trata-se de uma climatologia ligada principalmente à geografia. Como afirmou o meteorologista inglês Durst em 1951, “a climatologia, tal como praticada no presente, é primariamente um estudo estatístico sem base na compreensão física que é essencial para o progresso” (Durst *apud* Edwards, 2010, p. 72). Mas isso muda a partir do encontro da modelagem atmosférica por computadores, desenvolvida a partir da meteorologia, com as novas pesquisas sobre o ciclo global do carbono.

A motivação para esse estudo devia-se, antes de tudo, à necessidade de compreender as precipitações radioativas decorrentes dos testes nucleares. Os cientistas dispunham agora de computadores e equipamentos mais sensíveis do que os das gerações anteriores e podiam medir a absorção da radiação não só ao nível do mar mas também em altas altitudes. Além disso, o movimento do carbono podia a partir de agora ser rastreado graças a uma nova ferramenta, a detecção do isótopo radioativo carbono 14. Gilbert Plass, Hans Suess, Roger Revelle e Charles Keeling puderam assim descrever, entre 1953 e 1960, a absorção de dióxido de carbono pela atmosfera e pelos oceanos. Graças à combinação do Ano Geofísico Internacional com uma disponibilidade de fundos de origem militar, Charles Keeling, trabalhando para o Instituto Scripps de Oceanografia, realizou medições precisas da concentração de dióxido de carbono no alto do cume do Mauna Loa, no Havaí, e na Antártica, constatando – entre 1958 e 1960 – que a presença do gás na atmosfera estava crescendo. Na década seguinte, Keeling foi capaz de montar uma estação no Mauna Loa, tornando permanente o monitoramento dos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera (cf. Archer, 2010; Weart, 2004). O resultado é um gráfico serrilhado abaixo, em uma escala que estava em 315 partes por milhão em 1959 e atingiu 400 partes por milhão em 2014 e que constitui a base da ciência e da política do clima.

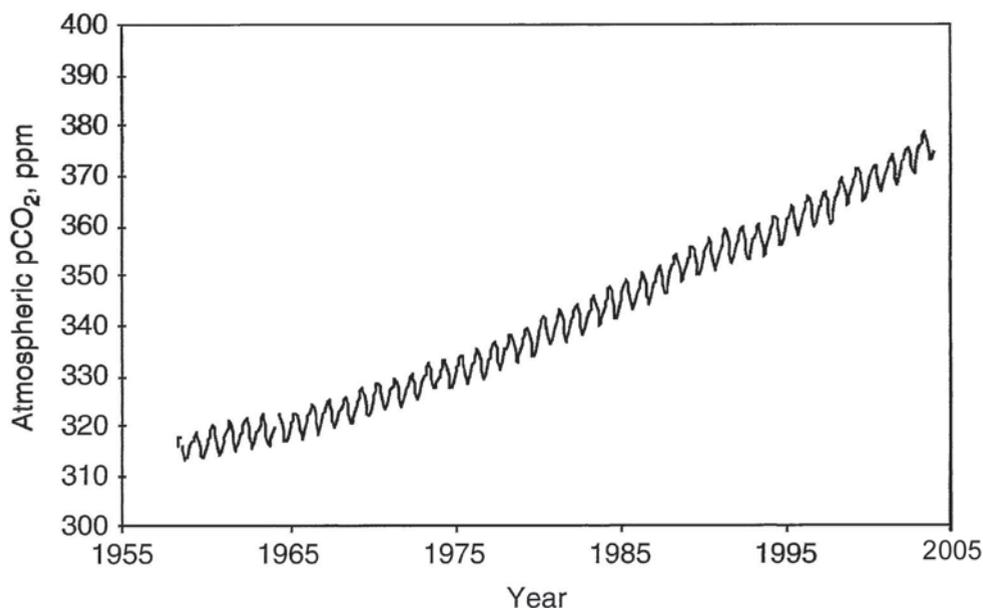


Gráfico 1. Evolução da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico medido pelo observatório de Mauna Loa, no Havaí. Hoje o nível ultrapassa as 400 partes por milhão. (Reproduzido de Archer & Rahmstorf, 2010, p. 23).

## 2 A CLIMATOLOGIA EM UMA ÉPOCA DE ABERTURA

O desenvolvimento, pela meteorologia, da modelagem por computadores permitiu a fundação de uma nova climatologia, agora capaz de apreender a dinâmica planetária do clima a partir de seus fundamentos físicos. Os climatologistas buscavam não mais as regularidades estatísticas no clima, mas simular o clima com modelos semelhantes aos utilizados na previsão numérica do tempo, incorporando neles conclusões dos estudos físico-químicos da atmosfera, tais como as do ciclo do carbono. Tratava-se, também, diferentemente da meteorologia da primeira metade do século xx (cujo dinamismo esteve centrado na Escandinávia), de uma disciplina, em grande medida, modulada pela atuação de pesquisadores norte-americanos, associando-se, na segunda metade do século xx, a influências específicas do contexto estadunidense, com projeções para áreas de cultura anglo-saxãs (a Guerra Fria, o programa espacial, o desenvolvimento e disponibilidade de computadores etc.) (cf. Agar, 2012).

A climatologia moveu-se na direção de replicar em máquinas a dinâmica global da atmosfera da Terra. Em 1955, foi criada, por sugestão de von Neuman, a Seção de Pesquisa da Circulação Geral, voltada para criar modelos tridimensionais da circulação geral da atmosfera, dirigida por Joseph Smagorinsky. A simulação do clima permi-

tia agora experimentos nessa disciplina, nos quais se podia modificar distintas variáveis consideradas importantes; o que antes ocorria muito ocasionalmente na natureza, por exemplo, com uma grande erupção vulcânica. A relação entre simulações, experimentos e dados abriu um debate metodológico importante para a definição dos critérios de cientificidade, desenvolvido por autores como Edwards (2010), Collins (2002), Gramelsberger e Feichter (2011) e Humphreys (2004). Os modelos de circulação atmosférica global ou geral (CGM da sigla em inglês) eram o último degrau do programa de pesquisa meteorológica de von Neuman, possibilitando o que ele chamava de “previsão infinita”. Foram esses modelos que permitiram reunificar as três dimensões da meteorologia separadas no século XIX, a saber, a previsão do tempo, a teoria física e a climatologia empírico-estatística.

Os sucessivos e cada vez mais complexos modelos de circulação geral dependiam do acesso a computadores cada vez mais poderosos. Os modelos evoluirão, incorporando mais variáveis e dimensões, avançando por anos e décadas de simulações, na medida em que crescia a capacidade de processamento dos computadores, a qual aumentava seguindo a lei de Moore. A difusão de supercomputadores permitiu que centros de climatologia se formassem em diferentes países, cada um desenvolvendo seus próprios modelos de circulação atmosférica. Quando, na década de 1990, foi proposto um projeto de comparação entre esses modelos, 33 grupos compareceram com seus CGMs. A climatologia tornou-se uma das grandes usuárias de supercomputadores do mundo, atrás apenas do desenvolvimento de armas nucleares e da física de partículas.

Paul Edwards vai destacar a relação íntima entre a consolidação da climatologia como disciplina e o desenvolvimento das armas nucleares durante a Guerra Fria, tanto pelo lado da meteorologia numérica, como pelo da análise do ciclo do carbono:

A ciência do clima e os testes de armas nucleares têm um relacionamento longo e surpreendentemente íntimo. As redes globais que monitoram a pluma de radiação Fukushima e previram seu movimento são os descendentes diretos de sistemas e modelos de computador desenvolvidos para traçar as precipitações dos testes de armas. Rastrear o carbono radioativo na medida em que ele circula pela atmosfera, pelos oceanos e pela biosfera tem sido crucial para a compreensão da mudança climática antropogênica. Os primeiros modelos climáticos globais recorrendo a métodos numéricos eram muito semelhantes aos desenvolvidos por *designers* de armas nucleares para resolver as equações de dinâmica dos fluidos necessárias para analisar as ondas de choque produzidas em explosões nucleares. As consequências climáticas da guerra nuclear também representam uma grande interseção histórica entre a ciência do clima e os assuntos nucleares. Sem o trabalho feito por projetistas e construtores de armas nucleares, os cientistas

saberiam muito menos do que eles agora sabem sobre a atmosfera. Em particular, essa pesquisa tem contribuído enormemente para o conhecimento sobre o dióxido de carbono, que eleva a temperatura da Terra, e os aerossóis, que reduzem essa temperatura. Sem modelos climáticos, cientistas e líderes políticos não teriam compreendido a extensão do poder das armas nucleares para aniquilar não só os seres humanos, mas também as outras espécies (Edwards, 2012, p. 28).

A conexão da meteorologia e da climatologia com as pesquisas militares seria reforçada com o lançamento do Sputnik 1, que deu início à corrida espacial entre norte-americanos e soviéticos, fazendo com que mais verbas fluíssem para a pesquisa nas geociências e nas nascentes ciências planetárias (cf. Cadbury, 2006; Dickson, 2007). E o lançamento do satélite meteorológico TIROS 1 (*Television Infrared Observation Satellites*), em 1960, oferecia à meteorologia e à climatologia novas e poderosas ferramentas de sensoriamento remoto da Terra, capazes de visualizar todo o planeta; era enfim possível observar a Terra do espaço.

A corrida espacial articulava-se com a Guerra Fria de uma maneira complexa, não apenas intensificando-a (a crise dos mísseis em Cuba se dá em 1962), mas também redefinindo-a (em 1963 é assinado o tratado sobre proibição parcial dos testes nucleares). Os voos espaciais foram parcialmente metabolizados pelo imaginário dos anos 1960 como uma iniciativa do conjunto da humanidade, que dava seus primeiros passos fora do planeta, e pelos quais as superpotências disputavam prestígio e *softpower* nas relações internacionais (cf. Cadbury, 2006). As imagens da Terra distante nas fotografias tiradas da órbita lunar foram apresentadas como indicativas da fragilidade da vida no solitário planeta azul ou a necessidade da solidariedade de todos os “tripulantes” da “espaçonave Terra”. Em um momento em que as teorias dos sistemas se difundiam por muitas disciplinas, o planeta começava a transformar-se no “sistema Terra” (cf. Edwards, 2010).

O tratamento da Terra como um sistema já tinha sido iniciado antes, no Ano Geofísico Internacional (cf. Belanger, 2006). Esse foi o momento de início da perfuração de núcleos de gelo, cujo desenvolvimento permitiria, ao longo das décadas seguintes, reconstituir o clima passado da Terra. Assim, em 1964, em Camp Century, na Groenlândia, já se havia alcançado 535 metros; em 1968, na Estação Bird, na Antártida, 2164 metros (cf. Cox, 2005). O retrato cada vez mais preciso oferecido pela paleoclimatologia começava a desenhar uma dinâmica de dezenas de eras do gelo e de mudanças climáticas abruptas.

O Ano Geofísico Internacional também propiciou o fortalecimento da Organização Meteorológica Mundial (WMO, da sigla em inglês), fundada em 1950 no lugar da Organização Meteorológica Internacional, estabelecida em 1873. A WMO seria inter-

nalizada pelo sistema ONU e apresentada como o protótipo de uma organização cujos frutos deveriam beneficiar toda a humanidade. Em 1963, a WMO criaria o Observatório Mundial do Tempo e, em 1968, o Programa Global de Pesquisa Atmosférica, conhecido por sua sigla em inglês, GARP, com o objetivo de estudar a circulação geral da atmosfera. A WMO alimentava o que Edwards (2010) chama de “globalismo infraestrutural”, estimulando novos modos de pensar globalmente, em consonância com o pensamento ecológico, que se tornaria um novo paradigma para pensar o mundo e também um movimento social cada vez mais importante desde que Raquel Carson publicou, em 1962, *A primavera silenciosa*. Ecoando o clima político da época, o presidente Johnson abordou, em uma mensagem especial ao Congresso de 8 de fevereiro de 1965, o tema das mudanças climáticas, lembrando que sua geração alterou a composição da atmosfera em escala global através de materiais radioativos e do aumento constante do dióxido de carbono por meio da queima de combustíveis fósseis. Já se firmava a posição de que um aquecimento do planeta estava em curso, ainda que as consequências disso fossem projetadas para décadas no futuro.

Entrementes, uma descoberta feita em 1961 pelo matemático e meteorologista Edward Lorenz, iria modificar profundamente a lógica prevalente nas ciências atmosféricas e, depois, nas ciências do sistema Terra, abalando muitas tensões fáusticas no seu interior (cf. Martins, 2012). Rodando uma simulação da atmosfera em um computador, Lorenz teve que reduzir o número de casas decimais das variáveis com que trabalhava para reduzir o tempo de processamento de seu computador; descobriu, então, que modificações muito pequenas nas condições iniciais evoluíam para estados muito diferentes, impossibilitando a previsão a longo prazo. Em 1963, Lorenz publicou “Fluxo determinístico não periódico”, a primeira teorização do que é hoje conhecido como teoria do caos. Por outro lado, a modelagem por computadores permitia que eles passassem a ter um uso heurístico na produção de novos conhecimentos sobre a atmosfera e o clima (cf. Dalmedico, 2001; Gramelsberger & Feichter, 2011; Gleick, 1998; Lorenz, 2004).

As consequências do trabalho de Lorenz demoraram para serem absorvidas, mas, na medida em que o eram, questionavam os pressupostos que tinham embasado o projeto meteorológico nos Estados Unidos, a possibilidade de previsão e controle do clima pelo avanço das ciências atmosféricas, não por limitações do conhecimento, mas antes pela própria natureza não linear dos complexos sistemas atmosféricos. Essa ducha de água fria sobre a perspectiva faustica que estimulou o nascimento da meteorologia e da climatologia modernas, buscando submeter o clima a um controle humano, não afetou, por algum tempo, a alocação de recursos para essas pesquisas ou pelo menos sua interface com programas militares. Nos anos 1960 e 1970, os Estados Unidos desenvolveram grandes operações na guerra do Vietnã visando desmatar o país, por

exemplo, com o uso do agente laranja, para o que a meteorologia era vital (cf. Martini, 2012; Sills 2014; Young, 2009; Zierler, 2011). Do mesmo modo, com o projeto Plowshare (cf. Kaufman, 2013), que visava utilizar explosivos nucleares para grandes obras de construção civil, mesmo face às crescentes preocupações quanto ao efeito das precipitações nucleares tendo em vista o teste de armas atômicas.

A legitimidade e autoridade política dos cientistas e sua centralidade para a segurança nacional nos Estados Unidos não foram abaladas, na passagem dos anos 1950 para os anos 1960. Mas, em meados desta última década, lutas democráticas e por direitos civis, bem como movimentos de juventude, ecológicos e pacifistas – em especial contra a guerra do Vietnã – emergiram por toda parte, modificando o cenário político-ideológico na sociedade civil. Protestos nas universidades estadunidenses começaram a questionar a ligação dos departamentos e laboratórios científicos das universidades com projetos militares. Os movimentos antimilitares ganharam apoio de massa. E um forte movimento ambientalista emergiu nos Estados Unidos e em outros países centrais. Uma atitude crítica para com a simbiose entre ciência, guerra e poder emerge ao lado daquele até então dominante no complexo industrial-militar-acadêmico, o qual, por sua vez, procurava manter sua coesão (cf. Moore, 2008).

Na virada para a década de 1970, essa polarização atingiu seu auge, com um refluxo da perspectiva militarista e tecnocrática na sequência da derrota norte-americana na guerra do Vietnã, terminada em 1975 (Nixon tinha renunciado um ano antes em função do escândalo Watergate). As consequências disso ecoariam desigualmente nos diversos campos da pesquisa científica, e suas ondas de choque permanecem vibrando até hoje, confrontando-se agora também com as consequências da mercantilização da ciência (cf. Frickel & Moore, 2006).

Isso afeta profundamente as ciências do sistema Terra que vão ser palco de um choque entre dinâmicas conflitivas advindas da perspectiva tecnocrática e militarista do período da Guerra Fria e da nova perspectiva crítica de uma ciência aberta ao debate público. Considerando a estreita vinculação, nos projetos fundantes da moderna climatologia, entre a pesquisa científica e os interesses de segurança nacional, era previsível que tensões se acumulassem na medida em que os problemas tratados pela climatologia ganhavam destaque nos debates da sociedade e essas práticas se consolidavam nas novas gerações de pesquisadores. Nos anos 1970, a convivência ainda era possível, e a polarização ainda se manifestava como posições individuais. Porém, temas tais como as chuvas ácidas (cf. Mellamby, 1988); a poluição atmosférica; o programa de aviões supersônicos comerciais (cf. Conway, 2005); e a dilapidação do ozônio estratosférico (cf. Benedick, 1998; Parsons, 2003) vão introduzir debates científicos de grande alcance social e político e direcionar precocemente parte da comunidade científica para práticas de transparência, disputa na mídia de posições contrárias a

interesses econômicos e relação direta com uma emergente sociedade civil mobilizada por temas de interesse público (cf. Hansen, 2013; Moore, 2008; Schneider, 2009).

Mas as tensões explodiriam abertamente com a guinada conservadora e militarista promovida, depois de 1980, pelo Governo Reagan – momento em que os republicanos afastaram-se da defesa das questões ambientais, às quais estavam historicamente mais vinculados do que os democratas. Como mostra a cuidadosa pesquisa de Oreskes e Conway (2010), posições políticas conservadoras que já vinham sendo articuladas passaram a criticar abertamente as propostas ambientalistas de regulamentação governamental de qualquer atividade econômica, encontrando eco em alguns importantes físicos que foram falcões da Guerra Fria. Esse debate repercutiu amplamente sobre toda a comunidade científica e sobre a opinião pública norte-americana e europeia com a exacerbada discussão em torno do programa Guerra nas Estrelas, que se radicalizou com as polêmicas em torno do tema do “inverno nuclear”. Foi um debate exacerbado, que ecoava diretamente na climatologia e na estruturação da comunidade científica da área (cf. Badash, 2009; Robock, 2010; Turco *et al.*, 1983). Os movimentos ecológicos tornaram-se gradativamente os inimigos centrais da revigorada direita norte-americana, passando a ocupar o lugar, depois do colapso da União Soviética, da esquerda tradicional ou do comunismo.

### 3 O IPCC, O PARADIGMA DO AQUECIMENTO ANTROPOGÊNICO E A DELIMITAÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA

As evidências de um aquecimento global antropogênico, que ganharam legitimidade científica na década de 1950, foram reforçadas nos anos 1960, consolidando-se ainda mais na década seguinte. As pesquisas da paleoclimatologia puderam comprovar a teoria de Milankovic das oscilações na órbita da Terra como desencadeadoras das eras do gelo. Wallace Broecker (1975) emprega pela primeira vez a expressão “aquecimento global”. Ele é consagrado, quatro anos depois, pelo Relatório Charney sobre o dióxido de carbono e o clima, que afirma que “se o dióxido de carbono continuar a crescer, não temos razões nem para duvidar que mudanças climáticas ocorrerão, nem para acreditar que essas mudanças serão negligenciáveis” (National Academy of Science, 1979, p. vii). Embora Reid Bryson ainda sustentasse que a emissão de aerossóis na atmosfera decorrentes das atividades humanas iriam resfriar o planeta, produzindo um “vulcão humano” (cf. Bryson & Goodman, 1980), era já então um combate defensivo; ele foi o último cientista do clima de destaque a defender uma posição contrária ao aquecimento global antropogênico. E mesmo ele teve que reconhecer, no final da vida, ante o acúmulo de evidências, que o clima da Terra estava se aquecendo e não se resfriando. Spencer

Weart (2004) vem desenvolvendo um enorme esforço de documentar de forma detalhada a “descoberta do aquecimento global”, de forma que podemos remeter o aprofundamento dessa discussão a seu livro e, principalmente, ao seu site, permanentemente atualizado.

Assim, o aquecimento global antropogênico tornou-se, não em função de uma revolução científica, mas por um lento acúmulo de evidências decorrentes de novos métodos, instrumentos e pesquisas, desenvolvidos depois dos anos 1950, o paradigma hegemônico na comunidade dos cientistas do clima, a referência da ciência física a partir da qual a ciência comum no campo do clima passava a ser feita. A produção de evidências que confirmavam isso era cada vez mais compartilhada por pesquisadores de distintos países. Laboratórios de modelagem climática foram estabelecidos em diferentes regiões, estimulando pesquisas e trocas e ganhando legitimidade no diálogo e confronto, seja com as políticas de energia (sob o impacto da crise do petróleo dos anos 1970), seja com as políticas de meio-ambiente (presentes na agenda internacional depois da Conferência de Estocolmo, de 1972). Embora muitas questões ainda estivessem em aberto, o debate sobre os fundamentos físicos da ciência do clima, tal como colocado no período anterior, estava, na virada para os anos 1980, resolvido.

A Primeira Conferência Climática Mundial, em Genebra, em 1979, acelerou os processos de trocas, sem ainda soar o alarme. Ela criou um Programa Climático Mundial e organizou uma série de encontros para aprofundar o debate. Três seminários ocorreram, em 1980, 1983 e 1985, em Villach, na Áustria, patrocinados pela WMO, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio-ambiente (PNUMA) e pela União Internacional dos Conselhos Científicos (ICSU, da sigla em inglês), com os cientistas desta última participando sem representarem seus governos. O encontro de 1985 foi particularmente importante, porque nele se consolidou o acordo entre os pesquisadores de que o aquecimento global era a tendência dominante, que era causado, ao menos em parte, pelas emissões de gases do efeito estufa e que iniciativas governamentais deveriam confrontar o problema. Foi de Villach que saiu a vontade política, por parte dos setores da comunidade científica nela envolvidos, de que medidas deveriam ser tomadas. Em julho de 1986 é formado, a partir da WMO, do PNUMA e da ICSU, um Comitê Consultivo sobre os Gases do Efeito Estufa (AGGG, da sigla em inglês). Esse comitê organizou dois seminários interligados, em 1987, novamente em Villach e em Bellagio, expressando a vontade de que uma ação política agressiva fosse desencadeada no combate ao aquecimento global, apesar das incertezas ainda existentes. Em paralelo, iniciativas na WMO e o compromisso obtido entre agências do governo dos Estados Unidos, preocupadas com o ativismo do AGGG, levam à Conferência de Toronto, em junho de 1988, de onde sairia a proposta de formação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), formalizado em novembro daquele ano em

Genebra. A Assembleia Geral das Nações Unidas aprova, em 6 de dezembro de 1988, a Resolução 43-53 referendando a criação do IPCC. Esse processo foi descrito e analisado em detalhe por Shardul Agrawala (1997) e suas conclusões podem ser confrontadas com inúmeros depoimentos – como os de Bert Bolin (2007) e John Houghton (2013), de modo que não nos deteremos nele.

Quatro processos formaram o pano de fundo das discussões que percorreram os anos 1980, cruciais para que a climatologia ganhasse sua feição atual. Em primeiro lugar, o clima político particularmente polarizado nos Estados Unidos sob Reagan, no qual os conservadores retomam a iniciativa política perdida com os movimentos sociais dos anos 1960, a derrota no Vietnã e a renúncia de Nixon. Em segundo lugar, o debate organizado a partir da ONU para tratar do meio-ambiente e desenvolvimento, que produziria, em 1987, o relatório *Bundtland*, intitulado “Nosso futuro comum”, popularizando a ideia de desenvolvimento sustentável. Em terceiro lugar, a demanda urgente colocada para as ciências atmosféricas pela descoberta do buraco na camada de ozônio sobre a Antártida. Paul Crutzen, Mario Molina e Sherwood Rowland demonstraram, ao longo da década de 1970, que o óxido de nitrogênio e, principalmente, os clorofluorcarbonos (CFCs) destruíam o ozônio da atmosfera, essencial para a proteção da vida dos efeitos deletérios da radiação solar. Em 1978, aerossóis baseados em CFCs começaram a ser banidos em vários países. Nos anos 1980, medições na Antártida mostraram um rápido declínio da camada de ozônio sobre o continente nos meses da primavera e sua correlação com a presença de CFC na atmosfera, inequívocas depois de 1985. A resposta dos governos foi rápida. Em 1987, foi firmado o Protocolo de Montreal, depois reforçado por uma série de emendas, reduzindo gradativamente a produção e uso dos CFCs e de outras substâncias que destruíam a camada de ozônio (cf. Benedick, 1998; Parsons, 2003); a produção de CFCs terminou em 2010 em todo o mundo. E, em quarto lugar, uma série de fenômenos climáticos extremos que pontuaram a década e, em particular, um elemento circunstancial, a onda de calor que afetou os Estados Unidos em 1987 e 1988.

O IPCC foi estabelecido com uma natureza híbrida, um organismo científico e político, de caráter intergovernamental, patrocinado pela WMO e pelo PNUMA. Isso se deu, na avaliação da Agrawala (1997), exatamente porque os cientistas e o PNUMA tinham tido um protagonismo muito grande nas negociações do ozônio e agora os governos – em especial o dos Estados Unidos – queriam reter o máximo da governança dos processos climáticos em suas mãos. Seu caráter híbrido decorreu da tentativa dos governos de evitarem a autonomia dos cientistas em uma situação em que havia muito em jogo: na discussão sobre o aquecimento global e as emissões de carbono estava em discussão o futuro de ramos centrais da economia, como os da energia, dos transportes e da agricultura industrial. O desenho final do IPCC envolvia, portanto, oferecer

relatórios abrangentes não apenas do estado da ciência das mudanças climáticas, mas também dos impactos e das respostas, organizando-se, para isso, três Grupos de Trabalho (GT), designados no Quinto Relatório sob as rubricas (GT1) “bases da ciência física”; (GT2) “impactos, adaptação e vulnerabilidade”; e (GT3) “mitigação da mudança climática”.

Cabe, contudo lembrar que foram excluídos da arquitetura final dois grupos de trabalho que haviam sido propostos e que se dedicariam seja aos instrumentos legais seja aos elementos preparatórios de uma possível convenção. Posteriormente, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima seria um dos resultados da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, levando em 1997 ao Protocolo de Kyoto.

Uma vez estabelecido no final de 1988 e tendo sido indicado como seu primeiro presidente o climatologista sueco Bert Bolin, o IPCC autonomizou-se da WMO e do PNUMA, empoderou-se, tornou-se o palco das disputas de caráter estratégico, e passou a receber considerável pressão externa através dos representantes de empresas, movimentos ambientais e dos governos. A presidência de Bert Bolin mobilizou a comunidade científica no sentido de envolvê-la na preparação dos relatórios dos grupos de trabalho. Dada a visibilidade que o problema das mudanças climáticas adquiria e as tensões que ele concentrava era muito importante ampliar ao máximo a credibilidade científica do IPCC e ele logo adotou como método de trabalho a revisão pelos pares. Buscou, também, expandir a participação e envolver nos seus trabalhos cientistas dos países emergentes. Isso fez com que o IPCC, que apenas revê a literatura científica produzida e não encomenda, promove ou financia pesquisas, impulsionasse indiretamente a internacionalização das ciências do clima, até então concentradas nos países centrais e na União Soviética. A dinâmica política dos estados no IPCC, que deveriam aprovar linha por linha os sumários executivos para os governantes (mas não os relatórios científicos em que eles se baseavam), não afetou a pesquisa científica que seguiu autônoma, mas ao contrário, dotou seus relatórios de uma maior credibilidade, ao submetê-lo ao crivo mais crítico possível e dar a eles (ao menos formalmente) a chancela dos estados que dele participam. A preparação dos relatórios dos três grupos de trabalho, atualmente entrando na sexta rodada, vem envolvendo um número cada vez maior de pesquisadores, sistematizando em seus cinco relatórios (1990, 1995, 2001, 2007 e 2014) o estado da arte do conhecimento das comunidades de cientistas que lidam com o clima e o aquecimento global.

Como o acordo da comunidade científica em torno do aquecimento global antropogênico estabelecido na década de 1980 foi sendo gradativamente fortalecido com o trabalho do IPCC, os seus críticos tiveram que procurar atacá-lo de fora, levando a polêmica para a mídia, o que contribuiu, por sua vez, para dar mais destaque às pesquisas

sobre as mudanças climáticas. O aumento da visibilidade da climatologia, ajudou a ampliar as pesquisas na área, os recursos disponíveis, o prestígio e reconhecimento social dos cientistas envolvidos. O resultado foi um crescimento vertiginoso das pesquisas nas ciências do clima. Uma análise feita por Stanhill (2001), cobrindo o período do século XVIII até 1997, mostrou uma produção científica acumulada sobre temas ligados às mudanças climáticas de 6.734 publicações, 95% publicadas depois de 1972, com seu número nesse intervalo dobrando a cada quatro anos. Outra análise feita por Venkatesan *et al.* (2013), abarcando o período de 1999 a 2012, mostrou que o número anual de artigos publicados sobre mudanças climáticas passou de 2.376 em 1999 para 15.952 em 2012. Levando em conta que os dois estudos tomam distintas bases de dados e parâmetros, podemos considerá-los aqui apenas como indicadores indiretos da existência de uma explosão de estudos na área, correspondentes ao destaque que o aquecimento global adquiriu na agenda política mundial.

Os relatórios do IPCC contribuíram para ampliar e para delimitar mais claramente as fronteiras das ciências do clima. De um lado, o escopo definido pelos três Grupos de Trabalho (bases da ciência física; impactos, adaptação e vulnerabilidade; e mitigação da mudança climática) concentrou os climatologistas principalmente no primeiro grupo, onde também participam pesquisadores de outras ciências naturais (geofísicos, meteorologistas, oceanógrafos, glaciologistas, astrofísicos, estatísticos etc.), criando uma grande interação e diálogo com os pesquisadores das mais diversas áreas não só das ciências naturais como também das ciências sociais (geógrafos, antropólogos, economistas, demógrafos etc.). Seleccionados entre mais de três mil indicações, 831 autores participaram da redação dos três volumes normais do Quinto Relatório do IPCC.

De outro lado, o IPCC e, em especial, o GT1, empreende um esforço de síntese tão sistemático que termina por servir de modelo para o trabalho da comunidade da climatologia em seu conjunto. Assim, na quinta rodada desse grupo de trabalho foram analisados 9.200 estudos submetidos à revisão por pares, compreendendo praticamente toda contribuição relevante ao avanço do conhecimento nos últimos anos. E o relatório oferece um mapa abrangente não apenas do acúmulo na área, mas também das lacunas ou necessidades de aprofundamento, terminando por direcionar parte substancial da produção científica posterior em distintos países e instituições.

Todavia, se pelo objetivo dessa pesquisa, concentramos a atenção no GT1 sobre as bases da ciência física, não podemos perder de vista que o GT2, sobre impactos, adaptação e vulnerabilidade, e o GT3, sobre mitigação da mudança climática, são igualmente importantes (sobre eles voltaremos na seção 6 abaixo). Mas, por conta das controvérsias com os negacionistas, grande parte do impacto midiático concentra-se no trabalho do GT1. Por fim, em uma ampliação importante, o quinto relatório incorpo-

rou dois relatórios especiais adicionais, a saber, um “Relatório especial sobre a gestão de riscos de eventos extremos e desastres para avançar na adaptação à mudança climática” e um “Relatório especial sobre fontes de energia renovável e mitigação da mudança climática”, isto é, uma avaliação científica das alternativas existentes à atual matriz energética assentada em combustíveis fósseis. Nada equivalente existe em qualquer outra área da ciência.

#### 4 UMA COMUNIDADE CIENTÍFICA NA ESFERA PÚBLICA GLOBAL: O *éthos* CIENTÍFICO E A AGNOTOLOGIA

O IPCC traz para o holofote da política e da mídia mundiais a produção de uma comunidade científica, suas controvérsias e sua dinâmica interna, algo que não vemos em nenhuma outra parte e que termina por fortalecer seu trabalho, delimitando o objeto acerca do qual a ciência é produzida – a constatação do aquecimento global devido a emissão humana de gases do efeito estufa – e redireciona a pesquisa científica para um propósito comum, que é o de trabalhar para convencer a sociedade a limitar essas emissões. Explicações alternativas foram longamente debatidas e descartadas como estruturantes da climatologia. A menos que evidências substancialmente novas sejam apresentadas, a ciência comum produzida na área aprofundará o caminho traçado pelo paradigma vigente. Isso parece ainda mais claro considerando que aqui não tivemos uma revolução científica, mas um trabalho cumulativo de aprimoramento de métodos e instrumentos e acúmulo de evidências, fortalecido pela dinâmica de reforço mútuo da modelagem e da paleoclimatologia, inclusive na constatação da possibilidade de mudanças climáticas abruptas, que poderiam ser catastróficas para a humanidade.

O lento e meticuloso trabalho da ciência do clima não responde, todavia, às expectativas nem da política nem da mídia. Não responde às demandas dos políticos que, frente aos interesses do mercado, exigem verdades e certezas para agirem. O clima é um sistema notoriamente complexo e caótico e o que a ciência pode apresentar são tendências, cenários, médias. A mídia também demanda certezas, mas exige, além disso, dramas e conflitos para gerar espetáculos atrativos. Frente a elas temos a manutenção do *éthos* científico tradicional – ceticismo organizado, universalismo, comunalismo e desinteresse (cf. Merton, 2013 [1942]) – e a convocatória dos políticos para que assumam a responsabilidade pelas decisões que terão que ser tomadas para evitar um aquecimento global de consequências catastróficas. Trata-se de um questionamento importante do *status quo* econômico e político.

Como o que está em jogo é muito alto – os fundamentos “materiais” da civilização moderna, a preservação de grande parte da biodiversidade do planeta – é inevitável

que o *éthos* científico da comunidade de cientistas seja reforçado e vinculado a um propósito maior, tornando seu trabalho uma atividade carregada de sentido. Isso parece essencial para explicar a radicalização política de uma parte dos cientistas do clima (cf. Hansen, 2013; Klein 2014; Schneider, 2009).

O IPCC empreende uma revisão periódica da produção científica sobre as mudanças climáticas, mas essa produção científica está sendo mobilizada para produzir orientações políticas, sendo até mesmo constrangida a quantificar temerariamente graus de certeza de suas afirmações sobre processos de enorme complexidade. Ela é conduzida a propor uma orientação fundamental, a transição para uma economia de baixo carbono, seja pela substituição das termoeletricas movidas por combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis, seja pela redução significativa do uso desses combustíveis para o transporte. Como destacou recentemente Naomi Klein (2014), o confronto com parte importante do poder corporativo e suas expressões políticas é inevitável, embora suas manifestações possam ser mais ou menos intensas.

Como a ciência fornece as bases para os discursos mais legítimos da sociedade industrial, aqueles que são questionados por ela tendem a reagir sustentando argumentos que também têm que ser apresentados como científicos, ainda que não o sejam. Isso levou ao desenvolvimento, em quase todas as vezes em que, nas últimas décadas, interesses econômicos poderosos são confrontados, de um tipo de controvérsia pseudocientífica, cujo objetivo é “manter o debate vivo” para “atrasar” a aprovação daquilo que pode ferir esses interesses. A dinâmica da mídia, que busca estabelecer o contraditório para mobilizar audiência, reforça sistematicamente esse tipo de prática contrária à ciência. Naomi Oreskes e Eric Conway (2010) denominaram esse tipo de intervenção, por parte da indústria, de “estratégia do tabaco”, por ter sido primeiramente adotada pela indústria do cigarro frente às acusações de que o tabagismo aumentava significativamente o risco de câncer no pulmão. Adiar a adoção de medidas restritivas significava manter as empresas lucrativas (e muita gente morrendo de câncer).

Apenas pontuando aqui a questão que tratei em uma resenha do livro (cf. Leite, 2014a), a obra de Oreskes e Conway rastreou como um grupo de físicos conservadores estadunidenses, que no período da Guerra Fria participaram do programa nuclear dos Estados Unidos, agruparam-se nos anos 1980 no Instituto George C. Marshall, trabalhando ativamente contra qualquer iniciativa de regulação pública que ferisse os interesses das grandes corporações. Atuando como estrategistas do tabaco, eles utilizaram sua legitimidade científica passada em defesa de causas tão variadas como a indústria do fumo, as empresas que lançavam gases que provocavam chuva ácida, as indústrias de armamentos no programa Guerra nas Estrelas, a produção de CFC e a indústria dos combustíveis fósseis. A forma de organizar o atraso, lembra Oreskes, é mobilizar alguns cientistas contra a comunidade científica concernida, produzindo pseudociência

e embaralhando o papel esclarecedor que a ciência poderia ter na elaboração de políticas públicas capazes de enfrentar os problemas.

Não estamos aqui frente ao ceticismo científico, a céticos, como frequentemente se apresentam aqueles que rejeitam o aquecimento global e a participação humana na sua gênese, mas frente a negacionistas, pessoas em estado de negação da realidade, que rejeitam a “preponderância da evidência” (cf. Washington & Cook, 2011). Trata-se da produção consciente da ignorância para deslegitimar determinadas posições, um esforço de semear dúvidas na população sobre questões já resolvidas no âmbito da comunidade científica com o propósito de impedir ou adiar a adoção de determinadas medidas, a ser estudado no âmbito da agnotologia (cf. Proctor & Schiebinger 2008). Não faz sentido, contra o que Hansen (2013) chama de “estratégias de advogados” (que alteram os seus argumentos conforme seja necessário para tentar convencer um júri), contrapor novas evidências e argumentos, como reclama – perplexo – o próprio Hansen, que considera que o debate na esfera pública deveria acontecer em torno de argumentos racionais e comprováveis. O debate é político-ideológico e apenas mascarado de ciência, porque ele tem que combater as conclusões da ciência (cf. Oreskes & Conway 2010).

A climatologia é hoje um caso exemplar de uma comunidade científica dinâmica, que está ampliando as ferramentas de que se utiliza, desenvolvendo novos e cada vez mais sofisticados experimentos de *big science*, disputando recursos e interagindo com outras disciplinas. Há, no seu interior, uma dinâmica competitiva como em qualquer outra área estabelecida da ciência. Dúvidas, polêmicas e controvérsias acumulam-se sobre temas, evidências, metodologias, divisão de competências no seu interior e até mesmo sobre os seus fundamentos filosóficos. Mas essas são controvérsias científicas reconhecidas como tais e trazidas para o interior do paradigma científico – ou melhor, do campo epistemológico e axiológico – no qual a comunidade de cientistas do clima se reconhece.

Uma pesquisa de Naomi Oreskes (2004) examinou os resumos de 928 artigos publicados entre 1993 e 2003 com a palavra-chave “mudança climática global” e não encontrou nenhum trabalho explicitamente contrário ao aquecimento global antropogênico. Mais recentemente, Cook e colaboradores (2013) refizeram esse levantamento, examinando agora 11.944 resumos de trabalhos sobre “aquecimento global” ou “mudança climática global” submetidos a revisão pelos pares e publicados entre 1991 e 2011. Entre os trabalhos que expressaram uma posição sobre o aquecimento global antropogênico, 97,1% endossaram a posição que defende uma responsabilidade humana sobre as mudanças climáticas e 1,9% a rejeitaram. A discussão sobre este tema está, do ponto de vista dos climatologistas, encerrada.

As controvérsias que ecoaram na mídia não são, de fato, controvérsias científicas, mas iniciativas externas à comunidade de cientistas do clima, sempre produtos da “estratégia do tabaco”, visando desqualificar o que os climatologistas consideram a ciência do clima e devem, na caracterização de Oreskes e Conway, ser remetidas à agnotologia. Três casos marcaram de forma traumática os cientistas do clima: o caso de Benjamin Santer em 1995; o caso do taco de hóquei em 2001; e a controvérsia dos e-mails do Climate Research Unity, conhecido como “*climategate*”, de 2009.

Benjamin Santer foi responsável, em 1995, na segunda rodada de trabalhos do IPCC, por fechar um dos capítulos do GT1. Frederick Seitz – um físico importante do período da Guerra Fria, presidente da Academia Nacional de Ciências entre 1962 e 1969 e fundador do Instituto George C. Marshall – acusou Santer, no jornal *Wall Street*, de ter modificado arbitrariamente a redação final do capítulo para ressaltar a responsabilidade humana no aquecimento global. Seguiram-se muitos outros artigos acusatórios de Seitz e seus associados, sempre atacando Santer por fraude, principalmente em veículos empresariais. Ele, porém, apenas incorporou em seu texto final as contribuições que surgiram no processo de revisão por seus pares da versão anterior do capítulo, característica normal no processo de produção científica contemporâneo, fato bem conhecido por Seitz e outros críticos do IPCC, mas ignorado em seus ataques pelos jornais. Os principais responsáveis pelo IPCC, a Associação Meteorológica Americana e, por fim, um grupo de 40 climatologistas de destaque enviaram cartas ao jornal *Wall Street* em defesa de Santer, mas o jornal só publicou discretos extratos delas, enquanto dava destaque às acusações. Tratava-se não de uma controvérsia científica, mas de um ataque político às conclusões do IPCC, que se desdobrava em um ataque pessoal à reputação de Santer (cf. Oreskes & Conway, 2010).

“Taco de hóquei” foi o nome dado ao gráfico, publicado em 1998 por Michael Mann, Raymond Bradley e Malcolm Hughes (cf. 1998), que reconstruiu, através de vários indicadores, a evolução quantitativa da temperatura no hemisfério norte, inicialmente do ano 1.400 em diante e depois do ano 1.000 em diante. Esse nome lhe foi dado em virtude do fato de mostrar uma longa fase relativamente plana até 1.900 e um aumento pronunciado da temperatura a partir dos anos 1.950 em diante. Uma versão do gráfico foi incorporada em 2001, junto com quatro outras reconstruções do clima que chegavam às mesmas conclusões, no Terceiro Relatório do IPCC. Alguns artigos questionaram os métodos estatísticos utilizados por Mann, Bradley e Hughes, produzindo, por vezes, típicas polêmicas científicas internas à comunidade. Mas o fundamental é que o gráfico tornou-se o alvo daqueles que se opunham à ideia de que o aquecimento global recente seria excepcional. Novamente, como no caso de Santer, temos os físicos conservadores do Instituto Marshall polemizando contra a pesquisa que resultou no gráfico, junto com membros do governo George Bush e do congresso

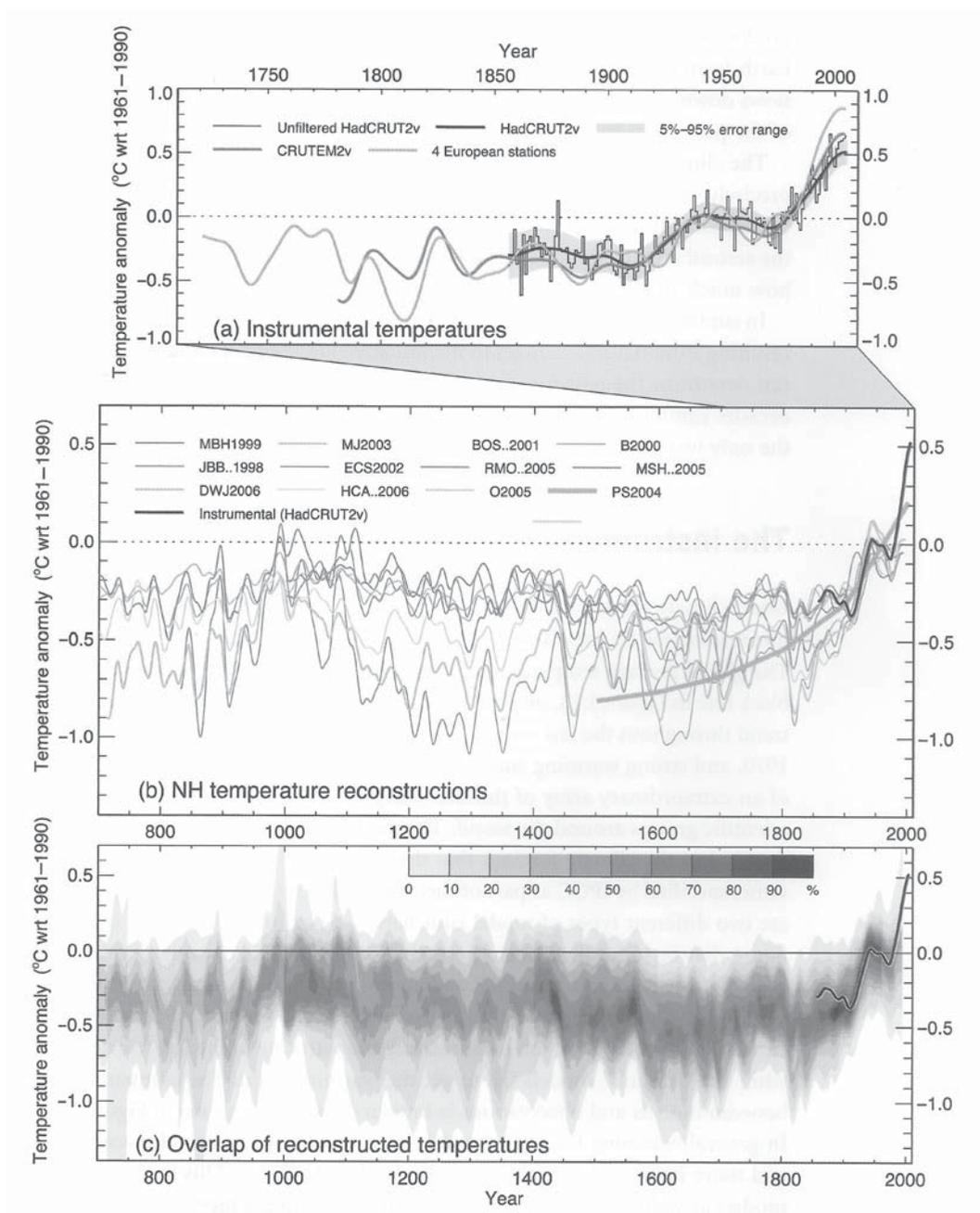


Gráfico 2. Reconstruções da temperatura média do hemisfério norte nos últimos 1.300 anos, como consolidadas no Quarto Relatório do IPCC (Bases físicas, figura 6.10). Elas incorporam o “taco de hóquei” de Mann, Bradley e Hughes (MBH, 1999, no gráfico b acima). Todas as reconstruções apontam a elevação acelerada da temperatura média e o IPCC trabalha com a média delas (Reproduzido de Archer & Rahmstorf, 2010, p. 121).

norte-americano, em uma polêmica exterior à climatologia, visando apresentá-la como uma ciência fraudulenta; uma polêmica que se prolongou em comissões de investigação por uma década. O senador republicano Joe Barton lançou uma investigação no estilo macarthista contra Mann, Bradley e Hughes, envolvendo inclusive informações pessoais. Como no caso Santer, o objetivo era desacreditar os cientistas e não apenas seu trabalho, com enorme desgaste daqueles visados. Ao final, uma comissão do Conselho Nacional de Pesquisa verificou que alguns erros estatísticos podiam ser encontrados no trabalho, mas isso tinha pouco impacto sobre seu resultado final. Posteriormente, mais de duas dezenas de reconstruções, utilizando diferentes indicadores e métodos estatísticos, respaldaram o sentido geral do gráfico original, de 1998, de Mann, Bradley e Hughes. O quarto Relatório do IPCC, de 2007, incorporou novas 14 reconstruções. Mas o caso ainda foi reintroduzido na mídia quando surgiu a controvérsia do “climategate”, embora tenha sido desqualificado por novas investigações, a última das quais apresentou seus resultados em 2011. Os cientistas envolvidos ficaram subjuídice por uma década, dispendendo tempo, energia e recursos para se defenderem! (cf. Bradley 2011; Mann, 2012).

A controvérsia dos e-mails do Climate Research Unity (o “climategate”) emergiu em novembro de 2009, pouco antes da COP 15, em Copenhague, quando o servidor da Climatic Research Unit (CRU) na University of East Anglia, na Inglaterra, foi hackeado e milhares de e-mails e arquivos de seus computadores foram difundidos pela internet pela blogosfera conservadora. Segundo esses críticos, os e-mails provavam que o aquecimento global era uma conspiração científica e que os cientistas manipulavam os dados climáticos e buscavam suprimir seus críticos; o que obrigou as principais associações científicas a reafirmarem o aquecimento global. Oito comissões de investigação detiveram-se sobre o caso, mas não encontraram evidências de má conduta científica, embora tenham recomendado a adoção, pelos centros de pesquisa, de maior transparência na divulgação de dados e programas utilizados (cf. Pearce, 2012).

Como consequência da repercussão na mídia dos casos do taco de hóquei, do chamado “climategate” e de alguns pequenos erros factuais no Quarto Relatório do IPCC, o secretário geral da ONU, Ban Li-moon, e o presidente do IPCC, Rajendra Pachauri, solicitaram que o InterAcademy Council (IAC), o Conselho das Academias Nacionais de Ciências, revisasse os procedimentos do IPCC e recomendasse as alterações cabíveis para a sua quinta rodada de trabalho. A comissão estabelecida recomendou melhorias em aspectos como a política de conflitos de interesse, o fortalecimento do processo de revisão, a clarificação da política de utilização da literatura que não é submetida à revisão de pares e a estratégia de comunicação (cf. Committee, 2010).

Poderíamos ainda acrescentar à lista de polêmicas a perseguição política do governo George W. Bush contra James Hansen, chegando ao ponto de querer proibi-lo

de expressar suas posições em público (cf. Hansen, 2013; Money, 2005; Bowen 2008). Mas o que esse caso mostra é o acosso a que foram submetidos cientistas do clima que se tornaram alvo de grupos negacionistas, em especial, nos Estados Unidos e também na Inglaterra.

As três controvérsias e a revisão dos procedimentos do IPCC evidenciam, de um lado, a enorme pressão que é exercida sobre a climatologia e o IPCC por grupos de interesse conservadores nos Estados Unidos e Inglaterra e, de outro, a relativa solidez das pesquisas desenvolvidas na área, bem como da estrutura institucional do IPCC, que é capaz de trazer a controvérsia para dentro do campo de formulações comuns e resistir a esses embates. De fato, essa pressão tem obrigado os cientistas e as instituições da área a desenvolverem padrões de conduta, transparência e comunicação com o público muito acima de outras áreas científicas, em especial no mundo anglo-saxão, pois as polêmicas travadas nos Estados Unidos e na Inglaterra repercutem de forma mais imediata no Canadá e na Austrália, países em que existem os mesmos tipos de *lobbies* que nos Estados Unidos, ligados à produção de gás e óleo de xisto e de carvão. Essa diferenciação na sociedade e na política entre o mundo anglo-saxão e as demais culturas foi comprovada por uma pesquisa desenvolvida entre 2007 e 2009 pelo Instituto Reuters para o Estudo do Jornalismo da Universidade de Oxford (cf. Painter, 2011), que acompanhou a cobertura das controvérsias sobre o aquecimento global em pelo menos dois jornais de seis países: Estados Unidos, Inglaterra, Brasil, França, Índia e China. Ela mostrou como o chamado ceticismo e o negacionismo quanto à existência do aquecimento global antropogênico são fenômenos essencialmente anglo-saxões, onde ecoam grupos de pressão patrocinados por indústrias solidamente instaladas no poder e respaldadas por partidos políticos conservadores. É a partir desse núcleo que elas se irradiam pelo mundo afora a partir dos fluxos globalizados de poder, dinheiro e ideias.

A trajetória da climatologia é emblemática do novo papel que a ciência vem sendo chamada a desempenhar na esfera pública contemporânea. A prática atual da ciência alterou-se muito, em especial nas duas décadas finais do século xx, em relação àquela de períodos anteriores, como o da Guerra Fria. Sob muitos aspectos, a ciência tornou-se política ou foi repolitizada (se lembrarmos dos séculos xvii e xviii), e suas tematizações colocadas como objeto de disputa na esfera pública (cf. Agar, 2010; Brown, 2009; Frickel & Moore, 2006). Ao longo dos séculos xix e xx, a politização da evolução, enfrentando um sólido grupo fundamentalista ligado às religiões protestantes, que produziu a pseudociência do criacionismo, parecia ser a exceção. Mas isso pode tornar-se a regra para boa parte da ciência que não é desenvolvida em simbiose com o capital. O capitalismo neoliberal, globalizado e financeiro, coloca os interesses empresariais diretamente no centro da dinâmica social e captura a esfera política, utilizando-a jun-

to com a mídia para defender suas posições particulares. Em uma era de mercantilização das mais diversas esferas da vida, a ciência tem, na medida em que confronta interesses, que justificar publicamente suas conclusões e defender-se dos mais variados tipos de ataques. Em algumas situações, as instituições da comunidade científica estão majoritariamente alinhadas com as grandes corporações, como baluartes da tecnociência; por exemplo, grande parte dos geneticistas alinham-se às multinacionais de agricultura industrial e, na prática, opõem-se e desqualificam a agricultura orgânica ou a agroecologia (cf. Lacey, 2006). Mas, em outros casos, como na climatologia, temos a situação oposta. A comunidade científica é lançada, na disputa travada na esfera pública, para a linha de frente daqueles que se opõem aos interesses da indústria de combustíveis fósseis e dos que a ela se aliam. Em qualquer caso, a autonomia da ciência torna-se objeto de disputa, senão na escolha dos procedimentos de pesquisa, ao menos na retirada de fundos de pesquisa para o estudo daquilo que contraria o interesse corporativo.

A ciência do clima demanda financiamentos cada vez maiores e normalmente não recebe recursos das corporações, dependendo do financiamento público e acadêmico. Ela é vulnerável aos boicotes que partidos conservadores, financiados por indústrias de combustíveis fósseis, podem promover quando definem orçamentos para pesquisa de diferentes instituições. Foi o que aconteceu, sob Bush Júnior nos Estados Unidos em várias áreas; com o governo Harper no Canadá cortando, em 2013, verbas para as estações árticas de pesquisa; e, em 2015, com a iniciativa da maioria republicana no Congresso dos Estados Unidos de cortar verbas para o programa de ciências da Terra da Nasa.

Os cientistas do clima estão, assim, imersos em disputas políticas e ideológicas que vão prolongar-se pelo século XXI. A intervenção de Oreskes e Conway no debate, rastreando a trajetória dos “mercadores da dúvida” e desqualificando-os como defensores de uma posição científica, parece ser paradigmática de um tipo de trabalho vital para a defesa da ciência no mundo atual, depois que a ciência perdeu sua aura nos anos 1960. Aqueles que então conduziram os questionamentos que desmistificaram a ciência, criticavam a fusão da tecnociência com o complexo industrial-militar-acadêmico. Mas agora são justamente os setores do mercado ligados aos interesses econômicos aqueles que se mostram mais refratários ao desenvolvimento autônomo da ciência em sintonia com seu *ethos* tradicional. Isso pode ser observado não só na indústria da energia e dos transportes, mas também na indústria farmacêutica, do tabaco, da química e petroquímica, do nuclear, do agronegócio. A tecnociência, apropriada pelas corporações que dela dependem para manterem suas taxas de lucro, escapa da esfera pública e volta-se contra a ciência pública.

## 5 Do IPCC às CIÊNCIAS DO SISTEMA TERRA:

### PLURALISMO METODOLÓGICO E UM NOVO PARADIGMA DE CIENTIFICIDADE

A comunidade de cientistas do clima está exposta a uma esfera pública global conflituosa e midiaticizada, sendo submetida a questionamentos constantes e sistemáticos, não apenas dos especialistas concernidos, mas de governos, *lobbies* e corporações, ONGs e movimentos ambientais, povos indígenas e comunidades tradicionais etc. Isso significa também ter que lidar com manipulações midiáticas, com “estratégias de advogados” (como lamenta Hansen) e com os “jogos sujos” dos *lobbies* da política negacionista (como vimos nos casos descritos acima). Isso é o oposto do cientista trabalhando na “torre de marfim”. Além disso, a cada evento climático extremo e desastre ambiental que acontece, esses cientistas são questionados sobre a ligação desses eventos com o aquecimento global antropogênico e tem que tomar posição, com todas as incertezas inerentes às ciências do clima; os membros da comunidade são permanentemente reinseridos nos dramas dos afetados pelas mudanças climáticas. Suas práticas, ao contrário do que ocorre na tecnociência, não podem escapar de colocar-se de forma muito consciente “no mundo dos valores e da experiência humana” (Lacey, 2009). Isso parece ter sido um fator importante para dinamizar o trabalho dos climatologistas, para forçá-los a uma reflexão ética sobre o significado de seu trabalho e para reforçar seu *ethos* específico, ressaltando sua responsabilidade especial, como cientistas (cf. Lacey, 2008; 2011), na luta para a preservação e defesa da integridade do sistema Terra e das condições do Holoceno, consideradas ótimas para o desenvolvimento da civilização.

Isso estaria, aparentemente, em contradição com as estratégias de pesquisa descontextualizadas adotadas pela climatologia. O moderno estudo científico do clima global o converteu, a partir dos anos 1950, em uma construção matemática que não pode ser apreendida empiricamente (o que as pessoas experimentam são sempre condições de tempo) e é representada em modelos matemáticos cada vez mais complexos (cf. Edwards, 2010; Leite, 2014b). Mas embora reforce a pretensão de cientificidade da climatologia perante as demais ciências naturais e no mundo da tecnociência, isso é percebido pelos próprios climatologistas como uma insuficiência dramática. A superação desse quadro vem sendo cobrada diuturnamente pelas demandas ambientais, que remetem sempre para situações locais. Não há duas Amazônias ou dois Árticos, como não há dois Mediterrâneos ou duas Oscilações Sul-El Niño, dois Saharas ou dois Andes.

Esse problema está atingindo a ciência agora que as exigências sócio-políticas estão entrando em jogo. Para responder a essas demandas, a ciência tem que romper com seus conceitos estatísticos e gerais em favor de conclusões individuais e

locais, mas isso não é – pelo menos de momento – possível. A razão reside na abordagem *top-down* da ciência moderna, que usa equações globalmente válidas para atingir uma resolução cada vez maior. O grande desafio para a meteorologia, durante os próximos anos e décadas, será o de traduzir os resultados estatísticos e gerais em conhecimento individual e local. Ou, em outras palavras, a ciência tem que conectar a sua visão global com as circunstâncias locais. Modelagem regional e redução de escala são apenas o começo, embora esses métodos ainda estejam muito longe de qualquer visão individual ou local específica para uma cidade ou área particular. Claro, pode-se perguntar por que os seres humanos simplesmente não se acostumam com o conceito científico de clima. Mas quando são necessárias atividades ambientais concretas, as necessidades individuais e os efeitos locais desempenham o papel principal, não a temperatura global anual média (cf. Gramelsberger & Feichter, 2011, p. 9-10).

O mesmo desafio se coloca com a integração da paleoclimatologia no coração dos debates da área. É sempre necessário distinguir entre o que foram as possíveis médias globais das condições de climas locais e os processos que podem ter precipitado mudanças climáticas abruptas no passado. É esse problema da articulação entre indicadores e processos sempre locais e mudanças globais que está em jogo na polêmica do “taco de hockey”, pela qual foi questionada a seleção dos indicadores utilizados por Mann, Bradley e Hughes (1998) em sua reconstrução quantitativa do clima do passado.

Os climatologistas têm, dessa forma, que inserir suas pesquisas e descobertas na dinâmica de conjunto do sistema Terra e alavancar toda uma série de procedimentos transdisciplinares, para dar mais concretude aos resultados de seus modelos de forma a poder avaliar os impactos das mudanças em curso, que ocorrem sempre em territórios particulares e dependem de condições sociais e ambientais específicas. Risco e vulnerabilidade são, aqui, conceitos que só fazem sentido no âmbito das ciências sociais e ambientais (para as populações de outras espécies). O desenvolvimento disciplinar da climatologia e, ao mesmo tempo, sua interação com outros corpos de conhecimentos significa trabalhar em marcos multidisciplinares com respeito às competências, mas também invasões periódicas de territórios, com questionamentos metodológicos sistemáticos das estratégias de pesquisa descontextualizadas nas ciências do clima, vindos principalmente dos geógrafos e antropólogos, que apontam para a natureza construtivista da produção do conhecimento. Isso parece indicar que a responsabilidade especial que paira sobre os cientistas da climatologia é poderoso o bastante para abrir algumas dinâmicas disciplinares para diálogos que não observamos na maior parte das áreas da física, química ou biologia, pelo menos quando essas dinâmicas emergem no marco de uma instituição tão forte como o IPCC. A comunidade dos

climatologistas – e, de maneira mais geral, das ciências do sistema Terra que assumem um compromisso com a sustentabilidade global (cf. Reid *et al.*, 2010) – é, de fato, uma comunidade, não apenas pelas suas instituições, mas também pelo seu reconhecimento da importância e complexidade de seu objeto de estudo. É isso que impõe respeitar metodologias distintas, experimentando uma abertura e pluralismo metodológico ausentes em outras áreas. Isso significa, para alguns, reconhecer inclusive a importância do “conhecimento tácito” (cf. Clark *et al.*, 2004), por exemplo, das comunidades tradicionais.

Podemos observar esse pluralismo metodológico, associado a uma forte multi e transdisciplinariedade, de forma concreta no Quinto Relatório do IPCC. Ele é composto de seis relatórios – três respectivamente dos GT1, GT2 e GT3; dois relatórios especiais sobre “a gestão de riscos de eventos extremos e desastres para avançar na adaptação à mudança climática” (elaborado por membros dos GT1 e GT2) e outro sobre “fontes de energia renovável e mitigação da mudança climática” (elaborado por membros do GT3); e, finalmente, um relatório de síntese (cf. IPCC, 2012a, 2012b, 2013, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d). Cada um dos seis relatórios contém, como sua parte inicial, um sumário para os “formuladores de políticas” em que não são prescritas políticas mas delineados cenários e lançadas e debatidas opções. A publicação dos relatórios especiais – um enorme esforço – já evidencia uma preocupação em sustentar e visibilizar a existência de alternativas concretas ao uso de combustíveis fósseis e em destacar os riscos reais dos eventos extremos. O conjunto dos cientistas no IPCC (ou pelo menos suas lideranças que se expressam nas mídias) tem consciência de que estão envolvidos em uma batalha política cada vez mais intensa pela comunicação, tanto com o público em geral quanto com os formuladores de políticas, claramente visível também na forma como são editadas suas publicações, procurando fugir, o máximo possível, do tecnicismo (por vezes remetidos a anexos ou boxes). Isso possibilita que, em princípio, o leitor de nível universitário possa seguir a argumentação dos textos de conjunto, mesmo não podendo acompanhar determinados pontos específicos.

A produção do GT1, “bases da ciência física”, está focada na climatologia com o problema que já pontuamos de seu elevado nível de abstração. Depois de repassar as observações atuais sobre a atmosfera, a superfície, os oceanos e a criosfera, o relatório sistematiza as informações paleoclimatológicas disponíveis, bem como os dados e as análises sobre o ciclo biogeoquímico do carbono e de outras substâncias relevantes. E repassa os conhecimentos sobre nuvens e aerossóis e sobre o balanço energético do planeta, assim como a contribuição humana para isso. Esses elementos devem ser integrados nos modelos climáticos existentes, que são avaliados. Discute-se, então as mudanças climáticas e o aumento no nível do mar, os problemas das projeções de curto e longo prazo e aqueles das projeções globais e regionais (cf. IPCC, 2013).

É no GT2, “impactos, adaptação e vulnerabilidade”, que o caráter inter e transdisciplinar e o pluralismo metodológico tornam-se estruturantes da produção de conhecimentos. O quinto relatório foi dividido em dois volumes; o primeiro trata dos “Aspectos globais e setoriais”; enquanto o segundo trata dos aspectos regionais. No primeiro volume, temos cinco grandes temas tratados de maneira geral, a saber, **(1)** “recursos e sistemas naturais e administrados e seu uso” (água potável, sistemas hídricos, áreas costeiras, oceanos, segurança alimentar...); **(2)** “cidades, indústria e infraestrutura”; **(3)** “saúde, bem-estar e segurança”; **(4)** “adaptação” e **(5)** “impactos multisetoriais, riscos, vulnerabilidades e oportunidades” (cf. IPCC, 2014a). No segundo volume, tratando os aspectos regionais, cada parte é dedicada a um continente e depois às regiões polares, às pequenas ilhas e ao oceano (cf. IPCC, 2014b). As mudanças climáticas acarretam riscos muito diferentes dependendo das condições geográficas, econômicas e sociais; a vulnerabilidade é, antes de tudo, uma questão social e são as ciências sociais e as diferentes ciências do sistema Terra (não só a climatologia, como também a oceanografia, a ecologia, a glaciologia...) que, iluminadas pelos cenários delineados pelo GT1, presidem a discussão.

O mesmo caráter multidisciplinar e plural aplica-se para a produção do GT3, “mitigação da mudança climática”, que trata da política, economia e tecnologia, envolvidas na prevenção da mudança climática. Seus capítulos lidam com temas como riscos integrados e avaliação das incertezas; conceitos e métodos sociais, econômicos e éticos; desenvolvimento social e equidade; avaliação de cenários; transportes; edificações; indústria; agricultura e uso da terra; cidades e infraestrutura; cooperação internacional, desenvolvimento e cooperação regional; instituições e políticas nacionais e subnacionais; e questões financeiras (cf. IPCC, 2014c).

Por fim, no volume de síntese, o equilíbrio geral é bastante alterado. A estrutura é organizada em quatro partes que iluminam mais claramente a dimensão política do IPCC: “mudanças observadas e suas causas”; “mudanças climáticas futuras, riscos e impactos”; “cenários futuros para adaptação, mitigação e desenvolvimento sustentável”; e “adaptação e mitigação”, esta última destacando as opções de respostas à adaptação e à mitigação e suas dimensões políticas e econômicas. As ciências, tanto naturais como sociais, são claramente tomadas de uma perspectiva instrumental, considerações éticas são esvaziadas e os dramas humanos dos envolvidos desaparecem, ganhando destaque as opções concretas postas para os negociadores dos governos (cf. IPCC, 2014d). A natureza política das questões colocadas pelas ciências do clima e da sustentabilidade, bem como a forma burocrática como elas são esvaziadas ficam tão evidentes que a radicalização política de parte da comunidade científica torna-se bem compreensível (cf. Klein, 2014).

As descobertas e transformações nas ciências do sistema Terra, bem como a vivência das mudanças climáticas e dos prognósticos apresentados pela climatologia levaram a uma reflexão, por cientistas da área, de natureza epistemológica, axiológica e política. Elas se acumularam desde a última década do século xx, encontrando uma primeira expressão geral no debate sobre o conceito de antropoceno, utilizado para designar uma nova era geológica em que a humanidade emergiu como uma força global significante capaz de remodelar a face do planeta (cf. Crutzen, 2002).

A humanidade é simultaneamente objeto e sujeito das mudanças avassaladoras de grande aceleração. A população duplica em 50 anos, mas a economia global multiplica-se 15 vezes, a produção de petróleo 3,5 vezes e a percentagem de pessoas vivendo nas cidades passa de 30% para mais de 50%.

Nos últimos 50 anos, os humanos mudaram os ecossistemas mundiais mais rápida e extensivamente do que em qualquer outro período comparável da história humana. A Terra enfrenta seu sexto grande evento de extinção, com taxas de perda de espécies crescendo rapidamente tanto nos ecossistemas terrestres como marinhos. A concentração atmosférica de diversos gases do efeito estufa importantes aumentaram substancialmente e a Terra está aquecendo rapidamente. Mais nitrogênio está sendo agora convertido da atmosfera em formas reativas pela produção de fertilizantes e combustíveis fósseis que por todos os processos naturais nos ecossistemas terrestres juntos (Steffen *et al.*, 2007, p. 617).

Discutindo o conceito de antropoceno, Clark, Crutzen e Schellnhuber retomam a noção, lançada pelo próprio Schellnhuber (1999), de uma segunda revolução copernicana. Para os autores,

esta nova revolução está profundamente enraizada na original, mas transcende-a em vários aspectos cruciais: **(1)** O olho científico é redirecionado a partir do espaço exterior para a nossa “Terra viva”, que opera como um único sistema dinâmico longe do equilíbrio termodinâmico; **(2)** a ambição científica é requalificada pelo pleno reconhecimento dos limites da cognição como destacado pelas incertezas notórias associadas com a não linearidade, complexidade e irreprodutibilidade; se o sistema Terra é afinal um mecanismo de relógio, então é um orgânico que confunde nossas melhores capacidades de antecipação; **(3)** o *éthos* científico é reequilibrado, aceitando finalmente que a produção de conhecimento está intrinsecamente incorporada ao contexto histórico-cultural – não há nada de errado em ser particularmente curioso sobre os itens e questões que mais importam

para a sociedade e com o reconhecimento de que as cobiçadas fronteiras entre sujeitos observadores e objetos examinados têm sido muitas vezes meras construções de um reducionismo absurdo (cf. Clark *et al.* 2004, p. 7).

Essas considerações refletem os debates ocorridos em Amsterdam, em 2001, entre participantes de quatro programas globais de pesquisa nas ciências do sistema Terra. Na ocasião, foi aprovada a Declaração de Amsterdam sobre a Mudança Global e criada a Parceria para a Ciência do Sistema Terra (*Earth System Science Partnership – ESSP*) para promover, conjuntamente, a pesquisa internacional e interdisciplinar nas áreas de carbono, alimentação, água e saúde, dialogando também com o IPCC. Para os três autores,

mesmo um olhar superficial no estado atual e na dinâmica do nosso planeta indica que a sustentabilidade da civilização moderna está em risco sem um [novo] contrato [entre sociedade e natureza]. Na verdade, as ameaças associadas ao aquecimento global antropogênico já provocaram a criação de um formato sem precedentes para o diálogo entre pesquisadores e executivos, e para a criação conjunta de poder de avaliação global, ou seja, o IPCC. Este painel é uma criação genuinamente pós-copernicana que fornece uma visão panorâmica, ainda fragmentária e distorcida, das miríades de facetas envolvidas no problema das alterações climáticas (...). Estamos hoje testemunhando o surgimento de um novo paradigma científico que é impulsionado por desafios planetários em uma escala sem precedentes, operacionalizado por agendas transdisciplinares em escala centenária e coproduzidas em escalas múltiplas com base em um novo contrato entre a ciência e a sociedade (cf. Clark *et al.*, 2004, p. 7-8. 24).

Da formulação da ideia de sustentabilidade, em 1987, ao conceito de pegada ecológica, introduzido em 1996, da ideia de antropoceno, lançada em 2000, à dos limites planetários, introduzidos em 2009, as ciências do sistema Terra vão incorporando as ciências do clima em um campo epistemológico comum, assentando as bases do que alguns chamam de uma ciência para a sustentabilidade global. Ela exige e afirma um novo paradigma de cientificidade, articulando não só novos conceitos e uma nova linguagem, mas também valores e uma nova visão do mundo. Foge ao nosso objetivo, neste artigo, explorar mais amplamente o campo epistemológico circunscrito pela enorme literatura publicada no último quarto de século. Mas é só inserido nele que as descobertas da climatologia e a formação do IPCC ganham todo o seu sentido.

## 6 A CIÊNCIA PARA O BEM COMUM E OS CAVALOS DE TROIA DA TECNOCIÊNCIA

Problematizando a vinculação entre o *éthos* científico-comercial e as metodologias descontextualizadas empregadas pela tecnociência, Hugh Lacey destaca a importância do conhecimento e do entendimento científico serem “articulados pelo uso de categorias intencionais e de valor que são comumente utilizadas no mundo dos valores e da experiência humana; [é] isso [que] torna possível lançar a luz necessária sobre o caráter, implicações e valor das atividades científicas. Quando tais atividades são apropriadamente localizadas no mundo dos valores e da experiência humana, elas se tornam racionalmente inteligíveis” (Lacey, 2009, p. 699).

Os caminhos que a climatologia trilhará não estão definidos. Há, em seu interior, tanto proposições que articulam a superação duradoura do uso dos combustíveis fósseis com o estabelecimento de uma sociedade ambientalmente sustentável em um sentido mais amplo, como proposições que a reconduzem para as trilhas da tecnociência, como aquelas que defendem a generalização do uso do nuclear para gerar energia, posição que encontra um eco em alguns porta-vozes das ciências do sistema Terra, como em Lovelock (2006), que a defende, enquanto muitos a criticam (cf. Dunlap *et al.*, 1993; Sovacool, 2011); e há mesmo os que sustentam o recurso à geoengenharia (cf. Fleming, 2010; Goodell, 2010; Lenton & Vaughan, 2013). É, de qualquer forma, significativo que o “Relatório especial sobre fontes de energia renovável e mitigação da mudança climática” não incorpore o nuclear entre as seis fontes de energia que analisa (cf. IPCC 2012a). Cavalos de Troia da tecnociência estão solidamente estacionados fora dos muros da cidade à espera de serem trazidos para dentro. Nenhum dos caminhos está fechado e as disputas que decidirão a trilha a seguir não são somente epistemológicas nem se decidem apenas no interior da comunidade científica.

Mas as ciências do clima conseguiram uma façanha importante ao constituírem as condições para articular seu caráter moral. Elas se tornaram um problema ético, discutido na esfera propriamente axiológica e como tal elas foram explicitamente articuladas com visões sociais de mundo e com projetos políticos. Um amplo debate já descortina suas implicações (cf. Gardiner *et al.*, 2010; Jamieson, 2014; Northcott, 2007; Posner & Weisbach, 2010; Vanderheiden, 2008). Como a humanidade trabalhará, em praticamente qualquer cenário, com riscos diferenciados, a clarificação das premissas subjacentes às distintas proposições sobre o clima é essencial para permitir um debate democrático e escolhas informadas pela sociedade. Poderá até mesmo permitir, quem sabe, que retiremos da quarentena em que ele foi colocado pelos interesses econômicos e políticos dominantes, o emprego sistemático do princípio da precaução.☞

AGRADECIMENTOS. O artigo aqui publicado faz parte da pesquisa viabilizada pela bolsa de pós-doutorado da Fapesp (2013/11430-6) junto ao Projeto Temático Fapesp (2011/51614-3), “Gênese e significado da tecnociência: das relações entre ciência, tecnologia e sociedade”.

*José Correa LEITE*

Faculdade de Comunicação,

Fundação Armando Álvares Penteado, São Paulo, Brasil.

*jcleite@dglnet.com.br*

## Controversies in climatology: IPCC and the anthropogenic global warming

### ABSTRACT

Climatology is at the center of one of the most polarized debates of today. It is presented as a confrontation between supporters of the existence of anthropogenic global warming and those who deny its existence. The key institution for this theme is the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which is both a scientific and political body. In this context, the debate arises merged with the political discussion on appropriate responses to global warming. However, contested on this ground, the deniers transfer the debate to the media, mobilizing pseudo-science to delegitimize the conclusions of the scientific disciplines related to climate understanding. Therefore, we have a deliberate production of large-scale ignorance on this subject, which requires the use of agnotology to unravel it. Thus, climatology reveals itself an exemplary space to study the historical and social roots of scientific knowledge and the tensions and conflicting trajectories inside it, the ethical dilemmas posed and the universalist possibilities of scientific knowledge in the age of technoscience.

KEYWORDS • Climatology. Meteorology. Climate sciences. Agnotology. Scientific controversies. IPCC. Climate change. Global warming. Greenhouse gases. Modeling.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAR, J. *Science in the 20th century and beyond*. Cambridge: Polity Press, 2010.
- AGRAWALLA, S. Explaining the evolution of the IPCC structure and process. *ENRP Discussion Paper E-97-05*. John F. Kennedy School of Government, Harvard University Press, 1997. Disponível em: <<http://www.ksg.harvard.edu/gea/pubs/e-97-05.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- AKERA, A. *Calculating a natural world. Scientist, engineers, and computers during the rise of US cold war research*. Cambridge: The MIT Press, 2007.
- ARCHER, D. *The global carbon cycle*. Princeton: Princeton University Press, 2010.
- ARCHER, D. & RAHMSTORF, S. *The climate crisis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- BADASH, L. *A nuclear winter's tale: science and politics in the 1980s*. Cambridge: The MIT Press, 2009.
- BARROS, V. R. et al. (Ed.). *Contribution of working group 2 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

- BELANGER, D. O. *Deep freeze: the United States, the International Geophysical Year and the origins of Antarctica's age of science*. Boulder: University Press of Colorado, 2006.
- BENEDICK, R. E. *Ozone diplomacy. New directions in safeguard the planet*. Cambridge: Harvard University Press, 1998.
- BOLIN, B. *A history of the science and the politics of climate change. The role of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- BOWEN, M. *Censoring science. Inside the political attack on Dr. James Hansen and the truth of global warming*. New York: Dutton, 2008.
- BRADLEY, R. *Global warming and political intimidation. How politicians cracked down on scientists as the earth heated up*. Amherst/Boston: University of Massachusetts Press, 2011.
- BROECKER, W. Climatic change: are we on the brink of a pronounced global warming? *Science*, 189, p. 460-3, 1975.
- BROWN, M. *Science in democracy. Expertise, institutions, and representation*. Cambridge: The MIT Press, 2009.
- BRYSON, R. A. & GOODMAN, B. M. Volcanic activity and climatic changes. *Science*, 207, 4435, p. 1041-4, 1980.
- CADBURY, D. *Space race: the battle to rule the heavens*. Harper Perennial: London, 2006.
- CLARK, W. et al. *Science for global sustainability: toward a new paradigm*. Harvard University, John F. Kennedy School of Government, Faculty Research Working Papers Series RWP05-032, 2004.
- COLLINS, H. The experimenter's regress as philosophical sociology. *Studies in History and Philosophy of Science*, 33, p. 149-56, 2002.
- COMMITTEE TO REVIEW THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate change assessments. Review of the processes and procedures of the IPCC*. InterAcademy Council, 2010.
- CONWAY, E. *High-speed dreams: NASA and the technopolitics of supersonic transportation 1945-1999*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005.
- COOK, J. et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8, p. 2013. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/2/024024/article>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- CORE, W. T. et al. (Ed.). *Contribution of working groups 1, 2 and 3 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Geneva: Switzerland, 2014.
- COX, J. D. *Climate crash: abrupt climate change and what it means for our future*. Washington: Joseph Henry Press, 2005.
- CRUTZEN, P. J. The anthropocene: geology of mankind. *Nature*, 415, p. 23, 2002.
- DALMEDICO, A. History and epistemology of models: meteorology (1946-1963) as a case study. *Archive of History of Exact Science*, 55, p. 395-422, 2001.
- DICKSON, P. *Sputnik: the shock of the century*. Bloomsbury: Gordonsville, 2007.
- DUNLAP, R. et al. (Ed.). *Public reactions to nuclear waste. Citizens' view of repository siting*. Durham: Duke University Press, 1993.
- EDENHOFER, O. et al. (Ed.). *Special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- \_\_\_\_\_. *Contribution of working group 3 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- EDWARDS, P. *Closed world: computers and the politics of discourse in cold war America*. Cambridge/London: The MIT Press, 1996.
- \_\_\_\_\_. *A vast machine: computer models, climate data, and the politics of global warming*. Cambridge/London: The MIT Press, 2010.
- \_\_\_\_\_. Entangled histories: climate science and nuclear weapons research. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 68, 4, p. 28-40, 2012.

- ERICKSON, P. et al. *How reason almost lost its mind: the strange career of cold war rationality*. Chicago: The University of Chicago Press, 2013.
- FIELD, C. B. et al. (Ed.). *A special report of working groups 1 and 2 of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- \_\_\_\_\_. *Contribution of working group 2 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- FINKBEINER, A. *The jasons: the secret history of science's postwar elite*. New York: Viking, 2006.
- FLEMING, J. *Fixing the sky: the checkered history of weather and climate control*. New York: Columbia University Press, 2010.
- FRICKEL, S. & MOORE, K. (Ed.). *The new political sociology of science. Institutions, networks, and power*. Madison: The University of Wisconsin Press, 2006.
- GARDINER, S. et al. (Ed.). *Climate ethics: essential readings*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- GLEICK, J. *Chaos. Making a new science*. Vintage: London, 1998.
- GOODELL, J. *How to cool the planet: geoengineering and the audacious quest to fix earth's climate*. Boston/New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.
- GRAMELSBERGER, G. & FEICHTER, J. Modelling the climate system: an overview. In: GRAMELSBERGER, G. & FEICHTER, J. (Ed.). *Climate change and policy*. Berlin: Springer-Verlag, 2011. p. 9-90.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. (Ed.). *Climate change and policy*. Berlin: Springer-Verlag, 2011.
- HAMBLIN, J. D. *Oceanographers and the cold war: disciples of marine science*. Seattle/London: University of Washington Press, 2005.
- \_\_\_\_\_. *Arming mother nature: the birth of catastrophic environmentalism*. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- HANSEN, J. *Tempestades de meus netos. Mudanças climáticas e as chances de salvar a humanidade*. São Paulo: Senac, 2013.
- HARPER, K. *Weather by the numbers: the genesis of modern meteorology*. London: The MIT Press, 2008.
- HARRIS, S. H. *Factories of death: japanese biological warfare 1932-1945 and the American cover-up*. London: Routledge, 1994.
- HOUGHTON, J. *In the eye of the storm*. Oxford: Lion Hudson, 2013.
- HUMPHREYS, P. *Extending ourselves: computational science, empiricism, and scientific method*. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- IPCC. Renewable energy sources and climate change mitigation. In: EDENHOFER, O. et al. (Ed.). *Special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012a. Disponível em: <<http://srren.ipcc-wg3.de/report>>. Acesso em: 20 jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. In: FIELD, C. B. et al. (Ed.). *A special report of working groups 1 and 2 of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012b. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf)>. Acesso em 10 jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Climate change 2013: the physical science basis. In: STOCKER, T. F. et al. (Ed.). *Contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. In: FIELD, C. B. et al. (Ed.). *Contribution of working group 2 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014a. Disponível em: <[https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA\\_FINAL.pdf](https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

- IPCC. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. In: BARROS, V. R. et al. (Ed.). *Contribution of working group 2 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014b. Disponível em: <[https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartB\\_FINAL.pdf](https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Climate change 2014: mitigation of climate change. In: EDENHOFER, O. et al. (Ed.). *Contribution of working group 3 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014c. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. *Climate change 2014: synthesis report*. In: CORE, W. T. et al. (Ed.). *Contribution of working groups 1, 2 and 3 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Geneva: Switzerland, 2014d. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- ISAACSON, W. *Os inovadores. Uma biografia da revolução digital*. São Paulo: Companhia das Letras, 2014.
- JAMIESON, D. *Reason in a dark time. Why the struggle against climate change failed – and what it means for our future*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- KAUFMAN, S. *Project plowshare: the peaceful use of nuclear explosives in cold war America*. Ithaca: Cornell University Press, 2013.
- KLEIN, N. *This changes everything: capitalism vs. the climate*. New York: Simon & Schuster, 2014.
- LACEY, H. *A controvérsia sobre os transgênicos: questões científicas e éticas*. São Paulo: Ideias e Letras, 2006.
- \_\_\_\_\_. Ciência, respeito à natureza e bem-estar humano. *Scientiae Studia*, 6, 3, p. 297-327, 2008.
- \_\_\_\_\_. O lugar da ciência no mundo dos valores e da experiência humana. *Scientiae Studia*, 7, 4, p. 681-701, 2009.
- \_\_\_\_\_. A imparcialidade da ciência e as responsabilidades dos cientistas. *Scientiae Studia*, 9, 3, p. 487-500, 2011.
- LEITE, J. C. Controvérsias científicas ou negação da ciência. A agnotologia e a ciência do clima. *Scientiae Studia*, 12, 1, p. 179-89, 2014a.
- \_\_\_\_\_. A produção dos dados pela grande máquina: computadores, modelagem e sistemas técnicos nas ciências do clima. *Scientiae Studia*, 12, 3, p. 606-18, 2014b.
- LENTON, T. & VAUGHAN, N. (Ed.). *Geoengineering responses to climate change*. New York: Springer, 2013.
- LORENZ, E. N. *The essence of chaos*. London: University College London, 2004.
- LYNCH, P. *Richardson's dream: the emergence of numerical weather prediction*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- LOVELOCK, J. *A vingança de Gaia*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.
- MANN, M. *The hockey stick and the climate wars*. New York: Columbia University Press, 2012.
- MANN, M.; BRADLEY, R. & HUGHES, M. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, p. 779-87, 1998.
- MARCOVICH, A. & SHINN, T. (Org.). *Ensaios de sociologia da ciência de Robert K. Merton*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2013.
- MARTINI, E. A. *Agent orange: history, science, and the politics of uncertainty*. Amherst/Boston: University of Massachusetts Press, 2012.
- MARTINS, H. *Experimentum humanum: civilização tecnológica e condição humana*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.
- MELLAMBY, K. (Ed.). *Air pollution, acid rain and the environment*. New York: Elsevier, 1988.
- MERTON, R. A ciência e a estrutura social democrática. In: MARCOVICH, A. & SHINN, T. (Org.). *Ensaios de sociologia da ciência de Robert K. Merton*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2013 [1942]. cap. 7, p. 181-98.
- MOONEY, C. *The republican war on science*. New York: Basic Books, 2005.

- MOORE, K. *Disrupting science: social movements, american scientists, and the politics of the military, 1945-1975*. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. *Carbon dioxide and climate*. Washington, 1979.
- NORTHCOTT, M. *A moral climate. The ethics of global warming*. London: Darton/Longman/Todd, 2007.
- ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change. *Science*, 306, p. 1686, 2004.
- ORESQUES, N. & LE GRAND, H. (Ed.). *Plate tectonics. An insider's history of the modern theory of the Earth*. Boulder: Westview Press, 2003.
- ORESQUES, N. & CONWAY, E. *Merchants of doubt. How a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming*. New York: Bloomsbury, 2010.
- PAINTER, J. *Poles apart: the international reporting of climate skepticism*. Oxford: University of Oxford/Reuters Institute for the Study of Journalism, 2011.
- PARSONS, E. A. *Protecting the ozone layer. Science and strategy*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- PEARCE, F. *The climate files: the battle for the truth about global warming*. London: Guardian Books, 2012.
- POSNER, E. & WEISBACH, D. *Climate change justice*. Princeton: Princeton University Press, 2010.
- PROCTOR, R. N. & SCHIEBINGER, L. (Ed.). *Agnotology: the making and unmaking of ignorance*. Palo Alto: Stanford University Press, 2008.
- REID, W. V. et al. Earth system science for global sustainability: grand challenges. *Science*, 330, p. 916-7, 2010.
- ROBOCK, A. Nuclear winter. *WIRES Climate Change*, 1, p. 418-27, 2010.
- SCHELLNHUBER, H. J. "Earth system" analysis and the second copernican revolution. *Nature*, 404, 2, p. C19-23, 1999.
- SCHNEIDER, S. H. *Science as contact sport: inside the battle to save Earth's climate*. Washington: National Geographic, 2009.
- SILLS, P. *Toxic war: the story of agent orange*. Nashville: Vanderbilt University Press, 2014.
- SOVACOOOL, B. *Contesting the future of nuclear power: a critical global assessment of atomic energy*. New Jersey: World Scientific, 2011.
- STANHIL, G. The growth of climate change science: a scientometric study. *Climatic Change*, 48, p. 515-24, 2001.
- STEFFEN, W. et al. The anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio*, 36, 8, p. 614-21, 2007.
- STOCKER, T. F. et al. (Ed.). *Contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- TURCO, R. P. et al. Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions. *Science*, 23, 222, 4630, p. 1283-92, 1983.
- VANDERHEIDEN, S. *Atmospheric justice. A political theory of climate change*. Oxford: Oxford University Press, 2008.
- VENKATESAN, M. et al. Growth of literature on climate change research: a scientometric study. *Journal of Advances in Library and Information Science*, 2, 4, p. 236-42, 2013.
- WASHINGTON, H. & COOK, J. *Climate change denial: heads in the sand*. Abingdon: Earthscan, 2011.
- WEART, S. *The discovery of global warming*. Cambridge/London: Harvard University Press, 2004.
- WOLFE, A. *Competing with the soviets. Science, technology, and the state in cold war America*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2013.
- YOUNG, A. L. *The history, use, disposition and environmental fate of agent orange*. New York: Springer, 2009.
- ZIERLER, D. *The invention of ecocide*. Athens: The University of Georgia Press, 2011.