UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA SOCIAL

ROGER DOMENECH COLACIOS

*Um Clima de Incertezas: as Controvérsias Científicas sobre
Mudanças Climáticas nas Revistas Science e Nature (1970-
2005)*

VERSÃO CORRIGIDA

São Paulo
2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA SOCIAL

***Um Clima de Incertezas: as Controvérsias Científicas sobre
Mudanças Climáticas nas Revistas Science e Nature (1970-
2005)***

Roger Domenech Colacios

De acordo
maior
SP 7/7/2014

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História Social do Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em História.

Orientador: Profa. Dra. Maria Amélia Mascarenhas Dantes

VERSÃO CORRIGIDA

São Paulo
2014

ROGER DOMENECH COLACIOS

Um Clima de Incertezas: as Controvérsias Científicas sobre Mudanças Climáticas nas Revistas Science e Nature (1970-2005)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História Social do Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em História.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profa. Dra. Maria Amélia Mascarenhas Dantes (Orientador)

Para Gigi Gomédi

Agradecimentos

Desde 2006 tenho a oportunidade de aprender a ser historiador com a Profa. Maria Amélia Mascarenhas Dantes. Ela deu todas as ferramentas possíveis para que eu pudesse construir a pesquisa, entender as fontes, criticar a bibliografia e elaborar o pensamento. Sem a sua presença tenho certeza que não chegaria tão longe e que não conseguiria apresentar nem mesmo um esboço do que foi feito. A ela devo meus sinceros agradecimentos. Obrigado Maria Amélia!

Nestes anos de caminhada também tive contato com pessoas que se tornaram referências na minha vida e tiveram uma grande parcela de contribuição em todos os momentos, são eles: Jozimar Paes de Almeida, Claudia Marques Martinez, Paulo Henrique Martinez, Janes Jorge, Thomas A. S. Haddad e Miriam Hermeto. Agradeço a vocês pelo apoio, conselhos e broncas que me deram.

Uma caminhada possível pelo apoio financeiro durante os quatro anos de pesquisa da FAPESP, assim como, as sugestões dadas pelo parecerista, que tiveram uma contribuição significativa para a conclusão do trabalho.

Devo também expressar meus agradecimentos a Eleonora Smits que fez uma revisão cuidadosa da tese.

Esta longa caminhada teve a imensurável ajuda dos amigos que deram o fôlego para sempre seguir em frente: Pablo Spindola, Fabio Sapragnas Andrioni, Mariana Dantas, Carla Berto, Kleber Amâncio, Marco Pellegrini, João Rafael Oliveira, Carlos Alberto Menarin, Márcio Henrique Bertazi, Fabíula Sevilha, Guilherme Queiroz de Souza, Breno Leal Ferreira, Lara Frutos e Elisandra Lira. É difícil expressar a vocês como estou grato pela oportunidade que tive de conviver com todos, apenas digo que nossas conversas foram fundamentais e espero que possamos continuar seguindo este caminho juntos.

Como em todo caminho o meu necessitava de um bom chão, onde eu pudesse me apoiar e manter o passo firme em direção ao objetivo final. Esse chão foi a família: meu pai Joaquin Domenech Colacios, minha avó Dona Maria e o tio Zé, o irmão que a vida me deu Leandro Lopez Cortez e a cunhada por obrigação Gisele Gomédi. Não posso esquecer de agradecer as duas anjas da guarda que estão perto de mim em todos os momentos, Malu e Tita. Vocês muitas vezes tornaram minha vida mais fácil,

mostraram como dar os passos certos e me levantaram quando eu tropeçava e caía, muito obrigado.

Por fim, o agradecimento mais que especial vai para Gislaine Gomédi, que esteve presente em todo o caminho, sempre ao meu lado, por vezes me empurrando para frente quando as forças faltavam e as dúvidas jogavam uma névoa espessa por todo o caminho. Como te agradecer Gigi? Só espero poder te fazer sorrir em cada dia até o fim de tudo.

“No mundo real, as mudanças raramente são suaves: elas ocorrem bruscamente, num movimento mais parecido com o crescimento de um engarrafamento do que com uma estrada livre e aberta. Mas, por mais improvável que às vezes pareça, a mudança está realmente acontecendo e a Terra fica mais quente ano após ano.”

(James Lovelock, Gaia: alerta final, 2009)

“An agreement among the majority of scientists does not mean that that majority is correct. It only means that the majority of scientists agree on something. The minority may well be correct; it could be a minority arguing for a very large increase in temperature (a catastrophe increase, if you like) or a minority arguing that very little will happen.”

(S. Fred Singer, Global Climate Change, 1989)

Um clima de incertezas: as controvérsias científicas sobre mudanças climáticas nas revistas Science e Nature (1970-2005)

Resumo

Esta tese de doutorado faz a análise das controvérsias referentes à construção do fato científico das mudanças climáticas entre os anos de 1970 a 2005 nas revistas *Science* e *Nature*, tendo como hipótese norteadora do estudo a noção de que a política foi um elemento definidor dos debates ocorridos nas páginas dessas publicações. Circunscrevemos nosso espaço de análise no contexto histórico referente aos Estados Unidos da América, por considerarmos que foi este país que articulou os principais acordos políticos e também os maiores impasses na execução desses, além dos grupos de pesquisa sobre o clima estudados estarem aí localizados. Esses trinta e cinco anos tiveram três eixos temáticos discutidos sob a denominação de mudanças climáticas: aquecimento global, degradação da camada de ozônio e inverno nuclear. Todos tiveram momentos específicos de hegemonia, estando presentes em textos de autoria de cientistas, editores, repórteres, burocratas e especialistas em diversas áreas do conhecimento. No ano de 1970 tivemos as primeiras discussões sobre a degradação da camada de ozônio, de caráter teórico, mas que suscitaram amplos debates relacionados à possibilidade real de tal fato acontecer. Ainda nos anos 1970, o aquecimento global teve um primeiro período de hegemonia, quando foi questionada a validade de seu enunciado em relação ao do resfriamento global. Ambos os temas foram sobrepujados a partir de 1983 pelo inverno nuclear, divulgado pelo grupo sob a sigla TTAPS liderado pelo astrofísico estadunidense Carl Sagan. O enunciado, relacionado diretamente à Guerra Fria, foi discutido na década de 1980 e sumiu paulatinamente do cenário científico no início dos anos 1990. De 1987 em diante, a degradação da camada de ozônio foi retomando seu protagonismo nas controvérsias, baseada então em estudos empíricos, quando os cientistas identificaram um buraco na camada acima da Antártica. Desde 1988 o aquecimento global está sendo discutido pela comunidade científica, mas retorna ao centro das atenções apenas em 1998, como resultado da assinatura, por muitos países, do Protocolo de Kioto e do consenso científico que este teria provocado. A hegemonia do aquecimento global foi analisada até o ano de 2005, quando uma série de dúvidas colocam em jogo o consenso e o acordo estabelecido em Kioto. Por fim, procuramos montar esse mosaico de enunciados e suas controvérsias, tendo como base teórica a História das Ciências.

Palavras-Chave: Mudanças climáticas. Controvérsias científicas. Políticas climáticas. Estados Unidos da América. História das Ciências.

A climate of uncertainty: the scientific controversies on climate change in the journals Science and Nature (1970-2005)

Abstract

This thesis analyzes the controversies regarding the construction of the scientific fact of climate change in the journals *Science* and *Nature* from 1970 to 2005, guided by the hypothesis that politics is a defining element in the discussions. We circumscribe our analysis in the historical context of the United States of America, reckoning they both articulated the major political agreements and the biggest dilemmas in implementing them, besides the research groups on climate studied here being located in this country. We identified three main themes discussed under the name of climate change: global warming, depletion of the ozone layer and nuclear winter. Each had specific moments of hegemony, present in texts written by scientists, editors, reporters, bureaucrats and experts in various fields of knowledge. In 1970, the first theoretical discussions on the depletion of the ozone layer appeared causing extensive controversies related to the real possibility of such an event to happen. In the 1970s, global warming gained an initial period of hegemony as the validity of the statement was questioned in relation to global cooling. In 1983, nuclear winter overpasses both themes, disclosed by the group known as TTAPS, led by the American astrophysicist Carl Sagan. The enunciation stood in direct relation to the Cold War and was present in the first years of 1980s and gradually fading from the scientific scene in the early 1990s. From 1987 onwards, degradation of the ozone layer resumed its role in the controversy based on empirical studies when scientists identified a hole in the layer above Antarctica. Since 1988, the scientific community had discussed global warming but it comes back into focus only in 1998 as a result the Kyoto Protocol and the scientific consensus that this would have caused. We analyze the hegemony of global warming until 2005 when a series of questions puts consensus and the Kyoto agreement at stake. Finally, we seek to build this mosaic of enunciations and controversies on the theoretical ground of the History of Science.

Keywords: Climate change. Scientific controversies. Climate policies. United States of America. History of Science.

SUMÁRIO

Introdução	11
Capítulo 1	21
As Revistas Científicas e os Conceitos sobre Mudanças Climáticas	
1 - Science Magazine: estrutura e conteúdo (1970-2005)	22
2 - Nature: estrutura e conteúdo (1970-2005)	31
3 - Enunciados científicos: presença nas revistas e contexto histórico	41
Capítulo 2	66
Resfriamento vs. Aquecimento (1970-1983)	
1 - As políticas de defesa do meio ambiente e as revistas	67
2 - Máquinas, centrais de cálculo, teorias e pesquisas	87
3 - Resfriamento vs. aquecimento na década de 1970	107
4 - Resfriamento ou aquecimento? Um fim para a controvérsia	129
Capítulo 3	139
Ciências e Guerra no Inverno Nuclear (1983-1992)	
1 - Ciência, política e corrida armamentista no contexto da Guerra Fria	142
2 - 1983: ano da divulgação e publicação do inverno nuclear	161
3 - Um microcosmo de discussões: Science e Nature (1983-1988)	185
4 - A Guerra do Golfo e o fim do inverno nuclear (1990-1992)	201
Capítulo 4	205
Camada de Ozônio em Perigo (1970-1997)	
1 - Aviões supersônicos, foguetes e CFCs (1970-1979)	206
2 - Tratados internacionais e um buraco no ozônio (1985-1997)	243
3 - Montreal torna o ozônio um problema mundial	271
4 - Eco-92, Nobel e o ozônio cai no esquecimento	288
Capítulo 5	292
Um Consenso Forçado sobre o Aquecimento Global (1988-2005)	
1 - O longo caminho até Kioto (1988-1997)	293
2 - A consolidação do consenso (1998-1999)	327
3 - O debate político como uma via de mão dupla (2000-2005)	349
Conclusão	368
Fontes	375
Referências Bibliográficas	390

Introdução

O clima faz parte do cotidiano das pessoas. É comum que elas conheçam as épocas do ano que são mais chuvosas, em que faz calor ou esfria e quando o vento é mais presente. Suas vidas acabam pautadas por isso, quando decidem as viagens que vão fazer para aproveitar uma temporada de calor na beira do mar ou pretendem esquiar em montanhas cobertas de neve. Essas variações anuais, as estações, fazem parte dos chamados ciclos naturais do planeta; podemos considerar que são uma constante e que todos podem contar com elas.

Tão parte do dia a dia, mas uma incógnita, são as alterações diárias nas condições atmosféricas. Apesar de conhecermos os indícios e de as ciências serem capazes de mostrar as tendências meteorológicas, uma manhã de sol pode ser sucedida por uma tempestade ao final da tarde e nos pegar de surpresa. Isto também é uma situação com que lidamos e a que estamos acostumados.

Para os cientistas, clima é a média das condições meteorológicas de uma região dos últimos anos ou décadas. Portanto, o clima é algo que se manteria estável por longos períodos de tempo e as mudanças em seu mecanismo levariam milênios para se concretizar, mas estas ocorrem. Isto significa que uma era glacial está separada de nós por muitos séculos e que viveríamos dentro de um período de estabilidade climática; contudo, estaríamos caminhando lentamente, nos próximos mil anos mais ou menos, para uma nova era glacial.

Nas últimas décadas do século XX, entretanto, essa perspectiva foi abalada pelo anúncio feito por alguns grupos de cientistas de que o clima do planeta estava se alterando fora dos padrões climáticos por eles estabelecidos. Uma mudança climática estaria ocorrendo no contemporâneo e teria como provável causa principal uma nova força dentro do mecanismo climático natural: os seres humanos.

As chaminés das fábricas expõem diariamente milhares de toneladas de compostos químicos, que interagem com a atmosfera e modificam de alguma forma sua estrutura. Estrutura essa que atua no mecanismo climático terrestre. Um processo poluidor que ganhou força desde metade do século XIX com a intensificação da produção industrial em alguns países e o consequente aumento do número de chaminés.

Além disso, a poluição também é individual, quando milhões de pessoas passaram a utilizar meios de transporte automotivos, que utilizam combustíveis fósseis e lançam mais algumas toneladas dessas substâncias na atmosfera. Um cotidiano poluidor, portanto, pois essas emissões químicas sobre nossas cabeças ocasionam o aumento destes na atmosfera ou então a alteração de compostos ali existentes.

Os cientistas acompanharam esta atividade poluidora. Temos relatos dessa preocupação desde o final do século XIX; ou seja, logo no momento em que houve uma maior intensidade nas atividades industriais, cientistas e pensadores observaram que isto poderia ter algum prejuízo no futuro. Até a metade do século XX pouca atuação científica ocorreu em relação a isto, embora procurassem traçar as quantidades de compostos produzidos pelos seres humanos, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), e também entender a função de cada um na atmosfera.

Quando entramos na década de 1970 era de conhecimento entre os cientistas de que alguns gases tinham a propriedade de reter o calor solar dentro da atmosfera planetária, que ficaram conhecidos como gases do efeito estufa. Enquanto outros eram eficientes na reflexão da radiação do sol de volta ao espaço e foram denominados de gases do efeito guarda-sol. A dinâmica de expulsão e manutenção do calor solar seria o fator que permitiria a estabilidade das temperaturas médias e com elas a compreensão de que o clima era uma constante.

O que acontece quando um determinado gás, como por exemplo o CO₂, tem suas quantidades aumentadas quase três vezes na atmosfera? Isto significa que, por ser um composto que atua na retenção do calor abaixo da atmosfera, ele provavelmente provocaria a elevação das temperaturas médias planetárias e traria consequências para o clima. Os cientistas passaram a estudar este e outros compostos durante a década de 1970 e podemos inferir que foram tomados de surpresa quando perceberam que as ditas leis da natureza, estáticas e eternas, sofriam uma interferência das ações humanas e que mudanças climáticas fora dos padrões estavam por vir.

Nos trinta e cinco anos que separam 1970 de 2005, o recorte cronológico analisado, houve diversos tipos de controvérsias científicas relacionadas ao futuro climático do planeta. Cientistas especializados nesse tema, em sua maioria climatologistas, debateram enunciados, procuraram dar soluções ao problema que apresentavam, participaram de reuniões governamentais e estimularam novas pesquisas sobre os assuntos que discutiam. O clima se revelou tão incerto quanto as condições meteorológicas e os cientistas e demais interessados em mudanças climáticas se viram

nesses anos em meio a uma miscelânea de enunciados e argumentos com as quais tiveram que aprender a lidar.

Os anos 1970 ficaram marcados, em meio às discussões sobre o futuro climático do planeta, pelas controvérsias relacionadas à possibilidade de um resfriamento ou aquecimento global e também pelos cálculos científicos de que alguns compostos químicos produzidos pelos seres humanos prejudicariam a camada de ozônio estratosférica. Na década de 1980, o inverno nuclear tomou conta dos debates por alguns anos. Houve também nessa década a retomada da degradação da camada de ozônio, um assunto que durou até por volta de 1997, quando o aquecimento global retoma o papel de protagonista nas discussões sobre mudanças climáticas.

O aquecimento global, seu enunciado, vem sendo elaborado pelos cientistas desde a segunda década do século XX, por volta de 1926, quando o G. S. Callendar fez as primeiras relações entre o aumento de dióxido de carbono e a constatada elevação das temperaturas no planeta. De forma geral, o fato científico é a afirmação de que estaria ocorrendo uma elevação das temperaturas médias no planeta devido ao aumento dos gases do efeito estufa, o dióxido de carbono como o principal responsável, e este teria origens antropogênicas. Seu contrário seria o resfriamento global, quando o excesso de aerossóis, gases do efeito guarda-sol, estariam em quantidade fora do normal na atmosfera, fazendo com que as temperaturas na superfície diminuíssem.

O ozônio seria um gás que, quando concentrado da forma que está na estratosfera, teria a função de impedir que a radiação solar ultravioleta alcançasse a superfície. O enunciado da degradação da camada de ozônio informa que esta seria causada pelo excesso de compostos químicos que interagem com este gás na estratosfera e o destruiriam no processo, notadamente os chamados *clorofluorcarbonos* – os CFCs – uma substância inexistente na natureza, mas fabricada em processo industrial.

Quanto ao inverno nuclear, este tem uma construção científica diferenciada. O enunciado é uma hipótese, sem comprovação empírica e ligado à situação político-militar do momento histórico conhecido como Guerra Fria. O inverno nuclear seria a queda das temperaturas no planeta causada pela nuvem de fumaça e poeira gerada após as explosões das bombas nucleares, caso houvesse uma guerra desse porte entre as duas superpotências da época, os EUA e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS).

Temos, portanto, um “cardápio” catastrófico que levou a discussões amplas dentro e fora da comunidade científica. Podemos considerar inclusive que as mudanças climáticas, nestes anos, tornaram-se um problema social, por remeter ao futuro do planeta e de seus habitantes, seres humanos ou não, e geraram com isto uma movimentação política na tentativa de resolver as questões que os cientistas colocavam em pauta.

A partir destas considerações, analisamos nesta tese as controvérsias científicas relacionadas às mudanças climáticas entre 1970 e 2005. Elaboramos essa temática a partir destes três temas: aquecimento global, degradação da camada de ozônio e inverno nuclear. Isto se justifica por serem eixos-temáticos que, em nosso entender, dominaram as discussões científicas no período escolhido, principalmente em relação às nossas fontes históricas, os artigos científicos, editoriais, correspondências e matérias publicadas pelas revistas científicas *Science* e *Nature*.

As fontes se mostraram profícuas ao longo da sua coleta. Encontramos mais de três mil artigos, notícias, cartas e editoriais nas duas publicações, todos relacionados às mudanças climáticas. Estes documentos, em sua maioria relatórios de pesquisa, por isso, permeados de cálculos, gráficos, tabelas e da linguagem científica específica para as muitas áreas envolvidas no tema, tiveram de passar por vários filtros. O mais relevante, entretanto, foi a escolha de textos em cujo teor existissem as implicações políticas, direta ou indiretamente, e assim reveladores do pensamento de seus autores, da forma como entendiam o enunciado e também dos processos de construção do mesmo frente à sociedade e aos governantes.

Já o recorte escolhido, 1970 a 2005 foi de anos considerados por nós, mas também com base na bibliografia utilizada, como proeminentes no processo de construção das mudanças climáticas em um fato científico. Representaram as quebras e continuidades nas pesquisas científicas e suas controvérsias. Estes trinta e cinco anos permitiram estabelecer a relação entre a formulação de enunciados sobre o clima e os aspectos políticos envolvidos, tal como os debates.

O ano de 1970 foi marcado pelo aumento da preocupação ambiental, especialmente a poluição atmosférica. O aumento do uso de automóveis e da produção industrial no pós II Guerra Mundial intensificou a geração de poluentes na zona urbana e com ela o crescimento dos casos de doenças pulmonares e a diminuição da qualidade de vida nas grandes cidades.

Apesar de este não ser um fenômeno novo, já que Londres sofria com o excesso de fumaça das fábricas desde a metade do século XIX, a partir de 1970 isto passou a ser combatido através de políticas públicas, que visavam controlar as emissões nas indústrias, diminuir a geração pelos veículos automotores movidos a combustíveis fósseis e também incentivar o uso de energias alternativas.

Esse olhar preocupado da sociedade para a atmosfera levou também ao interesse dos cientistas em entender as mudanças que ali ocorriam. Notamos que dos anos 1970 em diante houve o aumento do número de pesquisas, notícias e editoriais nas páginas da *Science* e *Nature* sobre as mudanças climáticas e seus eixos temáticos. Houve mesmo a especialização de alguns climatólogos nesta área de estudos e, ao longo dos anos seguintes, criou-se um grupo de cientistas que apareceram recorrentemente nas duas publicações, onde apresentaram artigos ou fizeram comentários relacionados ao tema.

Foi nestes anos que ocorreu a entrada com maior ênfase dos políticos. Esses procuraram atender aos anseios da sociedade e à necessidade dos cientistas, assim como criar instrumentos para resolver as questões climáticas que lhe eram colocadas. Esta presença foi sentida com maior peso a partir da segunda metade da década de 1980, quando reuniões, protocolos e painéis climáticos e relatórios aparecem como resultado do interesse governamental nas mudanças climáticas.

Contudo, o papel político foi ambíguo. Dadas as várias incertezas científicas em relação aos enunciados que divulgavam, os políticos agiam de acordo e ora davam prosseguimento às decisões tomadas, ora barravam a pauta devido aos interesses econômicos envolvidos. Uma situação que foi comum nos anos 1990, quando o neoliberalismo, como ideologia político-econômica promulgada pelos EUA, teve um papel crucial nas decisões internacionais e promoveu a desregulamentação das indústrias e outras fontes de poluição em muitos países.

Na virada do século, os cientistas continuaram com suas pesquisas e controvérsias climáticas e os políticos com as crises decisórias. O ano de 2005, nosso marco cronológico final, não representou uma quebra histórica, não aconteceu nenhuma mudança significativa no panorama político ou científico. Para nós, representou a entrada das pesquisas em mudanças climáticas no rol das ciências normais, cuja característica marcante é a regularidade dos trabalhos sem que grandes novidades sejam introduzidas. O enunciado, dessa forma, mesmo não estando livre das controvérsias, acaba por enraizar-se no meio científico e social.

Assim, nossa intenção é compor um mosaico das discussões científicas referentes a esse tema nas revistas científicas e como hipótese norteadora da análise a proposição de que *controvérsias científicas sobre mudanças climática são definidas por seus elementos políticos*. Neste sentido, entendemos que, apesar de os conteúdos serem científicos, seus limites são políticos. Ou seja, os cientistas determinam o que é discutido, seus detalhes e possíveis soluções, mas é no meio políticos que as balizas das controvérsias, seus encaminhamentos, a continuidade ou encerramento dos debates são determinados.

As controvérsias científicas são entendidas por nós como o momento em que determinado enunciado é debatido por cientistas de forma a constatar ou não sua validade. Portanto, elas fazem parte do processo de construção dos fatos e de sua aceitação social. Os debates deste tipo revelam as redes nas quais circulam as ciências, as diversas implicações envolvidas na elaboração das afirmações por parte dos cientistas, e mostram também quão intrincadas são as tessituras que compõem o fazer das ciências.

Neste sentido, as controvérsias foram amplamente caracterizadas por filósofos, historiadores e sociólogos das ciências. Temos como parâmetro deste conceito a definição dada pelo historiador das ciências francês Dominique Pestre, para quem as controvérsias são uma etapa da negociação científica de construção de fatos, que estabelece um consenso particular em meio a uma variedade de outras proposições (PESTRE, 1996).

A busca por um consenso, a definição de um debate científico mostra-se uma ferramenta significativa para a forma como compreendemos as controvérsias sobre mudanças climáticas nestes trinta e cinco anos de publicações científicas a respeito. Estas foram marcadas pela constante tentativa dos cientistas envolvidos em formular uma conformidade, fazendo o jogo político necessário para saírem vencedores da disputa de que participavam.

Assim, os cientistas, jornalistas e editores, além de especialistas de todos os tipos, fizeram uso de estratégias e táticas para fortalecer os enunciados que acreditavam serem verdadeiros. O filósofo francês Bruno Latour (2000) dedicou muitas de suas obras à definição dessas formas narrativas e argumentativas de elaboração pelos cientistas e afins em seus textos. Para ele, este é um dos elementos constituintes do fazer ciência e a política envolvida está também inserida nesta produção textual.

Os cientistas, então, angariam aliados, sobrepõem camadas de argumentos sobre outras camadas de argumentos como forma de esconder as fraquezas de suas afirmações; utilizam gráficos e tabelas, se apoiam na tecnologia de ponta e em uma equipe superespecializada nas etapas da pesquisa que desenvolvem. Também obtêm o apoio financeiro governamental e/ou procuram se estabelecer em laboratórios renomados. Além disso, há a necessidade de utilizar uma bibliografia de apoio que seja reconhecida pela comunidade científica e conseguir, após a publicação, ser citado por outros artigos, de forma a se tornar uma referência na área que pesquisa (LATOURET, 2000). Todas estratégias que percebemos ocorrer nos trabalhos referentes aos temas e seus eixos tratados aqui, pontuando dessa forma a nossa hipótese.

Também, essa relação entre controvérsias científicas e seus elementos políticos nos é dada pelas fontes históricas de várias formas. Temos, dessa maneira, uma variação temporal entre os eixos temáticos que abordamos. Como procuramos mostrar no início, ao longo dos anos analisados ocorreu a hegemonia de um ou outro tema nas revistas *Science* e *Nature*. Os eixos temáticos foram se substituindo e apareciam com maior volume de textos em determinados períodos, ficando marginais em outros e por vezes voltavam a obter o protagonismo nas controvérsias científicas.

Um movimento que trazia junto uma série de questões políticas que, em nossa compreensão, foram determinantes nos debates. Essas serviram para dar um termo às discussões em dois sentidos: primeiro, ao promover uma solução para o fenômeno climático, como, por exemplo, os tratados internacionais para a eliminação de determinada substância prejudicial à camada de ozônio, ou então, o aumento no apoio e financiamento para a pesquisa em relação a certo eixo temático.

Segundo, quando não conseguiram ou não pretendiam apresentar a resposta ao problema e assim barravam a continuidade das discussões, o que ocasionava aos acordos internacionais que o tema seria retirado de pauta quase que sumariamente. Esses dois sentidos políticos estiveram presentes em todos os momentos, o que nos mostrou como este elemento teve um peso significativo nas controvérsias científicas sobre as mudanças climáticas.

A presença marcante dos elementos políticos também ficou evidente nas páginas das revistas. Os artigos científicos, os editoriais, as matérias jornalísticas traziam cada uma, dentro de um estilo narrativo próprio, as implicações dos temas relacionados às mudanças climáticas.

Os cientistas sabiam do papel que exerciam socialmente e também tinham a noção exata de que deveriam lidar com este fator das ciências para poderem desenvolver os trabalhos. Dessa forma, nos artigos científicos, sejam eles relacionados à pesquisa ou então comentários sobre outros trabalhos, os autores, em sua maioria cientistas, traziam, além das considerações mais gerais sobre o estado da arte dos estudos climáticos, as leituras que faziam do jogo político envolvido nas controvérsias.

As matérias jornalísticas e os editoriais, por sua vez, além da divulgação dos enunciados científicos a respeito dos eixos temáticos, fizeram a discussão e crítica dos encaminhamentos políticos tanto internacionais como internos aos Estados Unidos da América (EUA). As linhas editoriais tratavam de publicar textos opinativos e notícias que mostravam a situação dos acordos internacionais, os principais empecilhos para a tomada de decisões e o posicionamento dos cientistas em relação a tudo isto.

Dessa forma, as revistas são entendidas por nós como meios de discussão política dos enunciados científicos. Suas páginas não traziam somente a opinião dos cientistas e especialistas, como também a sua própria. As linhas editoriais faziam as escolhas de quem seria publicado ou não, que enunciado seria a capa, qual artigo mereceria um destaque e assim por diante.

Devido a elas serem os principais periódicos científicos do planeta, aquilo que está em suas páginas é formador de opinião. Sua abrangência é significativa, visto que muitos jornais e revistas de vários países reproduzem os conteúdos e análises presentes nas edições de ambas as publicações. Portanto, o que está nas páginas da *Science* e *Nature* tem um valor dentro e fora do meio acadêmico e podemos afirmar seu significado na construção dos fatos científicos e na sua aceitação pela sociedade.

Entretanto, apesar de serem revistas de amplitude mundial, podemos definir que seu espaço de crítica era restrito a um país, os EUA. Tanto a *Science* quanto a *Nature*¹ estavam atentas aos acontecimentos específicos estadunidenses. Nos anos de 1970 a 2005, o país se mostrou como o protagonista mundial nas pesquisas científicas e nas decisões políticas relacionadas às mudanças climáticas.

Foram dos EUA os principais grupos de pesquisa nos temas climáticos. Apesar de alguns cientistas se localizarem fora deste país, a maioria dos que se debruçaram

¹ Que, mesmo sendo uma revista inglesa, publicava matérias que analisavam a situação das ciências e as decisões políticas ocorridas do outro lado do Atlântico, nos EUA. Como o contexto inglês não apareceu na *Science* da mesma forma, optamos por montar principalmente o contexto histórico estadunidense.

sobre este assunto estavam radicados ali. Também foi neste espaço que houve a criação dos primeiros programas de pesquisa no mundo.

Este país, inclusive, exerceu forte influência nos acordos internacionais para o clima. Era o fator determinante no bom andamento das negociações ou no seu fracasso. Como o maior poluidor da atmosfera de todo o planeta, a condução dos tratados de redução dos poluentes que contribuíam para a alteração do clima tinha como pivô a posição que os EUA adotavam em relação à proposta internacional. Assim, muitos acordos foram colocados em prática e outros não eram levados adiante dependendo dos interesses estadunidenses.

Para caracterizar essa relação dos EUA com os aspectos internacionais das mudanças climáticas, procuramos trabalhar de forma a conduzir um jogo de escalas geográfico, no qual partíamos ora da contextualização dos EUA e caminhávamos para a crítica internacional ou vice-versa. Uma maneira que encontramos de analisar o impacto político das decisões em dois âmbitos: nas pesquisas e nas controvérsias que eram geradas.

A tese está dividida em cinco capítulos. Essa divisão foi pautada por um critério temático e cronológico, principalmente do segundo capítulo em diante. Tentamos com isto expressar a forma como os enunciados apareceram nas publicações científicas selecionadas para a análise, com o surgimento e o desaparecimento de suas controvérsias ao longo do período recortado.

No primeiro capítulo caracterizamos as fontes históricas e os conceitos de mudanças climáticas nelas presentes. Procuramos apresentar a estrutura das revistas *Science* e *Nature* a partir de nossa percepção durante a coleta e a análise da documentação selecionada. Em um segundo momento do capítulo fizemos algumas considerações para com os termos e denominações que utilizamos ao longo da tese, apresentando os eixos temáticos que trabalhamos e sua presença nas revistas.

O capítulo dois aborda inicialmente as bases sociais, políticas e científicas das pesquisas sobre clima e mudanças climáticas a partir do ano de 1970, com o intuito de mostrar como os estudos deste tipo ganharam contornos modernos. Depois analisamos uma controvérsia que surgiu ao final desta década, enquanto resultado direto desses alicerces: o debate entre resfriamento e aquecimento global.

As discussões sobre o inverno nuclear são o mote do terceiro capítulo. Abordamos as estratégias que o grupo TTAPS, centrado na figura do astrofísico Carl Sagan, utilizou no ano de 1983 para a divulgação do enunciado. Depois fazemos

considerações sobre a forma como o debate se desenrolou durante os anos de 1984 até 1988 nas páginas das revistas e sua relação com o contexto da Guerra Fria nos EUA.

No capítulo 4 quebramos a sequência cronológica para tratar da degradação da camada de ozônio. O eixo-temático tem suas controvérsias iniciadas em 1970 com a divulgação por alguns cientistas da possibilidade de certos compostos químicos serem prejudiciais a este gás na estratosfera. O tema, entretanto, ficou marginal durante as discussões do inverno nuclear e retorna ao centro das atenções nas revistas a partir de 1986, quando um buraco na sua camada foi verificado acima da Antártida. Assim, protagoniza as controvérsias climáticas até por volta de 1997. No referido capítulo analisamos esses dois momentos.

O quinto e último capítulo trata da retomada do aquecimento global nas discussões climáticas a partir de 1988, mas de forma secundária frente à camada de ozônio. O tema ganha importância em 1998, após a assinatura do Protocolo de Kioto e o consenso científico formulado por este documento. Esta controvérsia se manteve no foco científico até 2005 e nos anos subsequentes.

Capítulo 1

As Revistas Científicas e os Enunciados sobre Mudanças Climáticas

Nesse capítulo apresentamos as fontes históricas e os enunciados sobre mudanças climáticas. A intenção é caracterizar de forma geral estes dois elementos que compõem a análise nessa tese. Assim, além de nossas observações, trazemos também uma análise quantitativa referente ao volume de documentação que encontramos. Esses dados estão em tabelas e gráficos que elaboramos durante a pesquisa e que traduzem a relação entre a documentação e as revistas e entre estas e os enunciados sobre mudanças climáticas.

Em primeiro analisamos os periódicos *Science* e *Nature*, que foram utilizados para a análise do tema proposto relacionado às controvérsias científicas sobre as mudanças climáticas e seus eixos temáticos. Dessa forma, trazemos os editores-chefes e responsáveis pelas revistas ao longo dos trinta e cinco anos pesquisados. Também caracterizamos a estrutura das revistas, especificamente as suas seções **políticas**, **científicas** e **jornalísticas**, na qual cientistas, especialistas e jornalistas, publicam artigos científicos, as notícias, editoriais, comentários e correspondências.

Depois é feita uma apresentação dos eixos temáticos: aquecimento global, degradação da camada de ozônio e inverno nuclear, tal como encontrados nestes periódicos científicos. A intenção é mostrar os significados desses enunciados e as mudanças e permanências destas definições dentro de nosso recorte histórico.

Por fim, esse quadro geral apresentado pretende fazer a crítica das fontes e dos conceitos empregados no decorrer desta tese. Uma crítica inicial, mas que permite a visualização desses dois elementos aqui tratados ao mostrar seu dinamismo no tempo, quando a estrutura das revistas e os enunciados climáticos variaram de forma entre 1970 e 2005, marcando pelo lado das revistas as maneiras como expressaram seus interesses políticos e do lado dos enunciados as imprecisões que fazem parte do conhecimento científico¹.

¹ Contudo, não entramos em uma crítica nos moldes propostos por Reinhart Koselleck na obra “Futuro Passado”. Neste trabalho o autor propõe uma metodologia de análise dos conceitos e das fontes histórica, de forma a compreender profundamente os processos de sua criação e a historicidade neles envolvidos, passando por estudos linguísticos e indo até a pesquisa em história social (KOSELLECK, 2006).

1 - Science Magazine: estrutura e conteúdo (1970-2005)

A revista *Science* foi criada em julho de 1880 pelo jornalista de Nova York John Michels, que escrevia artigos sobre ciências para os jornais locais e também ingleses. O mote de fundação da *Science*, segundo a historiadora Germana Barata, foi criar um espelho da *Nature* nos EUA, já que a publicação inglesa teria obtido relativo sucesso no meio editorial da Europa. O caminho da *Science*, entretanto, não foi fácil: “[...] conquistar esse lugar exigiu uma trajetória árdua, inúmeras substituições de editores, mudanças contínuas de estratégias, além da interrupção da edição de *Science* por duas vezes (1882-1894) [...]” (BARATA, 2010, p. 105). Entretanto, esta situação começa a mudar no final do século XIX, com o crescente interesse social nas ciências e o consequente estímulo à divulgação e a vulgarização das ciências para diversos tipos de público (SÁ, 2006; BARATA, 2010)².

Em 1901 a revista foi incorporada pela *American Association for the Advancement of Science* (AAAS)³. Conforme a história que consta no endereço eletrônico da associação, esta iniciativa auxiliou tanto a revista quanto a AAAS por “rejuvenescer” as duas no início do novo século. A revista acabou por servir como meio de publicação de grandes cientistas do século XX, o que elevou a condição da associação como uma entidade de reconhecimento mundial (AAAS, 2013).

A revista se tornou aos poucos um híbrido. Contou, por um lado, com a presença de jornalistas em seu corpo editorial, mas a presença da associação científica levava para dentro das decisões a participação de cientistas, que eram escolhidos como editores-chefes. Em 1950, pela análise feita por Germana Barata (2010), a revista profissionalizou seus empregados e o sistema de revisão científica foi aperfeiçoado. Dessa forma, podemos entender que, quando chega aos anos que recortamos aqui para a análise, a revista tinha alcançado uma estabilidade e era uma referência em publicações científicas no mundo todo.

No trabalho com a *Science* dentro de nosso recorte histórico (1970-2005), nos deparamos com quatro sucessões de editores-chefes: Philip H. Abelson (1962-1984),

² Ilustrativo deste ponto é a leitura de Dominichi Miranda de Sá sobre a busca pela especialização científica no Brasil no final do século XIX. A autora traça um paralelo com os acontecimentos brasileiros e europeus, principalmente França, no crescimento da divulgação dos textos científicos por revistas especializadas e por aquelas que promoviam a vulgarização das ciências para o grande público, como a *Science*, *Nature* e *Scientific American* (SÁ, 2006)

³ Entidade científica estadunidense fundada em 1848, que pretendia associar cientistas e engenheiros do país e servir como aglutinadora das diversas disciplinas científicas existentes neste período.

Daniel E. Koshland Jr, bioquímico, (1985-1995), Floyd Bloom, médico pesquisador (1995-1999) e Donald Kennedy, biólogo, (2000-2008). Cada um deles imprimiu sua marca na revista, o que nos revelou momentos distintos da linha-editorial da *Science*.

Por virem de áreas científicas diferentes e mesmo por terem passado por universidades e instituições de pesquisa dos EUA, eles tinham uma experiência e uma visão de ciência que procuraram colocar nas páginas da revista ao longo de suas chefias. Abelson, físico nuclear, passou por Berkeley em seu doutorado e contribuiu com os esforços de guerra do país durante a II Guerra Mundial. Koshland Jr, bioquímico, teve seu doutorado pela *University of Chicago* e era herdeiro de Levi-Strauss (não o antropólogo, mas o fabricante de jeans). Floyd Bloom recebeu seu doutorado em medicina pela *Washington University* e Donald Kennedy, biólogo, é doutor pela *Harvard University*, mas firmou carreira na *Stanford University*, da qual inclusive foi presidente (1980-1992). Portanto, visões diferenciadas de ciências que, em nossa compreensão, guiaram a linha editorial da *Science* em seus períodos como editor-chefe. Isto será analisado ao longo dos capítulos seguintes.

Uma dezena de jornalistas se dedicou a informar sobre mudanças climáticas e seus eixos temáticos, com destaque para Richard Kerr, um oceanógrafo que, ao final de sua dissertação de mestrado em 1977, resolveu se tornar um “*Science Writer*”. Suas matérias sobre mudanças climáticas aparecem com maior volume na revista na segunda metade de 1980.

De maneira geral, podemos considerar a *Science Magazine* uma revista de estrutura orgânica. A publicação tem uma periodicidade semanal, com média de 51 a 52 edições anuais, reunidas em 4 volumes, cada um com 3 meses de duração. São aproximadamente 200 páginas por edição – parte delas voltadas a propagandas de vários tipos, desde anúncios de emprego na área científica, obras publicadas, até materiais e tecnologias. O restante da revista é dedicado ao que consideramos três setores de informações: *jornalístico*, *político* e *científico*⁴. Esses setores tiveram variações em seus conteúdos ao longo do recorte histórico em relação às suas seções, como mudanças de títulos, diversidade de autores, exclusões e inclusões de partes.

⁴ Não pretendemos com esta divisão separar o lado político do científico e vice-versa – até porque poderíamos relacionar todos os setores como científicos, seguindo à risca a linha teórica e metodológica da *Science Studies* de Latour ou do Programa Forte de David Bloor – mas apenas expressar categorias que facilitem a interpretação da literatura científica envolvida. O setor político teria seu diferencial pela disposição de seus autores em tornar evidentes sua opinião em lugar da suposta “neutralidade” dos textos científicos tradicionais, tal como encontraremos no setor específico.

No *jornalístico* tivemos contato com as seguintes seções: “*Sciencescope*”, “*Random Samples*” (2001-2005), “*News and Comments*” (1970-1999), “*News of the Week*” (1999-2005), “*Research News*” (1972-1998), “*Research Topics*” (1970-72), “*News Focus*” (1998-2005), “*This Week In Science*” (1985-2005) e “*Editor’s Choice*” (2000-2005).

Em *política*: “*Editorial*” (todo o período), “*Letters*” (todo o período), “*Book Reviews*” (1970-2000), “*Books et al.*” (2000-2005), “*Perspectives*” (1992-2005) e “*Policy Forum*” (1988-2005).

E setor *científico*: “*Products and Materials*” (todo o período), “*Articles*” (1970-1986), “*Research Articles*” (1986-2005), “*Reports*” (todo o período), “*Brevia*” (1999-2005), “*Essay*” (1999-2005), “*Technical Comments*” (todo o período) ⁵.

Além desses setores, há a *Special Section*, publicada esporadicamente, em que os três setores apresentam trabalhos sobre um tema e demais seções que surgem por breves momentos, como *Essays on Science and Society*, *Associations Affairs*, *AAAS News*, *Policy*, *Review*, *Breakthrough of the Year*.

Os dados fornecidos pela Tabela 1 permitem visualizar o aumento dos textos nas seções da revista, além de auxiliar no esclarecimento de seus interesses na divulgação de certos tipos de pesquisa e no destaque dado ao tema “mudanças climáticas”. Nessa Tabela, somente o item relatórios apresentou um aumento em sua quantidade; os demais atendem a uma demanda crescente, porém por vezes irregular e, por outras, tendo o ano de 1988 como o propulsor, de uma duplicação no total de textos.

Isto ocorre pela fluidez dos conteúdos e seções da revista *Science* ao longo do recorte histórico. A revista, como veremos, dado seu hibridismo estrutural, acompanhou seu contexto histórico e abordou as principais discussões científicas do período recortado. Uma abordagem política, social e econômica, pois mostrava esses vários lados da produção científica, não somente dos EUA, mas de vários outros países. Dessa forma, a variação da quantidade de textos até 1988 relacionados às mudanças climáticas significa, em nossa compreensão, a instabilidade no interesse dos leitores e, de maneira mais ampla, por toda a sociedade, sobre o tema nestes anos.

⁵ A datação entre parênteses representa o momento inicial e o final de surgimento das seções, exclusivamente em relação ao tema “mudanças climáticas”, em nossa coleta da *Science Magazine*.

Tabela 1.
***Science* – Mudanças Climáticas –Por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	1	2	1	0	1	8
1971	0	2	1	0	1	6
1972	0	1	1	2	1	4
1973	0	1	0	0	0	4
1974	1	2	0	0	8	14
1975	0	5	5	0	3	15
1976	0	2	4	0	6	13
1977	1	0	2	1	2	13
1978	0	1	0	0	4	8
1979	0	5	0	0	2	16
1980	0	3	1	0	6	7
1981	0	3	0	0	5	8
1982	0	2	0	0	0	7
1983	1	6	1	0	3	7
1984	0	9	4	1	1	11
1985	4	4	3	1	0	7
1986	7	8	1	0	3	5
1987	5	9	2	0	4	4
1988	10	14	5	1	5	12
1989	11	18	6	2	1	8
1990	12	12	5	2	6	10
1991	12	25	3	2	4	12
1992	22	16	6	2	8	17
1993	12	17	2	3	8	22
1994	20	13	1	7	4	27
1995	21	22	2	5	6	25
1996	18	10	7	9	4	25
1997	21	13	6	11	9	21
1998	31	21	6	13	6	28
1999	34	15	4	15	3	43
2000	51	19	7	23	8	34
2001	47	21	10	31	9	31
2002	61	18	6	28	13	43
2003	48	16	6	24	12	44
2004	31	17	3	19	9	24
2005	42	23	4	13	9	44
Total:	524	375	115	215	174	627

Grafico 1.
Science – Mudanças Climáticas – Classificação por
Seção (1970-2005)

Do ano de 1988 em diante essa instabilidade mudou. Este momento representou o aumento de seções da revista destinadas a análises e comentários dos cientistas sobre temas políticos ou então de artigos e relatórios que seriam publicados na edição. Surgem a partir deste momento novas seções de caráter editorial, em que os editores da publicação apresentam textos da revista ou então fazem menção a textos que saíram em outros magazines. O apelo social e político da revista cresce, assim como a hierarquização das seções da publicação, como podemos perceber pela análise do Gráfico 1.

Os relatórios equivalem a 31% do total de documentos, inferindo a ênfase maior em textos curtos, mas de caráter científico, apontando que a divulgação das pesquisas em andamento é o foco principal, seguido pelos editoriais e notícias que na maioria dos casos apresentam pesquisas científicas ou comentários sobre elas. As análises e cartas, em menor número, trazem a opinião dos cientistas sobre determinado assunto ou pesquisa publicada, portanto, o questionamento das publicações anteriores, das perspectivas de outros cientistas e a tentativa de corrigir dados e enunciados. Os artigos, com 8% do total, trazem como característica a pesquisa vista sob um foco maior, muitas vezes finalizada, ou com uma etapa fundamental cumprida.

O setor *jornalístico* pode ser caracterizado pela junção de questões que estavam sendo discutidas no contexto histórico com as informações científicas. Trouxe entrevistas com especialistas em determinada área sobre sua pesquisa, com políticos e burocratas, informações sobre instituições e laboratórios, ou então do orçamento

governamental para a ciência⁶. Um fragmento do ano de 1994 com uma matéria sobre a erupção do Monte Pinatubo – e um resfriamento global constatado – exemplifica este ponto de questões do cotidiano, problemas científicos e recurso às entrevistas:

Porque a liberação do oxigênio e absorção do dióxido de carbono pelas plantas reagem às mudanças globais de temperatura, como as da ocorrência do El Niño, diz Charles Keeling, o resfriamento do Pinatubo aparece como um candidato promissor. Com limites, ele nota, temperaturas frias e o aumento das chuvas que elas muitas vezes trazem podem aumentar a fotossíntese. Resfriamento também pode diminuir a decomposição da matéria orgânica do solo, que libera dióxido de carbono (KERR, 1994, p. 1562)⁷.

O jornalismo científico faz a intermediação entre ciência e cotidiano. Questiona as políticas científicas, conclusões de estudos ou então descreve novas pesquisas e tecnologias do momento. Apresenta descrições pormenorizadas dos estudos, atividades laboratoriais, e mesmo as dificuldades “ainda” não superadas pelas ciências.

O setor representa também as preocupações científicas da época, ou pelo menos, de uma comunidade científica específica: a AAAS. As notícias filtravam os interesses da linha editorial, até mesmo porque os editores-chefes da revista eram cientistas renomados dos EUA, alguns presidentes de universidades importantes, como Donald Kennedy de Stanford, ou integrantes de laboratórios de porte internacional, como Floyd Bloom, que passou pelo Instituto Salk. A coluna “*Editor’s Choice*”, por exemplo, fazia a divulgação de artigos publicados em outras revistas e destaca o conteúdo dos textos, o que simboliza também as escolhas da linha editorial.

[...] Reichert *et al.* realizaram cálculos sobre as flutuações das geleiras nas montanhas (da Noruega e Suíça) usando um modelo de balanço de massa de complexidade intermediária e um modelo de fluxo dinâmico de gelo. Flutuações eram produzidas exclusivamente por variações internas no sistema climático. Suas simulações indicaram que as flutuações pré-industriais dessas geleiras podem ser explicadas pela variação climática interna, independente dos fatores externos de força, como as mudanças de

⁶ Teremos, por exemplo, na década de 1970, a divulgação de tecnologias alternativas como fontes de energia, devido ao choque do petróleo de 1973, reportagens sobre sondas espaciais enviadas para outros planetas e de satélites ao redor da Terra, matérias que tratam da corrida armamentista e a proliferação de armas atômicas etc.

⁷ “*Because oxygen release and carbon dioxide uptake by plants respond to global temperature changes such as El Niño events, says Charles Keeling, the Pinatubo cooling looks like a promising candidate. Within limits, he notes, cooler temperatures and the increased rainfall they often bring can boost photosynthesis. Cooling can also slow decomposition of soil organic matter, which releases carbon dioxide*”.

radiação solar, efeitos vulcânicos ou antropogênicos [...]. *J. Clim.* **15**, **3069** (2002) (CHIN, 2002, p. 1139)⁸.

Percebemos que o setor de *política* da revista se consolidou ao longo dos anos. Da década de 1970 até o final dos anos 1980, a coluna *editorial* era a responsável por emitir opiniões concisas a respeito de um tópico do momento, com a participação não somente do editor-chefe da época Philip H. Abelson, mas de outros cientistas e políticos. Já a seção de cartas servia como um complemento e por vezes apareciam artigos em que cientistas expressavam algum ponto de vista sobre determinado assunto em pauta.

É apropriado que a *Science* aborde as questões do aquecimento global e, especialmente, as interações bióticas, incluindo a possibilidade de redução da carga atmosférica de dióxido de carbono pelo manejo de florestas. O artigo de William Booth (*News & Comment*, 7 Oct, p. 19) trata do reflorestamento; o desafio é o manejo de florestas (WOODWELL, 1988, p. 1493)⁹.

Entre 1988 até 2005, houve o crescimento do setor político da revista. Apareceram seções como “*Policy Forum*”, que publicou cientistas em uma roupagem menos técnica e mais crítica em relação ao próprio trabalho ou então de questões governamentais, ambientais e científicas. Também as *Perspectives*, que são análises de especialistas sobre os argumentos das comunicações de pesquisa ou artigos que aparecem no setor científico da mesma edição.

As resenhas de livros, “*Books Review*” e depois “*Books et al.*”, que apesar da troca de título é a mesma seção e que por isso estão presentes por todo o período de leitura da revista, também podem ser considerados uma análise política. Neste espaço, cientistas e especialistas publicaram resenhas de livros recém-lançados e emitiram sua opinião sobre o texto e a validade do trabalho. A revista inclusive dedica uma edição por semestre às resenhas de livros, a chamada “*Book Issue*”. Em 1972, temos a análise de

⁸ “[...] Reichert et al. have conducted calculations of mountain glacier (from Norway and Switzerland) fluctuations, using a mass balance model of intermediate complexity and a dynamic ice flow model. Fluctuations were produced exclusively by internal variations in the climate system. Their simulations indicate that the preindustrial fluctuations of these glaciers can be explained by internal climate variability, independently of external forcing factors such as solar irradiation changes or volcanic or anthropogenic effects. [...] *J. Clim.* **15**, **3069** (2002).” Em destaque está o periódico do qual a informação foi retirada, no caso, o *Journal of Climatology*, uma publicação especializada na área climática. No recorte foi comum encontrar referências de outras revistas de ampla divulgação, como a *Nature* e a *Scientific American*.

⁹ “It is appropriate that *Science* addresses the global warming issue and especially the biotic interactions, including the possibility of reducing the atmospheric burden of carbon dioxide by the management of forests. William Booth’s article (*News & Comment*, 7 Oct, p. 19) treats the planting of trees; the challenge is the management of forests.”

Allen L. Hammond sobre duas obras que tratam de mudanças climáticas¹⁰, em que ele divulga o estado da arte de estudos sobre o clima naquele momento e realça as barreiras enfrentadas:

Um breve esboço da história climática, por exemplo, mostra a extensão das mudanças climáticas no passado, proporcionando um ponto de vista que é importante para avaliar as mudanças feitas pelo homem. A discussão dos tipos de modelos matemáticos para o clima, seus pressupostos e limitações, deixa claro tanto quão difícil é prover respostas inequívocas para questões sobre o clima como quão rudes, relativamente à tarefa, são nossas ferramentas de pesquisa atuais (HAMMOND, 1972, p. 38)¹¹.

O teor e tom dos textos caracterizam posturas ora mais incisivas ora de aspectos conciliadores; também temos os matizes prescritivos e de juízos de valor sobre assuntos em pauta. Os editoriais são significativos neste ponto. Em 1997, dois meses antes da reunião de Kyoto, Philip Abelson, na época ex-editor-chefe da revista, apresenta sua opinião sobre as consequências da redução dos gases do efeito estufa para a economia dos EUA. *“Quaisquer que sejam os métodos usados para diminuir as emissões dos EUA de gases do efeito estufa, como consequência o preço da energia aumentaria [...]”* e isto afetaria diretamente o consumidor do país *“Por causa das maiores fontes de dióxido de carbono serem os transportes e a geração de eletricidade, o alto custo envolvido seria em última instância transferido ao público [...]”* (ABELSON, 1997, 783)¹².

Além disso, ensaios, seções especiais e outras que esporadicamente apareciam nas páginas da *Science* complementam o constatado aumento das opiniões dos cientistas durante os anos 1990. O que simbolizaria, talvez, o afloramento de uma preocupação em deixarem o lado político mais evidente em seu trabalho científico. Este aspecto pode ser notado de forma mais profunda depois do ano 2000, quando houve a mudança de

¹⁰ Resenha dos livros: MATTHEWS et al., 1971 e SMIC, 1971.

¹¹ *“A brief outline of climatic history, for example, points out the extent of climatic changes in the past, thus providing a perspective that is important for evaluating man-made changes. The discussion of the types of mathematical models of climate and their assumptions and limitations makes clear both how difficult it is to provide unambiguous answers to questions about climate and how crude, relative to the task, our present research tools are.”*

¹² *“Whatever the methods used to decrease U.S. emissions of greenhouse gases, the price of energy would increase as a result. Because the major sources of carbon dioxide emissions are transportation and the generation of electricity, the higher cost involved would ultimately be passed on to the public. Major industrial energy users also would be adversely affected, handicapping their ability to compete globally. Some would relocate their operations to countries where labor is cheap and environmental regulations are less stringent. The AFC-CIO has warned that many U.S. jobs would be lost as a result.”*

editor-chefe, com a entrada de Donald Kennedy e junto a isto as discussões sobre o aquecimento global, que analisamos no capítulo 5.

O setor *científico* da *Science* é o mais tradicional. Sua composição não foi alterada significativamente nos anos recortados. Na seção “*Reports*” aparecem em média de 15 a 20 textos por edição, o “*Articles*” e o “*Research Articles*” – com 3 a 5 artigos. O “*Brevias*” e “*Essay*” tiveram uma presença em maior quantidade a partir do ano 2000. Os demais espaços arrolados, “*Technical Comments*” e o “*Products and Materials*”, quase não tiveram textos a respeito do tema mudanças climáticas.

Numa visão geral, este setor é marcado pelas características atribuídas ao texto científico¹³: objetivo, direto, neutro, simplificado e limpo no estilo, referenciado com bibliografias anteriores e estratificado pelas informações gerais e as específicas, como equações e conceitos da área de conhecimento, além da despersonalização da figura do cientista como autor com a adoção da imagem de grupo no lugar¹⁴.

Os cientistas adotam uma forma de escrita em seus artigos que permite passar a informação em poucas linhas ou então utilizam os gráficos, tabelas e imagens como um recurso que permite ao leitor a visualização precisa do argumento. Já no caso dos “*Reports*”, estes servem para transmitir novos dados ou resultados obtidos durante a pesquisa, ou então, para compor o conjunto de conclusões do fim dos trabalhos com determinado objeto, publicados em forma de artigos.

Este setor da *Science* é seu “carro-chefe”, ao qual é dedicada grande parte das páginas da revista. A ordem de publicação das áreas científicas, nas edições da revista, foi constante ao longo do período histórico: em primeiro, as áreas **exatas** (astronomia, ciências atmosféricas, climatologia, glaciologia, física, geofísica, geologia etc.). Em seguida as áreas **biológicas** (biologia, ecologia, fisiologia, medicina, genética etc.). Por fim, as **ciências sociais** e **humanas** (arqueologia, antropologia, filosofia, história, sociologia etc.)¹⁵. Com uma grande variedade de trabalhos e objetos de pesquisa: de resolução de equações até planetas. Vários métodos e teorias, instrumentos, tecnologias e maquinário envolvido: de tubos de ensaio a sondas espaciais em outras galáxias (ou a caminho delas).

¹³ Exceção feita aos artigos e ensaios que têm como mote uma reflexão ou análise voltada para o campo filosófico, sociológico e histórico das ciências. Estes terão as características das ciências humanas e sociais na composição de textos.

¹⁴ Cf. Principalmente os trabalhos de Bruno Latour: LATOUR, 2000; LATOUR e WOOLGAR, 1997; LATOUR, 2008. E como análises que convergem ou então procuram ampliar o olhar latouriano: LÉVY-LEBLOND, 2004; SHAPIN, 1994; SHAPIN e SCHAFFER, 1985.

¹⁵ Nesta última área, entre 1970 e 2005, a presença de textos foi inconstante, até mesmo rara. Talvez com uma participação maior e quase que dominante da arqueologia e em menor escala da antropologia.

Cada setor da *Science* desenvolve uma atividade na divulgação, publicação e vulgarização das ciências. Mas isto não significa que fronteiras são demarcadas; ao contrário, a convergência dos conteúdos é comum. Como “carro-chefe” da *Science* é o setor científico, temos os outros dois setores voltados para este, tanto o lado jornalístico quanto o político. Consta-se a junção de todos os setores não apenas em edições especiais que envolvem apenas assunto; nas publicações regulares podemos encontrar também uma temática condutora.

Este aspecto leva editoriais, notícias, análises, cartas e artigos a terem como tema um objeto principal. A capa, o editor, os jornalistas, os especialistas e os cientistas tratam de uma mesma pesquisa, dando integridade à edição e, principalmente, destaque ao estudo, aos pesquisadores, aos financiadores e às instituições. Todos envolvidos no trabalho científico em evidência. Exemplo disso são dois artigos de 2004 sobre o acúmulo nos oceanos de dióxido de carbono proveniente das indústrias, o primeiro de Richard Feely e outros, “*Impact of Anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ System in the Oceans*”, e o artigo de Christopher Sabine e outros, “*The Ocean Sink for Anthropogenic CO₂*”, que geraram um comentário na coluna dos editores Stella Hurlley e Phil Szuromi “*This Week in Science*”, intitulado: “*Where CO₂ Goes*”, e um comentário especializado em “*Perspectives*”: “*The Fate of Industrial Carbon Dioxide*” (FEELY et. al. 2004; SABINE et. al. 2004; HURTLEY e SZUROMI, 2004; TAKAHASHI, 2004).

2 - *Nature*: estrutura e conteúdo (1970-2005)

A *Nature* é uma publicação inglesa e teve início na data de 04 de novembro de 1869, fundada por Alexander MacMillan, um editor de Cambridge. Ao contrário da *Science*, a revista não teria vínculos diretos com uma associação científica, mas ao longo dos anos a MacMillan tornou-se uma empresa editorial de grande porte, responsável pela publicação de diversos títulos. Então, se não era vinculada a um grupo científico, ficou associada a um conglomerado empresarial do ramo jornalístico.

Em seu primeiro número, o editor da *Nature* apresentava como intenção trazer ao grande público os trabalhos e os resultados científicos e também divulgar as ciências ao redor do mundo (NATURE, 1869). A intenção editorial, dessa maneira, explica Germana Barata (2010), era tornar “popular” o conteúdo científico, tendo como leitores também aqueles que não eram especializados ou educados nas ciências, mas, como a historiadora afirma, “*É provável que o público-alvo almejado pela Nature ficasse*

apenas no desejo, graças à dificuldade intrínseca de compreensão do conteúdo divulgado em suas páginas [...].” (p. 104).

De qualquer maneira, entendemos que esse intento de ampliar os leitores das ciências também pode ser vinculado a sua criação dentro de uma empresa; assim, o objetivo último dos seus fundadores, e atualmente do conglomerado que a dirige, é de vender exemplares, seja para quem for. A aposta então, escreveu Germana Barata (2010), foi a publicação de uma revista com ênfase jornalística, apesar do grande apelo do setor científico, e que tivesse baixo preço e contasse com grandes nomes das ciências em suas respectivas épocas.

E a *Nature*, ao contrário da *Science*, não pode ser considerada um híbrido entre jornalistas e cientistas em seu editorial. Pois mesmo contando com editores versados em disciplinas científicas, sua orientação era o meio jornalístico, provavelmente como forma de atingir o público amplo desejado. Novamente em Germana Barata (2010, p. 104) temos uma referência a isto: “*A linguagem jornalística foi uma aposta para deixar o conteúdo mais atraente, leve e rápido, já que se tratava de uma publicação semanal [...].*” e, para a autora, este teria sido um dos elementos que tornou a *Nature* um dos periódicos mais influentes do meio científico mundial, ao lado da *Science*.

Assim como no caso da *Science*, foi realizada a análise da revista *Nature* em suas seções, configurações e orientações nas publicações sobre o tema mudanças climáticas. Conforme mostrado na Tabela 2, foram 1814 textos selecionados sobre a temática e seus eixos “inverno nuclear”, “camada de ozônio” e “aquecimento global”. O período de abrangência foi de 03 de Janeiro de 1970 a 22 de Dezembro de 2005, desde o volume 225 até o volume 438¹⁶, num total de 1844 números da revista.

Sua edição funciona da mesma maneira que já constatado anteriormente na *Science*, ou seja, números semanais, entre 52 a 51 publicações por ano. Entretanto, se consideramos a *Science* uma revista inovadora devido a sua constante troca de títulos e a criação de seções, na *Nature* suas partes são estáveis, com poucas mudanças ou surgimento de seções novas.

¹⁶ A *Nature* tem um sistema de numeração de seus volumes diferente da *Science Magazine*. Enquanto esta última contempla três meses de edições para cada volume, a *Nature* o faz para apenas dois meses de publicações.

Tabela 2.***Nature* - Mudanças Climáticas – Por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	0	0	1	1	7
1971	1	0	0	5	0	7
1972	0	0	0	2	2	6
1973	0	0	0	4	5	8
1974	0	2	0	13	3	8
1975	0	4	1	17	4	10
1976	0	6	2	14	6	12
1977	0	5	0	8	4	16
1978	0	2	1	17	4	12
1979	2	2	0	8	5	14
1980	0	4	0	9	3	14
1981	0	2	0	9	4	10
1982	1	1	0	9	1	7
1983	1	1	0	8	1	6
1984	0	7	5	14	3	11
1985	1	9	12	7	5	10
1986	2	8	5	7	4	10
1987	0	13	3	8	7	18
1988	3	16	8	12	4	16
1989	3	13	12	11	5	20
1990	8	15	15	18	9	19
1991	3	16	17	14	7	13
1992	3	4	16	22	6	32
1993	0	2	8	14	3	18
1994	1	7	13	11	2	20
1995	4	18	13	11	0	16
1996	3	12	20	6	2	15
1997	4	44	4	20	2	16
1998	1	10	7	16	4	17
1999	2	6	4	21	2	22
2000	14	32	3	7	2	20
2001	5	17	6	21	4	33
2002	2	15	0	24	5	33
2003	3	10	0	25	5	21
2004	7	15	5	35	4	52
2005	5	23	8	27	3	31
Total:	79	341	188	475	131	600

Durante os anos que selecionamos para a pesquisa (1970-2005), encontramos a indicação da mudança de editor-chefe por pelo menos quatro vezes: John Maddox, que ficou entre 1966-1973, a entrada de David Davis entre 1973-1980, a volta de John Maddox em 1980, ficando a cargo da revista durante 15 anos e sua retirada em 1995 quando assume Philip Campbell, um engenheiro aeronáutico, que ainda está no cargo

atualmente (2014). Vários jornalistas participaram da cobertura das “mudanças climáticas”, portanto, não podemos destacar um nome em particular, como no caso de Richard Kerr para a *Science*. Mas os nomes de Colin Norman, Ehsan Masood e de Colin MacIlwain fazem parte constante em nossa análise no decorrer dos capítulos.

Diferentemente do que percebemos na *Science*, a influência dos editores na linha editorial da revista *Nature* não foi tão evidente. O editor de maior destaque foi John Maddox, que dirigiu a publicação na maior parte de nosso recorte e dava opiniões sobre os temas climáticos de forma constante. Mas em uma perspectiva geral, podemos afirmar que a diretriz da revista sobre o tema era reticente, uma postura adotada por Maddox em seus textos e que nos parece ter criado o caminho seguido pelos demais editores, David Davis e Philip Campbell.

A atitude reticente quanto às mudanças climáticas se refere a que a revista, em todo o período, tenta mostrar certa neutralidade em relação aos debates científicos em relação ao tema. Não aderiu a nenhum lado da disputa e procurava balizar os argumentos dos cientistas, mostrando os prós e os contras de cada um. Mas isto, conforme veremos nas análises nos próximos capítulos, era apenas uma atitude superficial, pois a linha editorial seguia as tendências políticas nas discussões das mudanças climáticas e por mais de uma vez apresentou sua opinião direta sobre o tema e seus rumos políticos.

Quanto a sua estrutura, podemos considerar que no período em que pesquisamos a revista, assim como na *Science*, temos três tipos principais de textos: *jornalístico*, *político* e *científico*. Estes correspondem a características, teor e tipo de autores de cada artigo. Cada setor foi representado na Tabela 2 pelo grupo de categorias *Editorial*, *Notícia*, *Carta*, *Análise*, *Artigo* e *Relatório*. Em cada setor há um grupo específico de categorias que o compõe e não aparece nos outros. No setor *jornalístico* apenas as “Notícias” fazem parte, no *político* aparecem os “editoriais”, as “cartas”, as “análises”. O setor *científico* é composto pelos “artigos” e “relatórios” de pesquisas científicas. Essas categorias, que permanecem as mesmas criadas para a *Science*, especificam os tipos de textos encontrados em cada um dos três setores da revista *Nature*. No Gráfico 2 temos as porcentagens de cada categoria.

Gráfico 2.
Nature - Mudanças Climáticas – Classificação por
Seções (1970-2005)

Quando observamos o Gráfico 2 junto à Tabela 2, podemos notar que as categorias “análise” e “relatório” são responsáveis por mais da metade de textos coletados, respectivamente 26% e 33%, o que nos indica a inclinação da revista *Nature* em proporcionar a divulgação e discussão de temas científicos em voga nos anos pesquisados aqui. Ambas as revistas, dessa maneira, são espaços de debates sobre os enunciados científicos, como veremos a seguir, que proporcionam a palavra a diversos especialistas em determinada área de conhecimento, com apresentação de trabalhos em andamento ou críticas a textos publicados na revista ou em outros meios.

Quando comparada à *Science* (26%), os editoriais da *Nature* tiveram pouca participação no período. Isto ocorreu principalmente porque o espaço de atuação dos editores era a coluna “*News and Views*”, que por suas características faz parte da categoria “Análise”. A coluna da revista intitulada “*Opinions*”, o local dos editoriais, apresentou uma ligação maior com uma variedade de questões do contexto da Inglaterra e dos Estados Unidos da América (EUA), referente a questões de política científica, desarmamento e o problema da energia nuclear que permeou grande parte dos anos pesquisados.

A caracterização dos setores da revista nos permite melhor compreensão desses dados e seu encaixe em suas páginas. No setor *jornalístico*, apenas os jornalistas e os correspondentes da *Nature* aparecem. Os textos apresentam as preocupações do contemporâneo, os financiamentos de pesquisas, problemas e dilemas energéticos, questões relacionadas ao armamento militar, bomba atômica, acordos diplomáticos para a pesquisa científica, decisões internacionais sobre determinada polêmica das ciências, o

papel dos políticos em relação ao trabalho científico etc. Ao longo do período pesquisado, esse setor foi representado predominantemente pela seção “*News*” e em alguns momentos também tivemos a presença de textos no item que aparecia esporadicamente na *Nature*: “*News Features*”.

As notícias foram responsáveis por 341 textos, conforme podemos observar na Tabela 2, ao longo da série histórica da revista. Esses textos, em sua maioria, são de reportagens sobre acontecimentos políticos-científicos, sobre as mudanças climáticas e seus subtemas. Tal como na *Science*, o volume maior ocorreu a partir de 1988, quando o Protocolo de Montreal estava sendo discutido, e um novo aumento, com os debates sobre o Protocolo de Kyoto em 1997.

O tom dos textos nesse setor foi, de forma direta, apresentar a neutralidade da revista, mas indiretamente trazia a opinião de seus autores. Em uma análise por décadas percebemos que este direcionamento da *Nature* se manteve apesar das mudanças de editores-chefes e das dinâmicas contextuais. A proposição da revista parece caminhar para a aceitação dos acordos de amplitude global sobre os problemas climáticos, impulsionados pela perspectiva de uma “ordem ambiental internacional”, que estava se configurando de forma mais acintosa a partir de 1972, depois da Conferência de Estocolmo organizada pelas Nações Unidas (RIBEIRO, 2010).

Um exemplo é o artigo publicado em 23 de setembro de 1976, quando a *Nature* divulga uma notícia sobre a pouca iniciativa dos EUA em relação aos problemas recém constatados na camada de ozônio, “*USA: Treading Softly on the Ozone Layer*”. No texto, os dois jornalistas responsáveis, Colin Norman e Chris Sherwell, relatam que a Academia Nacional de Ciências dos EUA havia lançado uma notificação referente ao uso dos halocarbonos e seu impacto no ozônio estratosférico; no entanto, os órgãos de imprensa lançaram dúvidas sobre as recomendações da instituição ao inferir que os meios científicos divergiam sobre este fato. Para os jornalistas as medidas tomadas eram amenas e mesmo a exclusão do composto na forma como estava sendo proposta seria de pouca eficiência. Em sua conclusão apontam para a necessidade de uma orientação planetária no combate às emissões dos halocarbonos, já que a ação dos EUA resolveria apenas metade dos problemas a este respeito (NORMAN e SHERWELL, 1976).

O contexto, mesmo que já houvesse propostas de lei sobre a camada de ozônio, ainda era de incertezas científicas, que tiveram um papel importante no argumento do lobby industrial para a manutenção da produção utilizando o composto. Essa incerteza ainda se encontra na Convenção de Viena em 1985 (RIBEIRO, 2010).

Outro exemplo ocorre em 1988, após a assinatura do Protocolo de Montreal, portanto, com as políticas públicas regularizadas em grande parte dos países, houve a necessidade de os políticos atuarem sobre as indústrias que ainda utilizavam os CFCs. Na *Nature* de 21 de janeiro daquele ano, o reporter Alun Anderson, em “*Depletion of Ozone Layer Drives Competitors to Cooperate*”, apresenta a questão ao mostrar que 31 indústrias ao redor do planeta estariam sendo pressionadas para apresentar novas composições para seus produtos e evitar o uso dos compostos nocivos à camada de ozônio. Mas o repórter indica que, por questões de segredo industrial, toda a tecnologia desenvolvida não seria distribuída entre essas companhias, cada uma tendo que arcar com as resoluções do problema (ANDERSON, 1988). O contexto aqui modifica o alvo das reportagens, saindo dos governos para a divulgação das ações “individuais” dos maiores causadores da destruição da camada de ozônio. No entanto, a linha editorial foi mantida pela divulgação e análise das “ações positivas” em relação às mudanças climáticas.

Nos anos 1990, com as políticas e o banimento dos CFCs da produção industrial como uma ação sendo colocado em prática, observamos que o setor **jornalístico** da *Nature* passa a “monitorar” o tamanho do buraco na camada de ozônio. Na notícia “*Ozone Recovery Will Be Long-Term Affair*”, de 1998, Ehsan Masood apresentou os prognósticos atualizados dos cientistas para o tempo estimado para a recuperação da camada de ozônio, algo em torno de 20 anos a partir de 2005, ano em que os países que assinaram o Protocolo de Montreal excluíam de vez os CFCs de suas indústrias (MASOOD, 1998). Neste momento, em que também ocorre a diminuição significativa dos textos sobre camada de ozônio na *Nature*, a revista retoma a pressão sobre os países, indicando que eles deveriam cumprir os prazos e as propostas dos acordos firmados.

Na parte que denominamos de *político*, encontramos uma mescla de autores, que vão desde os editores, repórteres, até cientistas especialistas no tema em discussão (normalmente os renomados nas áreas de atuação). Neste setor temos as seguintes seções: “*Opinion*”, “*Commentaries*”, “*Book Review*”, “*News and Views*”, “*Correspondence*” e “*This Issue*”. Na Tabela 3, estão representados pelas categorias editorial, carta e análise, somando aproximadamente 742 textos selecionados sobre “mudanças climáticas” e seus subtemas¹⁷. O principal mote dos artigos encontrados é a

¹⁷ A quantidade é aproximada, pois na categoria análise temos a inclusão dos “*News Features*”, que enquadrados no setor jornalístico, dadas as características mencionadas anteriormente.

perspectiva crítica sobre determinado assunto, seja considerações sobre pesquisas que estão sendo publicadas na revista, encaminhamentos políticos em relação a uma polêmica, resenhas e o questionamento de posições, teorias, enunciados divulgados, não somente na *Nature*, mas em outras publicações, especializadas ou não.

As três categorias correspondentes ao setor *político* da *Nature* na Tabela 2 apresentam uma variação semelhante, sendo impulsionadas a partir da metade da década de 1980. Essa variação ocorre principalmente pela presença do “inverno nuclear” a partir de 1984, que gerou uma série de cartas e vários tipos de análises, estimuladas em grande parte pelas opiniões do editor-chefe da revista na época, John Maddox, um entusiasta das discussões sobre este eixo temático.

Ainda, por volta de 1988, os textos se voltam novamente para a questão do buraco na camada de ozônio e todo o debate político envolvido na criação dos protocolos de contenção das emissões de CFCs e sua substituição por outros gases que não causariam a destruição do ozônio. A partir de então, concentram-se em questões referentes ao aquecimento global, mudanças globais, ciclo do carbono e as referidas mudanças climáticas. Na coluna editorial, o aumento significativo de textos no ano 2000 se justifica pela criação de uma seção “*This Issue*”, na qual os editores fazem comentários sobre algumas pesquisas que estariam sendo publicadas no número correspondente da *Nature*.

Neste setor temos a indicação direta da linha editorial da revista *Nature*. Nas seções que a compõem as críticas feitas por cientistas, jornalistas e dos editores ficam evidentes, inclusive com a presença de debates sobre determinado tema das mudanças climáticas. Ao analisar década por década, assim como no setor *jornalístico*, percebemos as tendências da publicação.

A diferença de um editor para outro consiste na sua presença maior e na opinião que remete ao tema que está sendo discutido em seu contexto. John Maddox (1980-1995), por exemplo, teve sua participação mais intensa nas questões sobre mudanças climáticas com o “inverno nuclear”, tema que analisou por diversas vezes e mesmo incentivou os cientistas e colaboradores da revista a discutir.

Em 1988, o editor questiona a continuidade dos debates sobre o inverno nuclear, em um texto da coluna “*News and Views*” (principal espaço de atuação desse editor), intitulado “*What Happened to Nuclear Winter?*”. Depois de um período sem publicações científicas sobre o inverno nuclear, Maddox levanta a possibilidade de o assunto ter sido superado, mesmo que para ele ainda houvesse muitos pontos para serem

realmente compreendidos. O editor-chefe, neste texto, expressa a preocupação com a superficialidade das discussões científicas, que muitas vezes pecariam pela falta de uma valorização dos enunciados e de suas consequências (MADDOX, 1988).

Este exemplo do setor *político* é uma constante na revista, que apresenta sua opinião e a de seus colaboradores em todo o período e nos mostra quais seriam as tendências das pesquisas científicas, seus principais objetos e as questões que organizariam a área. As discussões também aparecem neste setor.

Na *Nature*, temos uma dinâmica parecida com que encontramos na *Science*: um determinado assunto é comentado e criticado por especialistas, o que leva ao debate e o surgimento de novas questões para que os cientistas apresentem soluções. Ainda sobre o inverno nuclear, em 1984, logo após a publicação na *Science* do relatório TTAPS que inaugura os trabalhos neste eixo temático, a *Nature* traz uma análise de Edward Teller, físico que se posicionava de forma contrária ao enunciado. Em “*Widespread After-Effects of Nuclear War*”, o autor introduz os cenários trabalhados pelo grupo TTAPS para os efeitos climáticos após a detonação de bombas nucleares. Seu argumento, logo em seguida, é questionado por dois outros textos, o primeiro “*Is the ‘Nuclear Winter’ real?*” de S. Fred Singer (outro crítico) e a réplica de S. L. Thompson e sua equipe de cientistas, “*Is the ‘Nuclear Winter’ real? (reply)*” (TELLER, 1984; SINGER, 1984; THOMPSON et al., 1984). Formava-se, dessa maneira, nas páginas da revista um conjunto de informações e de argumentos sobre determinado tema, no caso inverno nuclear, que possibilitaria aos leitores terem a noção da amplitude das discussões no âmbito científico.

No setor *científico*, temos as seções “*Articles*”, “*Review*”, “*Brief Communications*” e “*Letters to Nature*”. Como a denominação do setor já revela, seus autores são cientistas ou grupos de trabalho de vários países. As abordagens vão desde atualizações das pesquisas, novos pontos estudados e conclusões parciais até trabalhos completos publicados na forma de artigos de dez a doze páginas de extensão. Esta parte da revista apresenta debates especializados entre os cientistas de variadas áreas, onde podemos notar a presença de diferentes formas de trabalho, objetos, metodologias etc. relacionados às “mudanças climáticas” e seus eixos temáticos.

Foram 731 textos deste setor, conforme a tabela 2, porém sua incidência ao longo do período recortado difere das demais seções. Há uma constância maior das quantidades de artigos e relatórios, apesar de o primeiro ser ínfimo em relação ao segundo; no entanto, a partir de 1987 temos um aumento considerável dos relatórios

devido aos acontecimentos já referidos aqui para as outras seções. A constância também deve ser vista pelo fato de que pesquisas relacionadas à noção científica de mudanças climáticas não serem uma novidade dos anos 1970 até 2005, sendo uma área existente desde a metade do século XIX. A diferença entre uma época e outra consiste no tipo de pesquisa, suas balizas temporais, os objetivos, as tecnologias envolvidas, mas principalmente, nos mecanismos geradores das mudanças climáticas. Para fazer esta distinção utilizamos a definição “mudanças climáticas contemporâneas” relacionada a tudo aquilo que permeia o trabalho científico sobre o tema em sua ocorrência no tempo presente e “outras épocas” para os estudos deste tipo focados em períodos de milhares a milhões de anos no passado.

No setor *científico* os documentos coletados na *Nature* apresentam a mesma dinâmica encontrada na *Science*. É o principal setor da revista, para o qual os outros dois estão voltados. É comum sua referência em notícias e análises de textos científicos publicados na mesma edição, numa espécie de “venda casada” do conteúdo da revista. A parte científica da revista não apresentou ao longo dos anos recortados grandes divergências de um grupo científico para outro na questão das mudanças climáticas, seguindo assim a orientação dos dois outros setores, ou seja, divulgar, criticar, noticiar aquilo que era relacionado ao tema, mas sem apresentar de forma destacada os debates entre aqueles que afirmavam que as mudanças climáticas eram fenômenos reais e os que não concluíam a existência deles no contemporâneo.

Tal como na *Science*, cada setor da revista, com seus devidos focos em determinados tipos de textos, traz a convergência necessária de seus conteúdos para que haja a divulgação e a vulgarização das ciências a um amplo público. A revista fica dessa forma integrada, quando apresenta aos leitores um começo, meio e fim relacionado a um tema principal.

Por fim, Germana Barata (2010) as considera como concorrentes no mercado editorial de periódicos científicos, já que ambas seriam as principais revistas científicas do mundo, um argumento com que concordamos. Mas também, por vezes, elas discutem as matérias e pesquisas publicadas nas páginas da concorrente, o que nos indica que há também uma certa dose de parceria, principalmente pelas duas serem as principais responsáveis pela pauta científica em todo o planeta.

Como a *Science* e a *Nature* detêm grande parte do mercado editorial científico e são procuradas para publicar as pesquisas de cientistas renomados de várias partes do mundo, entendemos que elas também ajudam na definição daquilo que deve ou não

entrar em discussão, aquilo que deve ou não merecer destaque. Portanto, são formadoras de opinião, e não mero palco de atuação científica, que muitas vezes atuam em conjunto para reforçar determinado enunciado científico.

3 – Enunciados científicos: presença nas revistas e contexto histórico

Os dados das tabelas a seguir dizem respeito aos eixos temáticos pesquisados: “mudanças climáticas”, “inverno nuclear”, “camada de ozônio” e “aquecimento global”. Estes estão analisados em suas especificidades e características referentes ao contexto histórico de seus textos em cada revista.

Na Tabela 3 apresentamos a quantidade de textos que foram publicados na *Science* sobre “mudanças climáticas” entre 1970 e 2005. Dividimos a tabela nos três eixos temáticos escolhidos como abordagens principais de pesquisa, e mais: “mudanças climáticas (geral)”, pois há a presença de textos que versam sobre a temática de forma ampla, incluindo pesquisas sobre o fenômeno em outras épocas, milhares ou milhões de anos atrás.

Inicialmente, podemos notar, em todas as categorias expostas na tabela, três momentos de crescimento do número de textos. No primeiro período, de 1970 a 1987 temos a manutenção da média da quantidade de textos, atingindo o máximo de quatorze documentos sobre os problemas na camada de ozônio no ano de 1975. De 1988 até 1997, a quantidade de textos dobra, com uma média de vinte textos por ano para as áreas de pesquisa. Essa proporção novamente dobra a partir de 1998, chegando a ter o tópico “aquecimento global” oitenta e nove textos em 2005, ano final do recorte histórico da pesquisa de doutorado.

A Tabela 4 traz os dados da *Nature*. Podemos observar que houve o mesmo crescimento de textos a partir do final da década de 1980 até 2005, o que indicaria a tendência no contexto histórico da discussão ampla e a divulgação em vários níveis das “mudanças climáticas”. Este crescimento gerou um espriamento do trabalho científico sobre o tema, provocando a criação de um grupo especializado nas revistas, entendido como repórteres, editores, cientistas, comentaristas etc., na questão. A *Nature* inclusive, a partir de 2007, cria um suplemento intitulado “*Nature Climate Change*”.

Tabela 3.
Science – Mudanças Climáticas – Classificação Temática (1970-2005)

	Geral	Camada de Ozônio	Inverno Nuclear	Aquecimento Global
1970	7	3	0	3
1971	7	1	0	2
1972	5	1	0	3
1973	4	1	0	0
1974	15	9	0	1
1975	12	14	0	2
1976	13	11	0	1
1977	13	4	0	2
1978	5	4	0	4
1979	11	7	0	5
1980	12	3	0	3
1981	10	4	0	2
1982	5	1	0	3
1983	8	2	2	6
1984	10	6	5	5
1985	3	5	8	4
1986	7	3	1	13
1987	3	17	0	4
1988	9	24	1	13
1989	11	6	0	29
1990	13	5	2	27
1991	15	13	2	28
1992	13	14	1	43
1993	24	24	0	16
1994	26	13	0	33
1995	22	14	0	45
1996	41	13	0	19
1997	44	7	0	30
1998	39	10	0	56
1999	53	14	0	47
2000	58	5	0	79
2001	58	8	0	83
2002	73	10	0	86
2003	61	15	0	74
2004	43	2	0	58
2005	46	1	0	89
Total:	798	294	22	918

Tabela 4.
Nature - Mudanças Climáticas – Classificação Temática (1970-2005)

	Geral	Camada de Ozônio	Inverno Nuclear	Aquecimento Global
1970	7	0	0	2
1971	7	2	0	4
1972	5	4	0	1
1973	11	5	0	1
1974	17	7	0	2
1975	21	10	0	4
1976	19	14	0	7
1977	14	11	0	8
1978	22	9	0	5
1979	19	4	0	8
1980	16	10	0	4
1981	13	6	0	5
1982	10	5	0	4
1983	9	1	0	7
1984	12	2	15	11
1985	12	4	21	7
1986	6	9	11	10
1987	12	24	1	12
1988	11	24	2	22
1989	16	24	1	23
1990	13	21	1	49
1991	13	13	2	42
1992	27	17	0	39
1993	8	11	0	26
1994	18	9	0	27
1995	27	9	0	26
1996	30	8	0	20
1997	33	8	0	49
1998	25	4	0	26
1999	23	3	0	31
2000	35	6	0	29
2001	49	1	0	36
2002	34	3	0	42
2003	24	4	0	36
2004	66	0	0	52
2005	51	5	0	41
Total:	735	297	54	728

A porcentagem das fontes por temas na *Science* estão no Gráfico 3. Dos 2032 documentos coletados, os estudos sobre o “aquecimento global” tomam praticamente a metade de textos, seguido por “geral”, “camada de ozônio” e em pequena quantidade o “inverno nuclear”. O Gráfico 4, referente à *Nature*, mostra uma inversão entre “geral” e o “aquecimento global”, com uma diferença de apenas 1%. Isto representa, na análise conjunta com as demais tabelas da revista, que a área de “mudanças climáticas” estaria mais enraizada nesta publicação do que na *Science* e que teria uma preocupação maior com o fenômeno climático como um todo.

Gráfico 3.
***Science* – Mudanças Climáticas – Classificação**
Temática (1970-2005)

Gráfico 4.
***Nature* - Mudanças Climáticas - Classificação Temática**
(1970-2005)

Na Tabela 3, referente à *Science*, podemos compreender os períodos de continuidades e rupturas de um determinado eixo temático, além das existências múltiplas de dois ou mais eixos. Primeiro temos os dois momentos de hegemonia da “camada de ozônio”, entre os anos de 1970 e 1982, quando cede lugar ao “inverno nuclear”, e sua retomada em 1986 até desaparecer gradualmente de 1998 em diante. Em segundo, temos a relação de coexistência entre “aquecimento global” e a “camada de ozônio”. Ambos têm suas presenças na revista *Science* durante todo o período, mas é possível perceber a dimensão inversamente proporcional, enquanto uma cresce ao longo dos anos recortados, a outra com suas rupturas e continuidades, tende a diminuir a quantidade de textos relacionados. Algumas questões contextuais devem ser trazidas para a compreensão desses pontos.

Os valores da Tabela 4 (*Nature*) se assemelham aos mesmos dados obtidos na revista *Science*, com uma diferença na quantidade total de textos sobre aquecimento global, que, na publicação dos EUA, teve quase duzentos documentos a mais, devido a fatores contextuais que analisamos ao longo dos demais capítulos. De fato, o que nos interessa com estes dados quantitativos é mostrar que houve 1) uma significativa presença das pesquisas, notícias e opiniões sobre mudanças climáticas nas páginas da revista *Nature* e que 2) houve uma conformidade entre os dados de ambas revistas mostrando que 3) o período histórico recortado foi significativo para este tipo de preocupação entre os cientistas, jornalistas e políticos; isto fica evidente ao observar que 4) ocorreu um significativo aumento de textos ao longo dos trinta e cinco anos analisados.

3.1 - “Mudanças climáticas contemporâneas” e de “outras épocas”

Durante a análise das revistas nos deparamos com o aumento da complexidade do conceito de mudanças climáticas. O que inicialmente pensávamos ser um termo usado pelos cientistas como próprio da contemporaneidade, com o andamento do trabalho, notamos ser utilizado para uma temporalidade maior nas pesquisas. Para a análise, foi necessária a sua divisão em duas categorias temporais: “outras épocas” para as pesquisas que focam o passado remoto do planeta; tivemos também que definir uma terminologia para caracterizar as “mudanças climáticas” atuais, para as quais utilizamos a palavra “contemporâneas”.

Os trabalhos sobre “outras épocas” têm como objetivo as alterações no clima que a ciência aponta como acontecimentos de eras geológicas, variando entre milhares e milhões de anos do passado planetário, procurando entender a formação dos períodos glaciais, interglaciais, reaquecimentos, geleiras, os polos (Ártico e Antártida), estabelecer os níveis dos oceanos há milhares ou milhões de anos atrás e também os gases formadores das camadas atmosféricas. Sua presença na coleta de informações se baseia na função que elas terão para os eixos temáticos. Servindo de modelo para projeções das “mudanças climáticas”, de meios para compreender os mecanismos das alterações no clima, ou como exemplos de possíveis consequências deste tipo de fenômeno para o meio ambiente global. A repórter da *Science* Elizabeth Culotta resume em 1993 esta categoria de pesquisa e sua ligação com as mudanças climáticas contemporâneas da seguinte forma:

Na verdade, o perigo do aquecimento global tem feito o empoeirado registro geológico um *best-seller* no meio científico [...] Para desenvolver simulações que podem ser confiáveis, modeladores estão buscando o passado: de gases presos no gelo, passando por grãos de pólen, até pistas isotópicas em fósseis minúsculos – qualquer coisa que pode ajudá-los a confirmar, criticar ou aumentar suas construções matemáticas (CULOTTA, 1993, p. 906)¹⁸.

Por sua vez, e como referido anteriormente, as “mudanças climáticas contemporâneas” são pesquisas científicas atuais sobre o tema, com estudos em curto prazo, de ano a ano ou entre décadas, utilizando medições atmosféricas provenientes de satélites, balões atmosféricos ou instrumentos de superfície. Também, nos textos coletados, por vezes não se especifica a qual tipo de “mudança climática” estão se referindo, ou então tratam de questionamento de caráter político, com opiniões sobre propostas governamentais, institucionais, metas e decisões de acordos climáticas, como o Protocolo de Kyoto etc.

A quantidade de estudos sobre as “mudanças climáticas de outras épocas”, como as eras geológicas Holoceno, Paleoceno, Eoceno, Mesozoica, e também períodos de glaciação de mil a 200 anos atrás, mostrou serem uma fonte de informações valiosas para a pesquisa sobre alterações climáticas. Como exemplo, o trabalho de Walter Dean

¹⁸ “Indeed, the threat of greenhouse warming has made the dusty geological record a best-seller in scientific circles [...] To develop simulations that can be trusted, modelers are turning to the past: to gases trapped in ice, to pollen grains, to isotopic clues in tiny fossils – to anything, in fact, that can help them confirm, criticize, or otherwise enhance their mathematical constructs”.

e seu grupo sobre o fenômeno ocorrido no Holoceno, que foi identificado pelos sedimentos de um lago dos EUA:

Os sedimentos contêm muitos componentes sensíveis ao clima que registram a variabilidade das mudanças climáticas [...] A presença dos varvitos com componentes climaticamente sensíveis [...] sugerem que o Lago Elk pode prover um registro em alta resolução (anual) do clima no Holoceno (DEAN et al., 1984, p. 1191)¹⁹.

Estes trabalhos permitem também a compreensão e a diferenciação do termo “*mudanças climáticas*” em suas várias utilizações temporais, definindo assim o período de uso do conceito, suas apropriações pelos grupos de cientistas e as peculiaridades de cada estudo, como os objetos, problemas e equipamentos, por exemplo.

Na Tabela 5 temos a quantidade de artigos sobre este tipo de estudo por seções da *Science*. Sua presença ao longo de todo o recorte histórico, e provavelmente anterior a ele, nos mostra que, primeiro, o campo científico estava consolidado havia algum tempo na comunidade científica e, segundo, o aumento do número de textos a partir do início dos anos 1990 e notadamente depois de 1998 mostra que o campo científico foi impulsionado por algum acontecimento do contexto histórico ou então um fator inerente às pesquisas realizadas neste período, que analisamos no capítulo 5.

Já na Tabela 6 temos o total de textos coletados na Nature sobre “Mudanças Climáticas” de caráter geral, ou seja, incluímos nisto as fontes obtidas que não fazem menção especificamente a apenas um eixo temático das mudanças climáticas, mas sim têm como objetivo a discussão, apresentação de resultados, notícias que dizem respeito ao conceito como um todo e também as preocupações em estabelecer seus mecanismos de funcionamento em outras épocas do planeta. Foram 735 textos que se espalharam durante os anos recortados (1970-2005).

¹⁹ “The sediments contain several climate-sensitive components that record variability of climate changes [...] The presence of varves with climatically sensitive components [...] suggested that Elk Lake could provide a high-resolution (annual) paleoclimatic record of the Holocene.” O termo varvito tem sua origem de um termo sueco, *varv*, que significa “camadas”. Segundo o dicionário Aurélio, varvito vem da geologia: “Rocha sedimentar clástica, que se forma em lagos de regiões glaciais e se caracteriza por camadas claras, arenosas, depositadas no verão, após o degelo, e camadas finas, argilosas e escuras, ricas de substâncias orgânicas, depositadas no inverno, repetindo-se essa deposição de modo cíclico” (Dicionário Aurélio, 2004).

Tabela 5.
Science – Mudanças Climáticas Geral – Classificação por Seção (1970-2005)

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	1	0	0	1	5
1971	0	2	1	0	1	3
1972	0	1	0	2	1	1
1973	0	1	0	0	0	3
1974	1	1	0	0	7	6
1975	0	2	2	0	2	6
1976	0	1	1	0	6	6
1977	1	0	1	1	1	9
1978	0	1	0	0	1	3
1979	0	1	0	0	1	9
1980	0	1	1	0	5	4
1981	0	2	0	0	4	4
1982	0	1	0	0	0	4
1983	0	3	0	0	0	5
1984	0	3	0	1	0	6
1985	0	1	0	1	0	0
1986	3	0	0	0	2	2
1987	0	2	0	0	1	0
1988	4	1	0	0	2	2
1989	4	3	1	0	0	3
1990	5	2	0	1	2	3
1991	4	7	0	0	1	3
1992	6	1	0	0	2	4
1993	6	7	0	0	2	9
1994	10	3	0	1	0	12
1995	7	2	1	2	3	7
1996	11	6	1	6	3	14
1997	13	5	2	6	8	10
1998	16	3	1	5	2	12
1999	15	7	1	7	1	22
2000	23	4	2	11	4	14
2001	21	6	2	10	6	12
2002	29	0	1	16	4	23
2003	22	6	2	9	7	15
2004	16	2	0	8	2	15
2005	16	4	0	5	4	17
Total:	233	93	20	92	86	274

Tabela 6.
***Nature* - Mudanças Climáticas Geral – Classificação por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	0	0	1	0	6
1971	1	0	0	2	0	4
1972	0	0	0	2	1	2
1973	0	0	0	4	2	5
1974	0	2	0	12	2	1
1975	0	2	1	9	2	7
1976	0	0	0	9	5	5
1977	0	0	0	3	2	9
1978	0	2	0	13	1	6
1979	0	1	0	5	5	8
1980	0	1	0	8	2	5
1981	0	0	0	7	2	4
1982	1	0	0	7	1	1
1983	0	0	0	5	1	3
1984	0	3	0	3	1	5
1985	0	0	3	3	4	2
1986	0	2	0	1	1	2
1987	0	0	0	1	4	7
1988	1	2	0	2	1	5
1989	0	1	7	1	2	5
1990	0	3	3	2	2	3
1991	0	4	4	2	1	2
1992	0	0	6	10	2	9
1993	0	0	2	1	1	4
1994	0	2	2	6	1	7
1995	0	8	8	5	0	6
1996	2	7	13	2	1	5
1997	0	10	2	12	1	8
1998	1	3	5	9	4	3
1999	0	3	1	9	1	9
2000	11	8	1	5	1	9
2001	4	9	5	9	4	18
2002	2	7	0	10	2	13
2003	1	4	0	10	3	6
2004	2	5	5	21	4	29
2005	2	10	6	17	1	15
Total:	28	99	74	228	68	238

A maioria absoluta das fontes está nas seções análise, artigos e relatórios, que constam em números razoáveis desde 1970. Isto se deve a que este tipo de pesquisa, como já referido anteriormente, estava estabelecido havia pelo menos cem anos nos meios científicos. Além disso, como constatado nas fontes, a pesquisa em “outras épocas” teve um papel individual nos primeiros anos, realizando questionamentos que não estavam diretamente ligados às preocupações com as mudanças climáticas do contemporâneo.

A regularidade dos trabalhos deste campo científico estava pautada na compreensão dos mecanismos e nas principais características das mudanças climáticas de outras épocas, que contribuiu no final da década de 1970 para os debates entre os cientistas defensores de um resfriamento global e os que afirmavam que o aquecimento global seria a tendência climática do futuro do planeta. Principalmente, o chamado Ciclo de Milankovitch, uma teoria apresentada no início do século XX e que explicaria o funcionamento climático e suas mudanças bruscas de um período “normal” para uma era do gelo e vice-versa (KARNER e MULLER, 2000, p. 2143)²⁰.

Este quadro muda a partir da segunda metade de 1980, com o aumento da importância política e social desses estudos, pela “descoberta” *in loco* do buraco na camada de ozônio, pelos novos trabalhos sobre aquecimento global, e também pelas pesquisas na camada de gelo conhecida como Vostok, que permitiu aos cientistas desse tipo de pesquisa o recuo para períodos ainda maiores de tempo.

Esta guinada dos objetivos desse tipo de pesquisa ganhou força entre os anos de 1990 e 1998, sendo marcada pela recorrente menção dos autores aos fenômenos climáticos atuais. Então, quase que invariavelmente, os relatórios, artigos, notícias, comentários e editoriais da *Science* e da *Nature* passaram a fazer a correlação entre aquilo que teria acontecido no passado remoto e os problemas encontrados no dias de hoje. A justificativa para isto seria a dificuldade em estabelecer parâmetros para a medição e previsão das mudanças climáticas contemporâneas apenas com os dados fornecidos pela natureza de hoje.

Em relação a “*mudanças climáticas contemporâneas*”, utilizamos esta terminologia aqui para definir o conceito empregado na contemporaneidade. Os textos encontrados nas revistas sobre “mudanças climáticas” tendem de uma maneira geral a adotarem uma postura política, quando os autores questionam as metas, protocolos, leis,

²⁰ Discutiremos a teoria de Milankovitch no capítulo 2.

e afins sobre o tema, sem especificar nenhum eixo temático. Ao mesmo tempo em que, no final dos anos 1990, teremos a lenta e gradual associação das “mudanças climáticas” com o “*aquecimento global*”.

Durante a década de 1970, os textos questionavam o que eram mudanças climáticas e se estaria ocorrendo este fenômeno. Também aparecem perguntas que estavam indiretamente relacionadas ao contexto apresentado anteriormente, de poluição atmosférica e de escassez energética, com ambos os problemas levando a perguntas sobre a atmosfera e suas propriedades. Neste momento aparecem junto a essas questões as primeiras referências ao “aquecimento global” e ao “buraco na camada de ozônio”, e ainda, um possível resfriamento do globo terrestre; portanto, o conceito de “mudanças climáticas” acomodava várias possibilidades de fenômenos climáticos.

Segundo Paul Damon e Steven Kunen, haveria a possibilidade maior de um resfriamento do que aquecimento do planeta, um fato então constatado por cientistas: *“Uma recente publicação sugeriu um grande resfriamento de 0,35°C e deixou a impressão na consciência pública do potencial adverso das consequências econômicas da continuação desta tendência.”* (DAMON e KUNEN, 1976 p. 447)²¹.

A partir de 1988, com as criações de comitês e painéis climáticos e o estabelecimento de acordos intergovernamentais, os textos desta categoria ganham uma característica política. Realizam-se discussões, análises, propostas de metas e métodos para conter ou compreender as mudanças climáticas. Também, criticam a postura do governo dos EUA quando não assina o Protocolo de Kyoto ou pelo seu “modesto” plano de mitigação do carbono, alteração na matriz energética poluente ou nos incentivos para as tecnologias ecologicamente limpas, que auxiliariam no combate à alteração do clima.

3.2 - “Camada de ozônio”

As inovações tecnológicas da década de 1970, incentivadas pela corrida espacial do período da Guerra Fria e a Conquista da Lua em 1969, promoveram também a intensificação do olhar científico para o próprio planeta. Especialmente pela introdução de satélites espaciais de observação, que, carregados de instrumentos científicos, permitiriam a interpretação de novos dados e a realização de novas “descobertas”.

²¹ *“A recent press account has suggested a somewhat greater cooling of 0.35°C and has impressed on the public consciousness the potential adverse economic consequences of a continuation of this trend.”*

Localizada na Estratosfera, a camada de ozônio foi um dos alvos desses novos equipamentos e dos cientistas atmosféricos. Suas características e funções foram mapeadas no início dos anos 1970, mas principalmente os problemas gerados pela ação humana sobre esta camada foram observadas naquele momento.

O subtema “camada de ozônio” se mostrou um eixo com uma série de elementos que compõem seu conteúdo científico. Esta variedade de informações, dados, objetos e problemas revelou-se uma pesquisa que deve ser entendida sob um ponto de vista complexo. Isto ocorre por conta das diferentes perspectivas que os cientistas tiveram sobre a questão do ozônio a partir da década de 1970. Este aspecto é uma constatação voltada para ambas as revistas utilizadas como fontes primárias.

Uma primeira perspectiva científica veio por volta de 1970, quando alguns cientistas começaram a desconfiar que compostos químicos gerados em motores a jato dos aviões supersônicos poderiam prejudicar o ozônio atmosférico de alguma forma. Em 1974, Mario Molina e Sherry Rowland apresentaram cálculos químicos nos quais a produção do composto CFC seria um potencial degradador da camada de ozônio. A segunda perspectiva aparece quando houve a “descoberta” por uma equipe de cientistas liderados por J. Farman de um buraco na camada de ozônio em 1985. Portanto, o primeiro momento foi teórico e o segundo empírico.

A Tabela 7 traz os dados da publicação de textos sobre este eixo temático das mudanças climáticas por seções na revista *Science* e a Tabela 8 estão os números da *Nature*. São 294 textos para a *Science* e na *Nature* são 297 textos. A distribuição encontrada sobre o eixo temático é bem equilibrada entre todas as seções, indicando uma de suas características: ser uma categoria de estudos que abarcou desde seu princípio não somente o questionamento dos cientistas, mas dos jornalistas e editores da revista. Podemos inferir que isto ocorreu pelo caráter diverso do eixo temático, ou seja, seria um problema de maior apelo social, daí o interesse jornalístico, um problema governamental, que envolvia políticas públicas, justificando as análises, opiniões e debates, e um problema dos cientistas, preocupados em compreender as causas e em propor soluções (isto inclusive rendeu a Paul J. Crutzen, Mario Molina e Sherry Rowland o Nobel de Química do ano de 1995).

Tabela 7.
***Science* – Camada de Ozônio – Classificação por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	1	0	0	0	2
1971	0	0	0	0	0	1
1972	0	0	0	0	0	1
1973	0	0	0	0	0	1
1974	0	1	0	0	1	7
1975	0	3	3	0	1	7
1976	0	1	3	0	0	7
1977	0	0	1	0	0	3
1978	0	0	0	0	0	4
1979	0	2	0	0	0	5
1980	0	1	0	0	0	2
1981	0	1	0	0	0	3
1982	0	1	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	2
1984	0	2	0	0	1	3
1985	2	0	0	0	0	3
1986	0	3	0	0	0	0
1987	4	7	2	0	2	2
1988	5	7	2	1	0	9
1989	1	4	0	0	0	1
1990	0	1	0	0	1	3
1991	4	4	0	0	3	2
1992	2	5	1	0	2	4
1993	5	5	1	1	2	10
1994	3	2	0	3	1	4
1995	5	0	0	1	1	7
1996	4	1	0	2	1	5
1997	2	0	0	0	0	5
1998	3	3	0	0	1	3
1999	5	2	0	1	1	5
2000	3	0	0	0	0	2
2001	4	1	0	1	0	2
2002	3	2	0	2	1	2
2003	7	0	0	3	0	5
2004	1	0	0	0	1	0
2005	0	1	0	0	0	0
Total:	63	61	13	15	20	122

Tabela 8.
***Nature* - Camada de Ozônio – Classificação por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	2
1972	0	0	0	0	1	3
1973	0	0	0	1	1	3
1974	0	0	0	1	1	5
1975	0	4	0	3	2	1
1976	0	4	1	3	1	5
1977	0	4	0	0	1	6
1978	0	0	1	2	2	4
1979	1	0	0	1	0	2
1980	0	2	0	0	0	8
1981	0	1	0	1	1	3
1982	0	0	0	0	0	5
1983	0	0	0	1	0	0
1984	0	0	0	1	1	0
1985	0	1	0	1	0	2
1986	0	2	0	1	1	5
1987	0	12	0	3	2	7
1988	1	9	4	3	3	4
1989	1	8	2	4	2	7
1990	0	3	3	3	4	8
1991	0	3	1	3	1	3
1992	1	1	2	1	3	9
1993	0	1	2	1	2	5
1994	0	1	1	2	1	4
1995	0	4	0	1	0	4
1996	0	0	3	1	0	4
1997	0	3	0	2	0	3
1998	0	1	0	0	0	3
1999	0	0	0	1	0	2
2000	0	3	0	0	0	3
2001	0	0	0	0	0	1
2002	0	1	0	1	0	1
2003	0	0	0	2	1	1
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	3	0	0	0	2
Total:	4	73	20	44	31	125

Além disso, observamos que sua presença em ambas revistas está em momento semelhante, ou seja, temos dois períodos de aumentos significativos nos números de

textos, um primeiro entre 1974 até 1982, quando a camada de ozônio e sua destruição por elementos químicos produzidos pelo ser humano torna-se um problema científico, um questionamento de pesquisadores das ciências atmosféricas e da química atmosférica, e os primeiros passos rumo à definição do CFC como o principal agente causador do fenômeno. E um outro pico de fontes ocorrendo nos anos 1986 até 1997, quando foi feita a observação *in loco* de um buraco no ozônio sobre o Ártico, a criação de um protocolo que baniria as emissões de CFC e a presença de várias pesquisas que monitoraram o buraco e encontraram outros, um no Ártico e outro na linha do Equador.

Este aspecto é referente ao tipo de condição que o ozônio tem para o planeta. Ele pode tanto ser um poluente urbano, devido a sua alta concentração na Troposfera, assim como, pelo prejuízo ambiental ao ser degradado na estratosfera, formando o buraco em sua camada principal.

Entretanto, na maioria dos trabalhos sobre o ozônio nos dois periódicos, ele foi tratado como “vítima” dos tempos modernos. Um elemento químico presente na estratosfera que auxilia no bloqueio dos raios ultravioletas, impedindo que esses cheguem à superfície planetária e aos seres humanos com uma intensidade que seria prejudicial à saúde e à manutenção da vida. Esta característica do ozônio está presente nas pesquisas principalmente com o início da corrida espacial e a observação dos efeitos que os foguetes tinham nessa camada. Também intensificaram-se seus estudos com a “descoberta” de um buraco sobre os polos a partir de 1986. Para a literatura especializada:

Um ‘buraco’ na camada de ozônio é definido como uma área da atmosfera com menos de 220 unidades Dobson de ozônio. No ano 2000, o buraco se tornará um abismo que abrangia 28 milhões de quilômetros quadrados, e em torno dele espalhava-se um halo de ozônio rarefeito que cobria a maior parte do globo abaixo dos 40°S (FLANNERY, 2007, p. 251).

A existência das rupturas nas preocupações científicas sobre a camada de ozônio pode ser justificada pelo tipo de pesquisa empreendida no primeiro momento da discussão, voltado quase que exclusivamente para a compreensão de quais compostos degradariam esta camada. Uma discussão quase que voltada para o campo científico da química atmosférica.

Assim, vários foram os compostos químicos considerados causadores do dano no ozônio estratosférico: óxido nitroso, bromo, hidróxidos, cloros, e por fim, já no final

de 1970, os CFCs (Clorofluorocarbonetos). Por exemplo, na reportagem de Thomas Maugh III em 1979, ele informa que a *National Academy of Sciences* (NAS) dos EUA relacionava os CFCs enquanto os compostos mais prejudiciais para a camada de ozônio “*O potencial para a degradação do ozônio na estratosfera causado pela emissão de clorofluorocarbonos é maior que foi previsto anteriormente, de acordo com um novo relatório da National Academy of Sciences [...].*” (MAUGH III, 1979, p. 1167)²².

3.4 - “Inverno nuclear”

O “inverno nuclear” na *Nature* foi um tema que teve uma repercussão maior que a ocorrida na *Science*. Foram 54 textos encontrados no período de 1984 até 1991, enquanto na *Science* apenas 22 foram levantados nesses mesmos anos (vide as Tabelas 9 e 10). Em sua maioria os documentos encontrados na *Nature* concentraram-se nas seções de análise, cartas e notícias. Essa distribuição reflete a diferença em relação à revista americana; o eixo temático teve maior debate no cenário europeu devido às condições político-militares da região durante a Guerra Fria. A Europa seria o principal palco das atividades balísticas entre os EUA e a URSS, alvos dos mísseis nucleares que haviam sido estabelecidas por todos os países europeus.

Apesar de ter sido divulgado nos anos 1980, o enunciado tem suas raízes na astronomia e na astrofísica da década anterior, principalmente com o lançamento de sondas para outros planetas do sistema solar pela agência espacial dos Estados Unidos, a NASA. A chegada, no ano de 1971, a Marte, que passava por um momento de turbulência climática, levantou as suspeitas de Carl Sagan e outros cientistas (o grupo TTAPS) da possibilidade de um acontecimento desse tipo na Terra: o obscurecimento da atmosfera pela fuligem levantada com as explosões nucleares e a diminuição das temperaturas entre -23°C e -47°C por um período estimado de dois anos, com a extinção da fauna e da flora no planeta (SAGAN et al., 1985).

Ao longo de 1970, alguns relatórios e artigos foram publicados analisando esse evento em Marte e outros planetas e em 1983 é publicado na *Science* um artigo com modelos e probabilidades de esse acontecimento, uma súbita mudança no clima do planeta com o resfriamento da superfície, ser provocado por uma possível hecatombe

²² “*The potential for depletion of ozone in the stratosphere caused by the release of chlorofluorocarbons is greater than had previously been predicted, according to a new report from the National Academy of Sciences [...].*”

nuclear, com o lançamento de mísseis atômicos pelas duas superpotências, os EUA e a URSS. A hipótese deste evento cataclísmico era incentivado pelo contexto da “Guerra Fria” que o mundo presenciava desde o final da Segunda Guerra Mundial e que teria seu termo com a queda do muro de Berlim em 1989.

Pela análise da Tabela 9 observamos que a discussão do eixo temático na *Science Magazine* aparece em maior número nas notícias e nas cartas, com 16 textos no total para essas seções, e o restante ficando com 2 documentos cada. Essa concentração é relacionada ao tipo de pesquisa empreendida, que apresentou um documento final com seus enunciados, resultantes de modelos de computador, assim como a realização de um evento de grande proporção em 1984, que contou com cientistas de todo o mundo, e outro em 1985 sob a tutela do Vaticano²³.

Isso indica que o problema foi apenas apresentado à comunidade científica e ao público interessado, mas não construído dentro da *Science* ao longo do período em outros tipos de publicação, como em relatórios, por exemplo. O “inverno nuclear” foi colocado em pauta por seus autores, cabendo à comunidade científica contribuir questionando seus métodos e modelos.

Em 1990 temos uma atualização do documento de 1983 de autoria do TTAPS, apresentando um apuramento nos modelos e métodos e, depois disso, a relação do incêndio dos campos de petróleo no Kuwait, devido à Guerra do Golfo de 1992. Neste momento apenas Carl Sagan respondeu pelo eixo temático em forma de carta a uma notícia que saiu na revista fazendo menção ao assunto. O “inverno nuclear” reflete de forma geral o contexto específico da “Guerra Fria”; ele representa também a metodologia das ciências na modelação e no prognóstico de eventos climáticos no futuro, com o respaldo da tecnologia e da observação fora do planeta ou fora do tempo, em “outras épocas”.

²³ Para o evento de 1984, cf. SAGAN et al., 1985. E sobre o evento do Vaticano, o livro do brasileiro José Goldemberg (1985), que participou dos trabalhos.

Tabela 9.
***Science* – Inverno Nuclear – Classificação por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0
1972	0	0	0	0	0	0
1973	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	0	0	0
1977	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0
1983	0	1	0	0	1	0
1984	0	3	2	0	0	0
1985	1	3	3	0	0	1
1986	0	1	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	1
1989	0	0	0	0	0	0
1990	1	0	0	0	1	0
1991	0	1	1	0	0	0
1992	0	1	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0
Total:	2	10	6	0	2	2

Tabela 10.
***Nature* - Inverno Nuclear– Classificação por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0
1972	0	0	0	0	0	0
1973	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	0
1975	0	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	0	0	0
1977	0	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0
1984	0	3	4	6	1	1
1985	1	8	9	1	1	1
1986	1	3	3	3	1	0
1987	0	0	0	0	0	1
1988	0	0	0	2	0	0
1989	0	0	0	0	0	1
1990	0	1	0	0	0	0
1991	0	0	0	1	1	0
1992	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0
Total:	2	15	16	13	4	4

3.5 - “Aquecimento global”

O “Aquecimento Global” é um fenômeno cuja constatação²⁴ pode ser encontrada desde as primeiras décadas do século XX. Um acontecimento que podemos incluir na “longa duração”, com sua origem a partir do ano de 1850, em meio à Revolução Industrial. Como já nos referimos anteriormente, mesmo com a presença desse tema em trabalhos científicos especializados dos anos de 1930 até meados de 1960, a preocupação enquanto problema climático era minimizada, secundária, nesse período.

O aumento das pesquisas ocorre no ano de 1988, momento de criação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e quando também o “buraco na camada de ozônio” passaria a ter sua solução guiada pelas metas do Protocolo de Montreal, instituído em 1987. Entre estes anos e 1992, teremos também o aumento nos debates ambientais, com os relatórios de preparação dos países para a participação na Cúpula de Meio Ambiente da ONU (Eco-92), e a publicação em 1988 do *Relatório Brundtland*, que apresenta o conceito de “*Desenvolvimento Sustentável*” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988; ONU, 2001). Conceito este que estará ligado ao “aquecimento global” ao instituir os processos de mitigação e sequestro do carbono da atmosfera enquanto uma ação de sustentabilidade de governos e sociedades.

Foi neste momento também que ocorreu uma associação mais clara entre as emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) na atmosfera com o aumento da temperatura do planeta. No entanto, essa associação era apresentada como controvérsia, pois o debate sobre sua origem antropogênica ou natural, mantida na *Science* desde o final de 1970 e início de 1980, era um fator problemático na definição do “aquecimento global”. Na *Nature* esta divisão não estava aparente, sendo destacada de 1988 em diante. De forma geral, apesar de vários textos trazerem o eixo temático como fato científico, neste momento teremos a manutenção do debate que vinha desde os anos 1920 e 1930: a existência ou não do fenômeno climático de aquecimento do planeta²⁵.

O mote de cartas, notícias, artigos, relatórios e editoriais será a preservação dos grupos que debatem os motivos do constatado acréscimo nas temperaturas médias

²⁴ A literatura sobre o tema afirma que períodos de aquecimento deste tipo são comuns no passado planetário, principalmente ao final de uma época marcada pela queda de temperaturas, uma era glacial, por exemplo.

²⁵ Fato científico, o que não significa que o conceito “aquecimento global” era utilizado pelos pesquisadores em seus artigos, como mostramos acima no item sobre a *Nature*; ainda na década de 1970, não tínhamos o termo como enraizado no vocabulário científico da época.

globais, em torno de 1^oC. Alguns afirmam que a crescente industrialização, utilização de veículos, desflorestamento e demais processos oriundos das sociedades modernas seriam as principais causas das emissões de CO₂ na atmosfera. Outros apontam para os processos naturais, como a “respiração do oceano”, que emitiriam grande quantidade do gás, além das emissões de metano das manadas de gado, que teriam aumentado o “efeito estufa” da atmosfera e, como consequência, a retenção dos raios solares na superfície causando o aquecimento constatado.

Na Tabela 11 apresentamos os dados por seções da *Science* de textos sobre o “aquecimento global” a partir de 1970, por considerarmos, junto com a literatura especializada, esta como a década do ressurgimento do assunto e de sua escalada rumo a uma hegemonia entre estudos climáticos a partir de 1998.

Por sua vez a Tabela 12 apresenta a quantidade de 728 textos coletados sobre o enunciado na *Nature*. Estes números representam uma quantidade menor que o obtido na *Science* (918), sendo a maior diferença entre os eixos-temáticos pesquisados em ambas as revistas. Isso também mostra uma nítida diferença no tratamento dado ao tema. Enquanto na *Science* ocorre a total hegemonia do aquecimento global em suas páginas a partir de 1997, na *Nature*, apesar do aumento considerável e do protagonismo do eixo temático (vide tabela 4), não houve a mesma tendência de exploração desta pesquisa nas publicações.

Entendemos com isto que haveria um equilíbrio maior na linha editorial da revista *Nature* do que encontrado na *Science*. Esta questão pode ser explicada pelo contexto: a partir de 1997, quando há um novo impulso nas pesquisas, o protocolo de Kyoto é ratificado pela maioria dos países, menos Rússia, Austrália e Japão. Por sua vez os EUA, assinaram o documento, mas o congresso do país não aceitou sua adoção (vide capítulo 5). Já o Reino Unido assinou o acordo, o que provocou uma divergência no trato dado entre as revistas. Prova disso está na seção jornalística e política da *Nature*, que passa a noticiar as decisões políticas da Casa Branca e pouco faz referência ao contexto europeu.

Entretanto, o crescimento da área segue na *Nature* a mesma tendência da *Science*, com um forte aumento nos textos a partir de 1988, reflexo daquilo que dissemos anteriormente, a criação de protocolos e a organização de um grupo de cientistas monitorando o clima, o *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC).

Tabela 11.
Science – Aquecimento Global – Classificação por Seção (1970-2005)

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	1	0	1	0	0	1
1971	0	0	0	0	0	2
1972	0	0	1	0	0	2
1973	0	0	0	0	0	0
1974	0	0	0	0	0	1
1975	0	0	0	0	0	2
1976	0	0	0	0	1	1
1977	0	0	0	0	2	1
1978	0	0	0	0	2	1
1979	0	2	0	0	0	2
1980	0	1	0	0	1	1
1981	0	0	0	0	2	0
1982	0	0	0	0	0	3
1983	1	2	1	0	2	0
1984	0	1	2	0	0	2
1985	1	0	0	0	0	3
1986	4	4	1	0	1	3
1987	1	0	0	0	1	2
1988	1	6	3	0	2	1
1989	6	11	4	2	1	5
1990	6	9	5	1	2	4
1991	4	13	2	2	0	7
1992	14	10	4	2	4	9
1993	1	5	1	2	5	2
1994	8	7	1	3	3	11
1995	9	20	1	2	2	11
1996	3	3	6	1	0	6
1997	6	8	4	5	1	6
1998	12	15	5	8	3	13
1999	14	5	3	8	1	16
2000	25	15	5	12	4	18
2001	22	14	8	20	3	16
2002	29	16	5	10	8	18
2003	20	10	4	12	5	23
2004	14	15	3	11	6	9
2005	26	18	4	9	5	27
Total:	228	210	74	110	67	229

Tabela 12.
***Nature* – Aquecimento Global – Classificação por Seção (1970-2005)**

	Editoriais	Notícias	Cartas	Análises	Artigos	Relatórios
1970	0	0	0	0	1	1
1971	0	0	0	3	0	1
1972	0	0	0	0	0	1
1973	0	0	0	1	0	0
1974	0	0	0	0	0	2
1975	0	0	0	3	0	1
1976	0	2	1	2	0	2
1977	0	1	0	5	1	1
1978	0	0	0	2	1	2
1979	1	1	0	2	0	4
1980	0	1	0	1	1	1
1981	0	1	0	1	1	2
1982	0	1	0	2	0	1
1983	1	1	0	2	0	3
1984	0	1	1	4	0	5
1985	0	0	0	2	0	5
1986	1	1	2	2	2	2
1987	0	1	3	4	1	3
1988	1	5	4	5	0	7
1989	2	4	3	6	1	7
1990	8	8	9	13	3	8
1991	3	7	12	8	4	8
1992	2	3	8	11	1	14
1993	0	2	4	11	0	9
1994	1	4	10	3	0	9
1995	4	6	5	5	0	6
1996	1	5	4	3	1	6
1997	4	31	2	6	1	5
1998	0	6	2	7	0	11
1999	2	6	3	8	1	11
2000	4	21	2	2	1	9
2001	1	8	1	12	0	14
2002	0	9	0	11	3	19
2003	2	6	0	13	1	14
2004	5	10	0	14	0	23
2005	3	10	2	10	2	14
Total:	46	162	78	184	27	231

O mote dos artigos e relatórios da publicação inglesa são os mesmos da revista estadunidense: trabalhos que questionam os aumentos de temperatura, os mecanismos que provocariam o fenômeno climático e suas consequências para o ambiente global. Temos também a discussão sobre a influência humana e, tal como a *Science*, um pequeno espaço de atuação para os chamados “céticos” do aquecimento global. No quesito político, se tivemos uma grande presença dos editores da *Science* no debate, não ocorreu o mesmo na *Nature*, com pouco número de editoriais que apresentariam as opiniões da revista e seus encaminhamentos nas discussões sobre o tema. Além disso, há uma presença considerável de pesquisas e análises sobre as duas vertentes do aquecimento global, o ciclo do carbono e as mudanças globais. Optamos por não separá-los da tabela 12 por serem referentes ao eixo temático como um todo.

Houve neste momento, depois da assinatura do Protocolo de Kioto, o desmembramento das pesquisas sobre “aquecimento global” em duas vertentes: o “ciclo do carbono” e as “mudanças globais”. A primeira, embora presente nas discussões desde o ano de 1970, estava associada aos questionamentos em relação à poluição atmosférica, vindo somente a ter uma ligação direta com o “aquecimento global” nos anos 1980 e mais incisivamente a partir da década seguinte.

Esta área científica de pesquisa tem como objetivo a compreensão dos processos de emissão e sequestro do carbono no meio natural e social. Ou seja, procura traçar quais meios são propícios ou reais fontes de carbono (oceanos, cidades, indústrias, veículos etc.) e aqueles que seriam favoráveis para a retirada deste composto da atmosfera (florestas, corais etc.). Podemos inferir que este tipo de estudo vem a ser o que determina as causas do “aquecimento global” e seus mecanismos principais. Susan Trumbore e outros expõem em 1996 esta relação da seguinte maneira:

Quando extrapolado para amplas regiões, a relação observada entre o volume de carbono e a temperatura sugere que os solos deveriam agir como fontes ou sumidouros significativos do dióxido de carbono atmosférico em resposta às mudanças globais de temperatura (TRUMBORE, 1996, p. 393)²⁶.

A segunda vertente, “mudanças globais”, tal como a anterior, tem sua associação ao “aquecimento global” firmada ao longo dos anos. Este campo de estudos apresenta

²⁶ “When extrapolated to large regions, the observed relation between carbon turnover and temperature suggests that soils should act significant sources or sinks of atmospheric carbon dioxide in response to global temperature changes.”

como problema a elevação do nível dos oceanos, a diminuição das geleiras, o aumento do albedo terrestre, o branqueamento dos corais etc. As características das pesquisas científicas nesta área a coloca como consequência do “aquecimento global” e prognóstico para o futuro. O estudo de D. J. Cavalieri e outros, em 1997, retratam as mudanças globais associadas ao aumento do CO₂ na atmosfera e as possíveis relações assimétricas entre crescimento dos oceanos no Ártico e na Antártida:

Modelos experimentais simularam futuras condições de um pressuposto aumento gradual do CO₂ atmosférico mostrando várias assimetrias entre os hemisférios; em particular, alguns sugerem que o gelo do mar Ártico diminuirá, enquanto o gelo do mar Antártico diminuirá substancialmente menos que o gelo do mar Ártico ou deve mesmo aumentar. Aqui nós relatamos as evidências da observação de uma assimetria entre os hemisférios nas mudanças globais no gelo marítimo de 1978 até 1996 (CAVALIERI et al., 1997, p. 1104)²⁷.

Em 1995 a quantidade considerável de notícias na *Science* e *Nature* (Tabelas 11 e 12) já aponta para a tendência do eixo temático a ter a hegemonia das discussões sobre o clima. Nesse ano é publicado um relatório do IPCC, que traz o “aquecimento global” como originado pelas ações humanas. Um documento que foi a base para o Protocolo de Kyoto no ano de 1997 e a consequente formalização de um consenso científico sobre o “aquecimento global” enquanto fenômeno real e antropogênico.

O ano de 1998 marca o predomínio da temática sobre todos os demais eixos das “mudanças climáticas”. Inclusive houve a mistura entre os dois, ou melhor, ocorre a associação entre a denominação “aquecimento global” e “mudanças climáticas”, tornando-os sinônimos de um único processo que estaria acontecendo com o clima terrestre. Esse ano foi o de estabelecimento do Protocolo de Kyoto como uma baliza ambiental e climática.

²⁷ “Model experiments simulating future conditions assuming a gradual increase in atmospheric CO₂ show various hemispheric asymmetries; in particular, some suggests that Arctic sea ice will decrease, whereas Antarctic sea ice will decrease substantially less than Arctic sea ice or may even increase. Here we report observational evidence of a hemispheric asymmetry in global sea ice changes from late 1978 through 1996.”

Capítulo 2

Resfriamento vs. Aquecimento (1970-1983)

Resfriamento ou aquecimento global? Durante os anos de 1970 e início da década de 1980 cientistas de diversas áreas encontravam em suas pesquisas fatos que confirmavam a possibilidade de ocorrer um ou outro. Havia uma forte suspeita nos meios científicos de que estava em curso uma mudança climática fora dos padrões considerados normais. A análise que fizeram das variações da temperatura média planetária para os últimos cem anos mostrava um quadro controverso. Duas fases se destacavam: uma primeira que indicava o aumento da temperatura entre 1850 e 1940 e, a partir de então, uma queda que permanecia ainda neste período, 1970/1980. Alguns cientistas passaram a acreditar que a tendência era de diminuição prolongada e isso iniciaria uma nova era glacial em pouco mais de cem anos. Porém, outros apontavam o aquecimento, pois mesmo a temperatura em queda nas últimas décadas, a média de aumento ainda era maior para o período todo. Abriu-se espaço para uma controvérsia científica.

As revistas *Science* e *Nature* publicaram ao longo desses anos artigos relatórios de pesquisas, comentários, editoriais e matérias que trataram do tema. Traziam ambas as correntes de interpretação do futuro climático em suas páginas, porém era um debate indireto entre os cientistas envolvidos, no qual cada um apresentava seus enunciados e argumentos sem a preocupação de diretamente criticar a pesquisa ou o posicionamento de outro cientista. Isso ocorreu porque as incertezas sobre o funcionamento do sistema climático eram amplas e os cientistas procuravam criar os padrões e modelos que dessem conta desse mecanismo. Também existiam diferenças nas pesquisas, nos objetos que eram utilizados para analisar as variações climáticas do passado; assim, vulcões, geleiras, oceanos etc. fizeram parte do escopo de análise desses cientistas.

Para analisar essa controvérsia ocorrida na década de 1970 e que durou até os primeiros anos de 1980¹, inicialmente tratamos as bases sociais e científicas sobre as quais os cientistas envolvidos tiveram a possibilidade de debater essa questão. Assim, partimos do contexto político da época, com ênfase na questão ambiental e a crescente preocupação nos meios sociais com a poluição atmosférica. Em seguida, discutiremos formação de redes científicas em torno do clima e da atmosfera. A utilização de novas

¹ Houve também a discussão sobre a degradação da camada de ozônio neste período. Por razões de recorte temático, tratamos desta questão no capítulo 4.

tecnologias, como os satélites, e a criação de centros de pesquisa, auxiliaram a climatologia e demais áreas científicas preocupadas com o clima. Também ajudaram na definição de teorias que explicassem o funcionamento das mudanças climáticas naturais e na obtenção de dados novos sobre o clima em eras geológicas. A soma desses vários fatores, em nosso entendimento, alimentou a suspeita entre os cientistas de que algo estava errado com o clima contemporâneo.

1 - As políticas de defesa do meio ambiente e as revistas

No editorial da *Science* de 20 de março de 1970, “*Progress in Abating Air Pollution*”, o editor-chefe Philip Abelson trata de um problema ambiental que preocupava a opinião pública dos Estados Unidos da América (EUA): a poluição atmosférica. O autor enfatiza as medidas que o governo do país e algumas indústrias tomavam para conter a poluição gerada no território estadunidense. A indústria automobilística procurava reduzir os níveis de monóxido de carbono (CO) nos automóveis produzidos. Os governos estaduais, por sua vez, tentavam diminuir a quantidade do dióxido de enxofre (SO₂) dos combustíveis comercializados em seus territórios. Segundo conta Abelson, a grande emissão deste último gás na atmosfera havia causado mudanças nos padrões meteorológicos de algumas regiões, devido à inversão térmica², o que levou a catástrofes em Ohio e no Mississippi e mesmo um início deste fenômeno em Nova York (ABELSON, 1970).

Para Abelson, essas medidas teriam um custo. A energia elétrica, por exemplo, necessitaria de um processo para retirar de sua geração os compostos prejudiciais à atmosfera. Uma tecnologia que estaria disponível para o uso comercial, mas que aumentaria o valor da eletricidade. Ainda assim, para o editor da *Science*, seria algo a ser aceito dados os benefícios que traria para a sociedade do país. “*Pela perspectiva dos perigos à saúde e outros custos da poluição isto parece ser um pequeno preço a ser pago. Com esta nova tecnologia os maiores poluidores podem baixar suas emissões do dióxido de enxofre e obrigatoriamente isto deve ser realizado rapidamente*”

² Este fenômeno se traduz na formação de uma camada atmosférica de poluentes, que impedem a movimentação normal do ar: o ar frio não sobe e fica aprisionado pelo ar quente; assim a poluição estaciona acima das grandes cidades e gera com isto prejuízos para a saúde da população urbana.

(ABELSON, 1970, p. 1570) ³. O editorial da *Science* trazia as implicações econômicas e tecnológicas para a resolução da poluição atmosférica como um problema ambiental que já afligia grandes cidades dos EUA. O aumento nos custos da geração de energia elétrica e dos veículos que seriam produzidos não seria um problema, já que o benefício obtido era compensador.

Esse texto de Abelson nos revela que as demandas ambientais haviam atingido uma amplitude considerável na sociedade dos EUA e alcançaram a comunidade científica. Ou seja, os problemas ambientais que na época estavam na pauta de discussão pública, por movimentos ambientalistas, pelos políticos e especialistas, entravam diretamente nas preocupações dos cientistas⁴.

Nos EUA, como podemos notar pelo editorial de Abelson (1970), os indícios da gravidade do problema em algumas cidades levou à criação de leis estaduais que tinham como objetivo o combate à poluição. Em âmbito nacional, no final de 1970, no dia 12 de dezembro, o governo estadunidense criou uma agência regulatória para a proteção do meio ambiente em seu território, a *Environmental Protection Agency* (EPA). Essa agência governamental, instituída a partir do *National Environmental Protection Act* (NEPA), promulgado também nesse ano, abriu as portas do ambientalismo na esfera política dos EUA. Na opinião de John Opie, historiador dos EUA, isso inaugurou uma “*Era Ambientalista*” no país, momento “[...] quando a nação estava galvanizada em ações urgentes e quando as questões ambientais foram absorvidas pelo público em geral [...]” (OPIE, 1998, p. 438)⁵.

A EPA atuou (e ainda atua) como uma agência regulatória, voltada para a fiscalização do meio ambiente nos EUA. Entre suas atribuições estava a verificação da qualidade do ar, água e resíduos sólidos. Congregou funcionários de outros departamentos do governo, em um esforço de atendimento e regulação em diversas frentes, e com isto obteve uma relativa autonomia política, pois se reportava diretamente ao presidente dos EUA⁶. Sua capacidade de regulação foi ampliada com a instituição de leis específicas para a poluição ambiental, tal como a *Clean Water Act* (1972) e

³ “In view of the health hazards and other costs of pollution this seems a small price to pay. With this new technology the major polluters can lower their emissions of sulfur oxides, and they should be required to do so expeditiously”.

⁴ Anteriormente teremos essa presença de cientistas no movimento ambientalista, porém pode-se afirmar que a discussão sistematizada e ampla, pelas ciências, dos problemas ambientais ocorreu a partir da década de 1960 e primeiros anos de 1970.

⁵ “[...] when the nation was galvanized into urgent action and when environmental issues were absorbed into the public mainstream [...]”.

⁶ No ano de 1970, o cargo de presidente dos EUA era exercido por Richard Nixon (1969-1974).

Occupational Health and Safety Act (1970), mas o principal instrumento legislativo que nos interessa aqui é o *Clean Air Act* (CAA) de 1970.

A CAA entrou em vigor junto com a criação da EPA em dezembro de 1970. A lei ampliava uma antiga legislação, a *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS) que, segundo John Opie, apenas se ocupava da saúde da população e não em promover uma regulação ambiental. A CAA, por sua vez, tinha um objetivo mais amplo no controle das emissões dos poluentes, como um mecanismo de interferência econômica, ao fiscalizar indústrias e demais atividades humanas que poderiam gerar poluentes atmosféricos. Para Opie (1998, p. 455), “*O ato fez muito em estabelecer uma política que forçava a regulação ao promover a redução da poluição ao nível determinado, independente do custo econômico ou das limitações tecnológicas [...]*”⁷. Ações que estavam dentro de metas estipuladas previamente para a redução da poluição aos níveis que os especialistas acreditavam serem os desejáveis para manter a qualidade do ar para a população do país.

Na *Science*, em 1975, temos uma descrição do funcionamento da lei e da EPA, no artigo “*EPA's Role in Ambient Air Quality Monitoring*”, de Alan Hoffman e colegas, que trabalhavam na época na própria agência. Segundo eles, a EPA estabelecia como metodologia de ação a definição de padrões ideais e o monitoramento da poluição atmosférica. Havia um total de cinco poluentes que deveriam passar por essa regulação: dióxido de enxofre, partículas suspensas, monóxido de carbono, óxido nitroso e oxidantes fotoquímicos (no caso, o ozônio). As medidas variavam de um poluente a outro, mas procuravam atender as determinações da agência para que não causassem prejuízos à saúde humana e ao ambiente (HOFFMAN et al., 1975).

O controle definido pelo CAA deveria ser implementado em até três anos pelos estados do país, sendo que cada um estabeleceria medidas próprias para atender aos padrões ideais. Além disso, deveriam enviar à EPA informações a respeito da qualidade do ar em seus territórios, para que fosse organizado um banco de dados nacional, tanto para controle quanto para o planejamento de estratégias (HOFFMAN et al., 1975).

Apesar de existirem conhecidas limitações para a maior parte da informação ambiental que está sendo coletada, a EPA necessita desta informação para prover uma perspectiva nacional do progresso em atingir e manter o ar limpo. Ser uma instrumentação confiável e reproduzível,

⁷ “*The act did much to establish the policy of ‘forcing’ regulations to require pollution reduction to a given level regardless of economic cost or technological limitations [...]*.”

apoiada por um programa que garanta a qualidade em toda a nação, são os pré-requisitos para a composição de um quadro geral preciso da qualidade do ar e para a administração equitativa das medidas de controle (HOFFMAN et. al., 1975, p. 248)⁸.

Dessa maneira, a EPA e o CAA estabeleceram uma metodologia de avaliação dos poluidores e dos poluentes, com a definição de margens de segurança e os limites que poderiam ser atingidos. Apostaram na tecnologia como uma maneira de controle dos poluentes emitidos na atmosfera. Mas essa regulação das atividades econômicas tinha um limite imposto pelo próprio sistema e pela ideologia dominantes no país naquele momento, marcado pela entrada paulatina do neoliberalismo, pois os formuladores da agência e da lei assumiram também que a poluição era um “mal” necessário da industrialização; assim, não foram criados meios de prevenção da geração dos poluentes, apenas seu controle.

O CAA também reforçou a política existente, que seria em breve bastante criticada, na qual os problemas da poluição poderiam ser resolvidos através dos controles de engenharia ao fim do processo. A alternativa – “prevenção da poluição” – não se tornaria parte da agenda da EPA até os anos 1980, sendo que o *Pollution Prevention Act* não passou antes de 1990 (OPIE, 1998, p. 455)⁹.

Essa crença na possibilidade de controle tecnológico dos poluentes pela legislação acabou por atingir diversas atividades econômicas que, direta ou indiretamente, estavam envolvidas na produção desses gases. Por exemplo, a CAA obrigou as indústrias automobilísticas a incluírem em seus produtos equipamentos para a redução dos gases nocivos à atmosfera. Instalou-se então o chamado catalisador, que executava exatamente essa tarefa. Uma tecnologia que teve como consequência forçar as companhias de combustíveis dos EUA a também diminuir a quantidade de chumbo em seus produtos, pois o mesmo prejudicava a eficácia do catalisador (OPIE, 1998).

⁸“Although there are known limitations to much of the ambient data currently being collected, EPA must rely on such data to provide a national overview of the progress in achieving and maintaining clean air. Dependable, reproducible instrumentation, backed by a nationwide quality assurance program are essential prerequisites to the compilation of an accurate composite picture of national air quality and to the equitable administration of control measures”.

⁹“CAA also reinforced the existing policy, soon to be vigorously criticized, that pollution problems could be solved through ‘back-end’ or ‘end-of-pipe’ engineering controls. The Alternative – ‘pollution prevention’ – did not become part of EPA’s agenda until the 1980s, and Pollution Prevention Act was not passed until 1990”. O *Pollution Prevention Act* foi uma espécie de atualização da legislação em vigor no país, que procurava aumentar o rigor da regulação da agência, promover a fiscalização e punição das atividades que geravam poluentes, não mais pelo controle, mas com a prevenção da emissão de gases na atmosfera.

Dessa forma, a regulação, que estava focada em atividades diretamente geradoras de poluentes, afetou aquelas que indiretamente emitiam tais compostos¹⁰.

A EPA, por meio do CAA, buscava em todo o território dos EUA estabelecer um controle sobre a poluição atmosférica. A ação da agência e de sua legislação para a época mostrava um pioneirismo do país no combate às diversas formas de poluição que a industrialização gerava no meio ambiente, tanto urbano quanto rural. A esfera política nos EUA na década de 1970 atendia aos anseios da sociedade e colocava em funcionamento uma série de leis que atuavam no combate à poluição no território estadunidense. A EPA e sua *Clean Air Act* foram criados em um contexto no qual os conservadores estavam no poder político do país. Contraditoriamente, a administração pro indústria do então presidente Nixon instituiu a agência e deu amplos poderes para seus marcos regulatórios.

Esta decisão de organizar uma instituição regulatória em meio a um momento de retomada do liberalismo econômico nos EUA pode soar estranha. Opie (1998) procura esclarecer a questão ao indicar que no ano de 1970 teria ocorrido um cisma entre certos industriais (do ramo automobilístico) e a ala conservadora da política estadunidense, da qual Nixon fazia parte. Segundo afirma o historiador, as indústrias de automóvel se organizaram em uma espécie de *Trust* com a intenção de não competir umas com as outras em relação a políticas ambientais, ou seja, não queriam promover o controle de poluentes, que já se mostrava como uma demanda social. Isto levou, no entendimento de Opie, à aceitação da EPA pelo congresso, como forma de punição política a estas indústrias.

Entretanto, não consideramos a afirmação de Opie como suficiente para explicar a existência de uma agência regulatória como a EPA em meio à redefinição do liberalismo, agora então entendido como neoliberalismo na época de Nixon, e mais fortemente depois, com Reagan e Thatcher (Inglaterra) na década de 1980. Três fatores auxiliam nesse entendimento: primeiro, a opinião pública estadunidense começou a se organizar na luta pelo meio ambiente, principalmente por meio de ONGs; em segundo, houve a contribuição das ciências que, pelas pesquisas desenvolvidas na atmosfera, mostraram o avanço da poluição e os prejuízos que causavam à saúde humana e ao meio ambiente; e por fim, temos uma conjuntura política nos EUA que se mostrava favorável

¹⁰ Os combustíveis, mesmo sendo as principais fontes de dióxido de carbono na atmosfera, necessitam dos mecanismos que criam as condições para a combustão e sua transformação em gases; os motores, portanto, eram indiretamente regulados pela legislação em vigor.

e até indicativa da necessidade de um controle amplo dos emissores de poluentes, seja atmosféricos ou hídricos.

Entendemos que a demanda social para soluções da crise ambiental que se instalou dentro dos EUA é uma explicação mais estruturada e ampla do que aquela apresentada por Opie para a criação de uma agência regulatória do meio ambiente no país. Os três fatores aumentam o pano de fundo, ao mostrar que o meio ambiente e, especificamente, a poluição atmosférica eram uma preocupação mais densa do que um cisma político na ala conservadora dos EUA¹¹.

Estes três fatores que deram suporte ao contexto de criação de uma agência regulatória nos EUA também podem ser sentidos no caso da Inglaterra, onde é publicada a revista *Nature*, na sua incipiente tentativa política de organizar uma legislação ambiental para o país. Daremos maior atenção a isto para o contexto estadunidense, mas faremos também algumas considerações a respeito para os ingleses.

Nos EUA o interesse político pelo meio ambiente era fomentado pelo envolvimento da opinião pública em torno desse tema. Houve a tomada pelos partidos políticos de ideários ambientais, na tentativa de se adequar aos desejos da sociedade. Nos EUA, a poluição atmosférica teve um peso nas eleições no ano de 1970. Em uma matéria da *Science*, o repórter Luther Carter escreveu que a poluição do ar era um tema que estava entre as cobranças dos eleitores aos congressistas do país. Principalmente no que se tratava da emissão de poluentes pelos veículos, algo que, como vimos, foi uma das regulações que vieram no final daquele ano com o *Clean Air Act* e a atuação da *Environmental Protection Agency* (CARTER, 1970b).

Esse envolvimento foi alvo de outro editorial de Philip Abelson na *Science* em 1971. Se inicialmente, em 1970, vimos que o editor-chefe da revista exaltava essa consciência ambiental que tomava conta dos EUA, agora, mais de um ano depois, se preocupa com os encaminhamentos que isso tomou, conforme escreveu:

Durante 1970 a preocupação pública com a poluição atingiu um pico emocional. Muitas pessoas foram convencidas de que o ambiente estava se deteriorando rapidamente e que todos nós iríamos morrer por conta da poluição. Políticos dos dois maiores partidos procuravam manter posições no movimento antipoluição. A legislação federal e ações administrativas atuavam em nosso ar e água. Convencidos de que o

¹¹ Essa tríade está presente também na obra de Opie sobre o meio ambiente nos EUA. Mas diluída em diversos momentos, o que dificulta a sua interpretação do contexto histórico de criação da EPA.

público quer ar e água limpa, a indústria americana irá gastar bilhões de dólares em medidas antipoluição (ABELSON, 1971, p. 517)¹².

Essa questão emocional no público dos EUA, ainda segundo Abelson, era derivada de informações erradas transmitidas por TVs e jornais. Havia a expectativa, no meio social, de que o oxigênio iria rapidamente se esgotar da atmosfera, algo tido como alarmante pela maioria das pessoas, que exigiam uma solução imediata do governo. Para o editor da *Science*, o governo tomou as medidas de contenção, mas com um custo que seria muito alto, tanto para as indústrias quanto para a população em geral, e retomava o mesmo argumento que tinha utilizado no editorial anterior. Mas agora, aparentemente, esse gasto não valia a pena, pois a ciência, através dos monitoramentos da atmosfera, havia mostrado que a quantidade de oxigênio não sofreria grande impacto com a presença de poluentes em curto e médio prazo; apenas em um longuíssimo período poderia ocorrer a diminuição significativa do gás. Além disso, Abelson (1971) afirma que os poluentes teriam sua presença reduzida no ar, o que seria algo positivo e não haveria justificativa para toda essa preocupação. Dessa forma, para ele, a histeria coletiva não se justificava, ainda mais com o aumento da carga de impostos para combater algo sem tamanha necessidade.

Do outro lado do Atlântico, o ambientalismo também ressoou nas discussões de um sistema político fechado como o britânico. McCormick caracteriza a política na Inglaterra como um meio no qual a opinião pública teria pouca influência sobre as decisões tomadas em suas instâncias parlamentares. Para o historiador, haveria uma limitação imposta pelos políticos ao acesso às informações pela população (MCCORMICK, 1992).

Entretanto, no ano de 1970 a situação da poluição virou tema de disputa política na eleição inglesa, tal como ocorreu nos EUA. A *Nature* publica uma pequena notícia, não assinada, sobre o assunto. Nela estão indicadas as discussões dos três partidos que, apesar de não tornarem o tema ambiental um assunto de importância vital naquele momento, divergiram sobre o problema da poluição. O ponto crítico estava relacionado a quem caberia o papel de controle da poluição, à indústria ou ao governo. O *Liberal*

¹²“During 1970 public concern about pollution reached an emotional peak. Many people became convinced that the environment was deteriorating rapidly and that all of us were about to choke to death from pollution. Politicians of the two major parties scrambled to establish positions on the antipollution bandwagon. Federal legislative and administrative actions in our air and waters. Convinced that the public demands cleaner air and cleaner water, American industry will spend billions of dollars on antipollution measures.”

Party se pronunciou que o controle deveria ser descentralizado, cada região teria que atuar sobre a questão. Já o *Labour Party* elaborou uma carta de intenções, chamada de *White Paper*, que apontava para uma legislação maior a respeito. Uma proposta que era criticada, por sua vez, pelo *Conservative Party*, acusado, então, de ser leniente com os poluidores (NATURE, 1970c).

Para nós, o que está colocado no editorial da *Science* e na matéria da *Nature* é a amplitude que os problemas ambientais haviam ganhado nas sociedades dos dois países, especialmente na estadunidense. Como vimos, Abelson culpa a mídia pela exposição errada do problema e a consequente manipulação da opinião pública. O que, talvez, o editor da revista não tivesse percebido é que essa sociedade se organizava em torno do problema, ao proporcionar um ativismo político em torno do ambiente, e que ela criava as suas próprias expectativas para a solução da crise.

A sociedade dos EUA atuou através das *Organizações Não Governamentais* (ONGs) de cunho ambiental. Essas entidades, criadas a partir de 1970, nos diz John Opie (1998), serviram como uma força para a proteção ambiental, levantando a bandeira de que o meio ambiente estava em perigo, enfatizando a necessidade de mudar a situação, e de que todos deviam se posicionar contra aqueles que geravam os seus problemas.

Nos EUA já existiam, anteriormente a 1970, grupos cujo foco era a natureza e o meio ambiente. Todavia, apesar de consideradas vanguardistas por John Opie, em sua luta por mudanças na relação ser humano e natureza, não procuravam promover alterações na “[...] cultura básica da sociedade de crescimento econômico, desenvolvimento tecnológico e progresso material [...]” (1998, p. 419)¹³. Grupos tais como o *Sierra Club* de 1892, *National Audubon Society* de 1905, *National Parks and Conservation Association* (1919), entre outros, atuavam em torno de diversos problemas ambientais em redes que abrangiam quase todo o país.

Nos anos 1970, surgiram outros grupos, como o *Natural Resources Defense Council* (1970), caracterizado pela luta no campo jurídico por causas ambientais. E também os listados por Opie (1998) como mais radicais, com um ativismo político que propunha mudanças profundas na sociedade e seu estilo de vida; entre eles estão o *Greenpeace* de 1971, *Sea Shepard Conservation Society* de 1977 e *Earth First!* criado já nos anos 1980. McCormick (1992) complementa que muitas dessas organizações, e o

¹³ “[...] society’s basic culture of economic growth, technological development, and material progress [...]”

Greenpeace em particular, tiveram como estímulo de criação a poluição gerada pelas usinas nucleares e os prejuízos ambientais causados pelos testes das bombas atômicas.

O movimento também se internacionalizou naquele momento. As entidades que estavam voltadas para aquilo que ocorria internamente aos países de origem, ultrapassaram esses interesses e ampliaram seu espaço de atuação. Exemplo disso foi o grupo *Friend of Earth*, criado 1969, uma dissidência do *Sierra Club*, cuja proposta era de um ativismo ambiental com um caráter internacional, visando modificações profundas na estrutura social (MCCORMICK, 1992).

Tal aumento das atividades ambientalistas no período em questão se deve principalmente à falta de políticas públicas que fossem eficientes no combate à crise ambiental que se instalava nos países centrais. O *Novo Ambientalismo*, como foi chamado por John McComick (1992), era o ativismo ambiental sob os moldes da ação política e girava em torno da demanda social por medidas governamentais que pusessem termo ao aumento da poluição, à deterioração da qualidade de vida e à consequente piora na saúde da população.

O contexto político e social dos EUA estava, assim, marcado pelos temas ambientais e a poluição do ar era um dos elementos centrais da demanda pública pelo controle e melhoria do ambiente. Segundo nosso entendimento, a situação era favorável para a criação de agências reguladoras e de leis sobre o assunto. As formas de ativismo político em geral, tanto oriundas da esfera civil quanto da classe política, primavam pela demanda de formulação de políticas ambientais pelos governos, atuavam na sua implantação e também no monitoramento de sua eficácia. Esta ação política era fortalecida pela presença dos conteúdos científicos como suporte e orientação no foco dos problemas ambientais e as suas possíveis soluções.

Segundo John Opie (1998), no início dos anos 1970, a ecologia teria assumido a tarefa de entender quais os efeitos da industrialização na natureza. Tendo em vista este objetivo, os ecólogos procuraram estudar a poluição e as alterações ecológicas ao redor do planeta. Conforme o autor, esse processo de entrada dos problemas ambientais nas ciências foi mais amplo: “No início dos anos 1960 a ecologia era desconhecida do público e de muitos cientistas; já no início da década de 1970 era amplamente usada (e mal usada) como explicação universal para meio ambiente [...]” (OPIE, 1998, p. 406)¹⁴. Não somente os cientistas, mas o ideário ecológico (ambiental) que entrou na

¹⁴ “[...] In the early 1960s ecology was an unknown word to the public and most scientists; by the early 1970s it was widely used (and misused) as a universal explanation of the environment [...]”

pauta do público em geral provocou uma diversificação de seus significados, muitas vezes utilizado erroneamente.

Encontramos duas referências na revista *Nature* a respeito dessa utilização (ou má utilização) dos conteúdos científicos pelos ambientalistas. Em um editorial de janeiro de 1970, *The Prophets of Pollution*, a revista faz uma crítica a então recentes estudos sobre poluição¹⁵. Segundo o editorial, haveria uma discussão muito ampla em torno da poluição ambiental, e a atmosférica em destaque, mas baseado em conteúdos científicos permeados de incertezas, que eram divulgados pela imprensa, sem a devida verificação pela comunidade científica. Esses estudos, ao serem tratados como verdades pelo público, contribuíam com certa histeria em torno do tema poluição; isso “[...] usurpou o lugar do pecado original na consciência pública [...]” (NATURE, 1970b, p. 397)¹⁶ e provocava uma confusão em relação ao valor da tecnologia para a sociedade, compreendida como motivo da existência de poluição. Algo que Abelson também notou um ano depois, no já comentado editorial de 1971.

Na *Nature*, em 1976, dois cientistas, Philip Lowe da *University College* de Londres e Michael Worboys da *Sheffield City Polytechnic*, fazem um comentário em relação à forma como as ciências, a ecologia essencialmente, contribuíam com o movimento ambiental. Intitulado “*The Ecology of Ecology*”, o texto afirma que na época a ecologia tinha abarcado a bandeira do ambientalismo. Os autores chamam isso de “ecologia popular”, que era, para eles, uma deturpação da ciência praticada pelos cientistas e precisava ser repensada (LOWE e WORBOYS, 1976).

De caráter simplificado, essa ecologia tornou-se a porta-voz de muitas reivindicações de grupos ambientalistas. Todavia, ao utilizarem-na dessa maneira, os ambientalistas não levavam em conta as diversas disputas internas entre cientistas pelas explicações sobre a natureza, que geravam incertezas a respeito desses conteúdos. Além disso, os autores consideravam que os interesses externos influenciavam nas pesquisas e por isso a “[...] competição profissional e disputas entre facções dentro da ciência muitas vezes precisam ser compreendidas em termos da relação entre as disciplinas científicas, as elites e também os poderosos interesses externos à ciência.” (LOWE e

¹⁵ Lembramos aqui que os editoriais da *Nature* não são assinados, portanto, é difícil a identificação do autor, mas consideramos a autoria coletiva pelos editores da revista.

¹⁶ “[...] usurped the place of original sin in the public consciousness [...]”

WORBOYS, 1976, p. 433)¹⁷. Essa popularização da ecologia, contudo, não era compreendida apenas em termos negativos. Ainda conforme Lowe e Worboys (1976), era interessante ao propiciar às ciências, em geral, um ressurgimento de sua influência moral sobre a sociedade em temas complexos, tal como a crise ambiental.

Para Opie (1998), com o meio ambiente presente na pauta de muitas sociedades, e na estadunidense de forma acentuada, a ecologia se tornou uma “*big science*”, ao adquirir importância social, sendo vista como principal responsável pela resolução da crise no meio ambiente. Grande parte das populações acreditava que os ecólogos seriam capazes de resolver os problemas ambientais em áreas onde outras ciências não teriam conseguido dar a resposta ideal. Segundo o autor, isso acabou por trazer a ecologia para a política, quando foi chamada para contribuir com as medidas governamentais na solução da poluição e melhoria das condições de saúde pública.

Formou-se uma tríade, a sociedade, a política e a ciência, que atuou em relação ao meio ambiente no ano de 1970. A britânica *Nature*, em editorial de janeiro daquele ano, “*Common sense on Environmental Pollution*”, deu destaque à necessidade de que esses interesses atuassem em conjunto, de forma que os governos estimulassem a pesquisa científica e atendessem aos desejos da população pelo fim dos problemas ambientais (NATURE, 1970a). O foco maior dessa conjugação de interesses, como dissemos, estava voltado para a poluição atmosférica, que desde a década anterior era investigada pelas ciências e havia se tornado um problema de grandes proporções nas áreas urbanas de regiões populosas e industrializadas.

Portanto, esse contexto era marcado pela demanda social e as atividades políticas e científicas em torno da resolução das questões ambientais. A EPA, e a sua preocupação com a poluição atmosférica, foi criada em meio a essa conjugação de interesses nos EUA. Interesses que estavam também em ação no contexto internacional, o que nos leva a perceber que o estímulo envolvido na presença dessa agência regulatória era mais amplo.

Devemos observar que a conjugação de interesses mencionada acima realizava-se na época em uma perspectiva interdisciplinar e internacional, tanto pelo estudo desenvolvido pelo chamado Clube de Roma, como pelas reuniões da ONU que tinham como tema o meio ambiente. Ambos são exemplos das iniciativas de porte internacional

¹⁷ “[...] Professional competition and interfactional disputes within science often need to be understood in terms of the relationship between scientific disciplines and elites and powerful interests external to science.”

que traziam as demandas sociais, a formulação de políticas públicas e também a presença das ciências na temática ambiental, especialmente na questão atmosférica. Eficazes ou não em seus resultados, esses exemplos mostram que havia uma ampla conjuntura favorável à discussão ambiental.

Neste sentido, o Clube de Roma trouxe aspectos científicos e econômicos na elaboração de seus resultados. Iniciado em 1968 teve seu relatório final publicado em 1972 sob o título “*The Limits to Growth*”¹⁸. Este grupo era uma organização entendida por seus próprios membros como uma espécie de “colégio invisível”, na qual diversos especialistas (economistas, educadores, cientistas etc.) de vários países se reuniram para discutir as questões que envolviam o sistema global e suas limitações (MEADOWS, 1973).

O objetivo era analisar o desenvolvimento econômico e as possibilidades futuras para o crescimento das nações. Sua liderança ficou a cargo de Dornella e Dennis Meadows, um casal de engenheiros do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). O grupo era financiado por industriais europeus e estadunidenses, com a intenção de estimular novas tecnologias e entender os limites do ambiente planetário (MEADOWS, 1973). Sua função e objetivos são apresentados da seguinte forma:

[...] uma organização informal, descrita, com muita propriedade, como um ‘colégio invisível’. Suas finalidades são promover o entendimento dos componentes variados, mas interdependentes – econômicos, políticos, naturais e sociais – que formam o sistema global em que vivemos; chamar a atenção dos que são responsáveis por decisões de alto alcance, e do público do mundo inteiro, para aquele novo entender, e, assim, promover novas iniciativas e planos de ação (MEADOWS et al., 1973, p. 09-10).

A criação do grupo ocorreu em meio a discussões sobre a relação entre população e recursos naturais, enviesadas por uma ótica neomalthusiana, pela qual o planeta não comportaria um aumento exponencial de seres humanos, que consumiriam mais alimentos e gerariam uma quantidade maior de lixo. O Clube de Roma buscou dados sobre os recursos naturais do planeta, e fez previsões para a duração dos recursos não renováveis, assim como apresentou um estudo sobre a poluição atmosférica. O grupo compreendeu que o problema principal era não disporem, na época, de instrumentos para qualificar e quantificar a poluição no ambiente global. Era ainda muito recente a preocupação com as diversas formas de poluição geradas após os

¹⁸ Publicado no Brasil com o título *Limites do Crescimento* em 1973, pela editora Perspectiva.

processos de industrialização nos países centrais (MCCORMICK, 1992). Segundo o geógrafo da Universidade de São Paulo Wagner Costa Ribeiro, na década de 1930, alguns países sentiram a presença da poluição atmosférica devido a problemas na saúde de sua população, mas efetivamente a poluição passou a ser questionada por cientistas somente nos anos 1960 (RIBEIRO, 2010).

Os membros do Clube de Roma, apesar das dificuldades nos dados e informações sobre a poluição, reconheciam que: “*A fonte deste aumento exponencial de CO₂ atmosférico é o uso crescente pelo homem de combustíveis fósseis [...].*” (MEADOWS, 1972, p. 66). O programa de computador, chamado de *World 3*¹⁹, auxiliou a equipe em estabelecer alguns parâmetros e inserir os dados em uma simulação computadorizada de três áreas principais: poluição (atmosférica), demografia e recursos naturais (MCCORMICK, 1992).

Segundo o estudo, a poluição atmosférica, oriunda principalmente do dióxido de carbono (CO₂), deveria ser contida em menos de cem anos, pois após isso, os níveis seriam intoleráveis para a manutenção da vida humana sobre o planeta. O reconhecimento da finitude da capacidade global de absorção dos poluentes era um dos principais alertas que o Clube de Roma trazia em seu relatório final. Segundo o grupo havia a necessidade de as pessoas e os governos compreenderem que os limites para a emissão de poluentes pelas indústrias teria alcançado o máximo suportado pelo globo terrestre (MEADOWS, 1973).

Os custos para a remoção da poluição eram muito altos. Nem todos os países poderiam arcar com os valores que precisariam disponibilizar para a limpeza do meio ambiente. O Clube de Roma, em suas simulações, chegou a considerar que a retirada total dos poluentes seria algo impossível, dadas as condições econômicas e tecnológicas disponíveis naquele momento. Assim, era imprescindível o controle da população (estabilização demográfica), somado ao crescimento das áreas cultivadas para agricultura e, ao mesmo tempo, manter o monitoramento sobre as atividades poluidoras das indústrias²⁰. O balanço entre essas áreas era visto por eles como difícil e custoso, mas necessário para atingir certo “equilíbrio global” (MEADOWS, 1973).

¹⁹ Desenvolvido por Jay Wright Forrester do MIT, procurava reproduzir no computador diversos sistemas terrestres.

²⁰ Entre os precursores desta perspectiva estava Paul Ehrlich, biólogo de Stanford, que desenvolveu pesquisas sobre demografia e alimentação; foi considerado um dos profetas do apocalipse em sua época. (Cf. EHRLICH, 1968.)

As projeções em todos os campos de análise desenvolvidos pelo Clube de Roma foram consideradas apocalípticas por seus críticos. A questão principal envolvia a validade de uma simulação computadorizada, tal como utilizada pela equipe de Meadows, servir como parâmetro da realidade.

Encontramos registros dessas críticas nas revistas *Science* e *Nature*. Pouco depois da publicação do livro com os resultados da pesquisa, em 1972, a *Nature* escreveu um editorial a respeito. Em “*Homilies for the Club for Rome*”, a revista questionava exatamente o modelo computacional. Chamou os membros do grupo de profetas da catástrofe e considerava que o programa de computador utilizado pecava pela simplificação que fazia da realidade, tanto em relação à poluição quanto na análise dos recursos naturais disponíveis no planeta (NATURE, 1972).

Existem, entretanto, sérias dúvidas se o modelo do MIT pode ser complexo o bastante para simular o mundo real, de modo que não leve a erros. Existem também dúvidas sobre a validade das prerrogativas utilizadas pela equipe do MIT tanto em determinar as variáveis matemáticas quanto na escolha das condições iniciais (NATURE, 1972, p. 237)²¹.

Os dados utilizados pelo modelo eram questionados. Para o editorial, havia uma complicada relação entre poluição, demografia e recursos naturais, os alicerces do estudo. Essas três áreas, quando projetadas no computador dentro da metodologia do Clube de Roma, geraram uma catástrofe iminente. Pois o crescimento das atividades industriais requeria mais recursos naturais, aumentaria a poluição e causaria prejuízos à população, como doenças e mortes. Entretanto, conforme a *Nature*, as análises não levariam em conta as transições demográficas, como a possível estabilização da população em alguns países, nem a reutilização de matérias primas pelas indústrias e a evolução tecnológica com respostas aos problemas apresentados (NATURE, 1972).

Essa correlação catastrófica era tida pelo editorial como um discurso político. O estudo tentava definir uma saída para uma possível crise futura da humanidade e mostrou os caminhos para o progresso na contemporaneidade. Para o Clube de Roma, conforme entendia o editorial, seria necessário o auxílio internacional, especialmente para os países do chamado “terceiro mundo”, com a contenção de seu crescimento

²¹ “*There are, however, serious questions as to whether even the MIT model can be complicated enough to simulate the real world in a way that is not misleading. There also serious doubts about the validity of the assumptions made by the team at MIT both in setting up relationships between their mathematical variables and in the choice of initial conditions*”.

populacional. “*Então, será que agora não seria conveniente ao Clube de Roma dizer o que poderia ter feito, em primeiro lugar - que tem uma visão clara das direções em que gostaria de ver o progresso da sociedade e reconhecer que alguns (mas não todos) são controversos [...].*” (NATURE, 1972, p. 238)²².

Haveria para o Clube de Roma a possibilidade de um progresso controlado, ao se procurar alcançar um crescimento econômico estável e uma sustentabilidade ecológica? Para o historiador John McCormick, o Clube de Roma tentou “[...] *chocar as pessoas a ponto de fazê-las abandonar sua complacência [...] e chocar a sociedade a ponto de fazê-la iniciar uma transição do crescimento para o equilíbrio global [...].*” (MCCORMICK, 1992, p. 88). Algo que, para ser atingido, tornava necessária uma cooperação ampla, algo não visto anteriormente na história humana.

Dessa forma, temos o relatório como analista das questões ambientais e direcionador na formulação de políticas públicas, momento no qual a preocupação ambiental reorganizou as relações exteriores da maior parte dos países em torno desse eixo (RIBEIRO, 2010). Podemos considerar que o “*Limites do Crescimento*” do Clube de Roma auxiliou a sociedade civil organizada, na forma de ONGs ou de sociedades conservacionistas, a gerar demandas específicas para os governantes de seus países, na criação de políticas ambientais.

Entendemos também que o discurso político do Clube de Roma, como apontado na análise feita na *Nature* em 1972, ampliava o escopo de atuação dos cientistas e encaixava as ciências dentro da expectativa anunciada nos comentários de Lowe e Worboys (1976), quanto ao papel que deveriam ter nesse momento de ativismo político. A ecologia como uma “*big science*”, utilizada nas análises econômicas do Clube de Roma, apesar das críticas, teve uma influência em decisões internas e externas aos governos. Seu alerta sobre a poluição atmosférica serviu como um dos parâmetros para a definição da pauta do encontro ambiental da ONU em 1972.

A *Conferência do Meio Ambiente Humano* das Nações Unidas, realizada em Estocolmo entre os dias 05 e 16 de junho de 1972, reuniu representantes de 113 países, além de órgãos intergovernamentais e organizações não governamentais (ONGs). Em um primeiro momento, o mote principal das discussões seria a poluição atmosférica e a chuva ácida, que aparecem como uma preocupação da ONU desde pelo menos 1968, tal

²² “*So would it not now be seemly that the Club of Rome should say what it might have done in the first place – that it has a clear view of the directions in which it would like to see society progress, to acknowledge that some (but not all) of these are contentious [...].*”

como escreveu Wagner Ribeiro, quando o Conselho Econômico Social (ECOSOC na sigla em inglês) da entidade apontou estes problemas em uma de suas reuniões. No entanto, os temas discutidos durante o evento os ultrapassaram e a reunião ganhou uma proporção maior no cenário internacional (RIBEIRO, 2010).

Ao longo das reuniões preparatórias para a conferência de Estocolmo a pauta foi ampliada. Incluiu-se um debate ambiental mais geral, ao entrar outras formas de poluição, como das águas e do solo, além de debates sobre o crescimento demográfico e os recursos naturais (RIBEIRO, 2010). Esse aumento das discussões também gerou um atrito entre os países centrais e os periféricos (primeiro e terceiro mundo) quanto às formas de desenvolvimento que deveriam ser adotadas por estes últimos. Para McComick, que também escreveu sobre Estocolmo 1972:

[...] o mais importante produto das discussões pré-conferência foi o novo papel dos países menos desenvolvidos no debate ambiental. A poluição, um problema dos países industrializados, pode ter sido a centelha da conferência, mas os países menos desenvolvidos utilizaram seu poder de voto na Assembleia Geral para assegurar que a perspectiva do Terceiro Mundo fosse apreciada desde o início (MCCORMICK, 1992, p. 100).

Os debates giraram em torno do desenvolvimento zero, pelo qual os países periféricos deveriam manter seus níveis de progresso industrial, e aqueles que entendiam que deveriam levar suas forças produtivas até o estágio dos países centrais, algo que provocava assim o equilíbrio demográfico e de utilização dos recursos naturais (RIBEIRO, 2010). Podemos perceber que a conferência de cunho ambiental ganhava contornos de uma dissensão política em torno do tema econômico. Caracterizou-se, pela a leitura feita por McCormick (1992), uma disputa entre estes dois blocos, sem que houvesse ao seu final uma decisão a respeito.

Quanto à poluição atmosférica, temos no relatório preliminar da conferência, de autoria de René Dubos e Barbara Ward (1973), os principais indicativos das discussões²³. O texto, considerado retórico pelos especialistas e, segundo afirma McCormick (1992), até mesmo alarmista, trazia orientações gerais para as discussões a serem realizadas.

²³ Relatório não oficial, publicado meses antes da conferência. Tinha como objetivo a definição e esclarecimento das pautas iniciais que seriam discutidas. Assim, é uma compilação de informações científicas e da demanda dos países que participaram do evento. Cf. MCCORMICK, 1992. Aqui utilizamos a edição brasileira do relatório publicada em 1973.

Para a poluição do ar, os autores faziam um retrospecto da representatividade do problema para o mundo e a principal argumentação era de que o homem moderno se transformaria numa espécie de “centauro” devido à relação de dependência com os automóveis (DUBOS e WARD, 1973). Essa afirmação, assim compreendemos, já mostraria que culpavam os veículos pela poluição atmosférica, mesmo que depois fizessem uma consideração mais ampla: “*Existem, é claro, outras formas de poluintes [sic] oriundas do setor industrial. A indústria química tem aumentado enormemente a variedade e a natureza exótica dos efluentes atmosféricos [...] Existe, também uma ampla gama de poluentes atmosféricos na agricultura [...]*” (DUBOS e WARD, 1973, p. 89).

Os autores apresentam dados que confirmam o papel fundamental desses agentes poluidores, os EUA eram o caso-base. O relatório também mostra as possibilidades para o combate à poluição atmosférica, através de mecanismos de controle. “*A primeira necessidade é, portanto, que a sociedade reconheça que há uma conta a pagar e que, ou a salda mediante a diminuição ordenada da poluição atmosférica ou continuará crescendo na forma de aumentos letais e imprevisíveis no total do dano causado pelo ar poluído [...]*” (DUBOS e WARD, 1973, p. 95).

O problema estava na contabilização desses custos. Para os autores, o ar é considerado um “bem livre” e a forma de controle sobre os poluidores, difícil, até porque a maioria dos cidadãos não queria pagar para se livrar dos poluentes. Mesmo assim, o texto enfatiza a cobrança através de impostos, tarifas e tributos, para que a atmosfera permanecesse limpa, e obrigava tanto indústrias quanto a população a reduzirem os níveis de poluentes que emitiam. Isto também estimularia o desenvolvimento de novas tecnologias para que fosse atendida tal demanda social (DUBOS e WARD, 1973).

Intenções que estavam bem próximas dos objetivos da *Environmental Protection Agency* (EPA), baseados no controle e não na prevenção das emissões de poluentes. Estabeleciam padrões de qualidade do ar e medidas punitivas, com a perspectiva de que a tecnologia era a principal aliada para a eficácia desses mecanismos de regulação ambiental. Não podemos dizer se a agência dos EUA foi o exemplo seguido por Ward e Dubos em seu livro, pois não há nenhuma menção no texto.

Pouco do que foi exposto no relatório preliminar não oficial a respeito da poluição atmosférica foi encontrado no documento final da conferência. Em um texto com sete proclamações e vinte e seis princípios, o mote inicial da reunião de 1972, a

poluição atmosférica, desapareceu, foi diluída em questões gerais, nos princípios seis e vinte e dois:

Princípio 6

Deve-se por fim à descarga de substâncias tóxicas ou de outros materiais que liberam calor, em quantidades ou concentrações tais que o meio ambiente não possa neutralizá-los, para que não se causem danos graves e irreparáveis aos ecossistemas. Deve-se apoiar a justa luta dos povos de todos os países contra a poluição.

[...]

Princípio 22

Os Estados devem cooperar para continuar desenvolvendo o direito internacional no que se refere à responsabilidade e à indenização às vítimas da poluição e de outros danos ambientais que as atividades realizadas dentro da jurisdição ou sob o controle de tais Estados causem a zonas fora de sua jurisdição (ORGANIZAÇÃO das NAÇÕES UNIDAS, 1972, pp. 3 e 6).

A poluição atmosférica ficou perdida entre disposições de caráter amplo sobre as demais formas de poluição, sem nenhuma orientação específica sobre o tema para as nações participantes, ONGs e outras entidades envolvidas na reunião. Da conferência foi elaborado um plano de ações que, segundo Wagner Ribeiro, continha mais de 109 recomendações sobre os temas discutidos na reunião, inclusive a poluição. No entanto, para ele “*Talvez devido à sua amplitude, praticamente o Plano de Ação ficou no plano das intenções.*” (RIBEIRO, 2010, p. 81).

Um resultado concreto, no entanto, resultante de Estocolmo 1972, foi a criação do *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente* (PNUMA). O PNUMA é ainda o órgão responsável pela avaliação global, administração e fomento de medidas de apoio a questões ambientais. O órgão criou programas de observação e obtenção de informações em vários países, além de promover reuniões em várias partes do mundo. Mas, assim como a Conferência de Estocolmo, seus objetivos diversificados provocam a diluição de vários temas, especialmente nosso foco aqui, a poluição atmosférica.

Conclusão semelhante pode ser tirada da reunião ocorrida em Nairóbi no ano de 1982. A cidade, então sede do PNUMA, foi escolhida para abrigar a reunião seguinte a Estocolmo. Suas discussões ficaram restritas praticamente à definição de mecanismos para o funcionamento da agência internacional. Mesmo reconhecida a importância da poluição, ela ficou espalhada em torno de questões mais gerais, sem que houvesse uma definição ou um plano de ação direta (MCCORMICK, 1992). Para Wagner Ribeiro, Nairóbi/82 foi a retomada de Estocolmo/72, diferente apenas na adição da preocupação

em fazer a PNUMA funcionar, através das propostas de aumento na carga de financiamento e dos recursos humanos (RIBEIRO, 2010).

De forma geral, Estocolmo/72, o PNUMA e Nairóbi/82 revelam que a questão ambiental estava presente em diversos países. Marcaram um contexto que influenciava as decisões políticas em lugares em que os problemas ambientais, e notadamente a poluição atmosférica, atingiram níveis elevados para a manutenção da saúde da população em geral. Também podemos inferir que estes eventos balizaram um esforço internacional em torno do problema ambiental. De forma geral, inauguraram uma nova situação entre as nações participantes com a entrada definitiva do meio ambiente como parte das ações de seus governos e sociedades²⁴.

A poluição atmosférica, como parte deste “pico emocional” sobre o meio ambiente nas palavras de Abelson (1970), foi um dos elementos que chamaram atenção dos cientistas para um problema ambiental que seria mais grave: a possibilidade de uma mudança climática. Cientistas atmosféricos e ambientalistas levantaram essa relação nos anos 1970. Havia o questionamento sobre a capacidade do dióxido de carbono (CO₂), quando em excesso na atmosfera, modificar as suas propriedades de absorção e refração do calor solar. Essa hipótese era aventada por cientistas de diversas áreas em anos anteriores a essa década, como veremos adiante, no próximo item. Mas será neste período que passa a ter uma vinculação concreta a relação entre poluição, ação humana e mudanças climáticas, quando os cientistas observam uma ligação direta entre eles por meio das pesquisas que focavam na atmosfera.

Consideramos que foi o crescimento da quantidade de poluentes, aliado à demanda pública e ações políticas, que abriu espaço para as ciências observarem a ação dos gases gerados pelo ser humano na atmosfera. Em 1974 a interação entre os gases poluentes e o clima era o tema do artigo publicado pela *Science*, com autoria de P. V. Hobbs, H. Harrison e E. Robinson; os dois primeiros, cientistas atmosféricos da *University of Washington* e o último, professor do *Air Pollution Research Unit* da *Washington State University*. A ligação entre poluição atmosférica e mudanças climáticas era uma incerteza. Os cientistas sabiam que, a partir da revolução industrial, o aumento do CO₂ na atmosfera provocou o aumento das temperaturas médias do

²⁴ O geógrafo da USP Wagner Costa Ribeiro entende que por volta deste período começou a configuração daquilo que seria uma nova *Ordem Ambiental Internacional*, quando os países ficaram envolvidos politicamente com meio ambiente, mais especificamente pela crise ambiental e as tentativas de solução (RIBEIRO, 2010).

planeta. As suspeitas se baseavam nas informações colhidas nos anos anteriores, que indicavam ainda a elevação da temperatura,

A concentração de CO₂ na atmosfera aumentou em cerca de 10 por cento desde o início da revolução industrial. Este aumento é atribuído ao consumo de combustíveis fósseis. Modelos teóricos simples preveem que aumentar a concentração de CO₂ no ar deve resultar em aumento na temperatura ao nível do solo como resultado do "efeito estufa". Os dados climatológicos indicam que a média de temperatura anual da superfície da Terra, de fato, aumentou em cerca de 0,6° C entre 1880-1940. Desde 1940, no entanto, esta temperatura tem diminuído e agora é menor que 0,3° C (HOBBS et al., 1974, p. 911)²⁵.

Para os autores, os gases poluentes, especialmente os aerossóis, teriam um papel no clima do futuro. Esses aerossóis poderiam prejudicar uma das camadas mais importantes da atmosfera, aquela em que o ozônio é predominante (HOBBS et. al., 1974). Curiosamente, meses depois desse artigo, os cientistas Molina e Sherwood publicaram um estudo no qual mostravam que o ozônio atmosférico poderia ser degradado pela ação humana com a produção de substâncias nocivas conhecidas como CFCs²⁶.

Em 1978, um texto do então presidente da *World Wild Life Foundation* (WWF) dos EUA, Russel Train, publicado pela *Science*, mantinha a incerteza sobre o tema; as ciências, no entanto, já haviam mapeado as possíveis consequências das modificações no clima do planeta. Train fez considerações ao *Clean Air Act* de 1970, que relacionava a poluição atmosférica com as mudanças climáticas. Para ele, a lei podia ser considerada pioneira, se pensada ao nível de nações, pois sua ação, apesar de voltada exclusivamente para o controle das emissões de poluentes, abriu espaço para o questionamento amplo da sociedade e das ciências dos efeitos dessa poluição sobre a atmosfera e o clima do planeta (TRAIN, 1978).

A soma dos fatores expostos acima – a opinião pública preocupada com o meio ambiente, a formação de um movimento ambientalista, a resposta política e científica – acabou por dar condições ao desenvolvimento de pesquisas sobre a atmosfera e com elas a entrada das mudanças climáticas contemporâneas como um tema de estudo com

²⁵ “The concentration of CO₂ in the air has increased by about 10 percent since the beginning of the industrial revolution. This increase is attributed to the consumption of fossil fuels. Simple theoretical models predict that increases in the concentration of CO₂ in the air should result in increases in temperature at ground level as a result of the “greenhouse” effect. Climatological data indicate that the earth’s average annual surface temperature did, in fact, increase by about 0.6C from 1880 to 1940. Since 1940, however, this temperature has been decreasing and is now about 0.3C lower than in 1940”.

²⁶ Vide capítulo 4.

grande impacto no meio acadêmico, social e político de todo o planeta. Veremos a seguir o contexto científico na década de 1970, quando cresceu o número de trabalhos que tinham como tema as mudanças climáticas.

2 - Máquinas, centrais de cálculo, teorias e pesquisas.

A poluição do ar foi um marco significativo para as pesquisas sobre mudanças climáticas ao chamar a atenção política e social para aquilo que acontecia na atmosfera e suas consequências para as pessoas. Isto também contribuiu para impulsionar as ciências climáticas. Se a ecologia adquiriu um destaque em relação aos problemas ambientais nos anos 1970, a climatologia também usufruiu deste momento, principalmente nos EUA. O mapeamento da atmosfera em busca da poluição auxiliou os trabalhos que se dedicavam às mudanças climáticas do contemporâneo. Neste caso, a discussão era balizada na possibilidade de um aquecimento ou resfriamento do planeta, mas, naqueles anos, também ocorreram pesquisas sobre a degradação da camada de ozônio.

Além do estímulo recebido com a poluição atmosférica, havia vários outros elementos contextuais que impulsionaram os trabalhos sobre as mudanças climáticas nos anos 1970. Os estudos sobre as variações do clima de outras épocas aparecem nas revistas *Science* e *Nature* durante toda a década. Naqueles anos foram realizadas pesquisas em diversos pontos do planeta, que utilizavam métodos que permitiam um grande recuo no passado climático.

A tecnologia foi outro fator que impulsionou esses estudos. Por meio do uso de satélites equipados com diversos sensores, coletavam informações sobre os gases e demais elementos que compunham a atmosfera, na tentativa de estabelecer seus sistemas de circulação e os padrões de funcionamento. A década trouxe à tona a discussão das teorias de mudanças climáticas em voga, tais como: ciclos de Milankovitch, geomagnetismo, variação solar e a relação do clima com a deriva continental. Teorias que foram colocadas à prova pelas novas informações obtidas através da tecnologia disponível e das técnicas de pesquisa, principalmente a reconstituição das eras glaciais pelos isótopos de oxigênio coletados no fundo dos oceanos ou em geleiras nos polos.

Esses fatores formavam uma rede em torno das pesquisas sobre as mudanças climáticas contemporâneas; vejamos: a poluição do ar estimulou o esquadramento da

atmosfera; utilizaram-se para isto tecnologias como os satélites, que por sua vez serviam para o monitoramento e a coleta de informações sobre o clima e o tempo meteorológico, o que alimentou a pesquisa sobre as mudanças climáticas, que a partir das teorias e técnicas de pesquisa procuraram estabelecer modelos e padrões de funcionamento do clima.

2.1 - Máquinas de informação: satélites, atmosfera e clima.

O mapeamento científico das áreas poluídas do mundo foi possível com a ajuda da tecnologia existente na época. Satélites equipados com aparelhos para a análise atmosférica orbitavam o planeta e auxiliavam os climatologistas e meteorologistas a identificar os padrões climáticos e meteorológicos. Assim, se por um lado, a poluição atmosférica tinha ajudado a chamar a atenção do público e dos políticos para a questão ambiental, os cientistas climáticos direcionavam seus esforços em compreender a atmosfera e os efeitos que a poluição causaria sobre o clima planetário.

Desde 1940, segundo o historiador Paul Edwards, a informação sobre a situação da atmosfera estava sendo recolhida e armazenada por climatologistas. A intenção deles era criar um padrão para todos os dados obtidos, que então eram divergentes tanto em sua coleta quanto no tipo de informação que eles traziam. Uma padronização, escreveu o autor, teria sido alcançada durante a década de 1950, quando o computador possibilitou a criação de modelos para circulação geral atmosférica. Nas décadas seguintes, os dados foram ampliados e essa informação era adquirida e utilizada ao redor do mundo (EDWARDS, 2011). A principal tecnologia responsável pelo mapeamento da atmosfera e pelo aumento das redes climatológicas foram os satélites. Com eles houve a obtenção dos dados a partir de outro ângulo, por cima, o que permitiu uma nova dimensão à rede de informações estabelecida.

Lançados pela primeira vez em 1959, os satélites atuaram na compreensão científica do movimento do ar e auxiliaram os sistemas meteorológicos na previsão do tempo. Outras tecnologias foram inseridas nesses equipamentos espaciais, como os espectrômetros de massa, que identificavam os gases que compunham a atmosfera, além das temperaturas em várias partes do globo, antes não acessíveis a instrumentos terrestres de medição (EDWARDS, 2011; WICK, 1971; HANEL e CONRATH, 1970).

De maneira geral, os equipamentos nos satélites baseavam-se no chamado *remote sounding system*, que utilizava os princípios científicos de radiação e ondas

sonoras. Este sistema monitorava a radiação solar que atingia o planeta a partir da frequência por esta emitida. Quando parte da radiação que não é absorvida é reenviada para o espaço, os gases da atmosfera modificam sua frequência e então eram captadas pelos sensores dos satélites. Posteriormente, programas de computador faziam a leitura dos dados, que eram interpretados pelos cientistas e transformados em informações sobre temperatura ou demais variáveis (EDWARDS, 2011; WICK, 1971; HANEL e CONRATH, 1970).

O SO₂ (dióxido de enxofre), o CO₂ (dióxido de carbono) e o O₃ (ozônio), além de outros gases, tiveram suas presenças na atmosfera identificadas pelos cientistas a partir desse sistema. Abriu-se com isso a possibilidade de se determinar a quantidade deles e sua variação ao longo de um período de tempo. Esses três gases foram importantes para as pesquisas sobre mudanças climáticas que tomaram conta deste período, década de 1970 início dos anos 1980. Ao serem localizados pelos equipamentos dos satélites e associados às variações de temperatura, os cientistas puderam conhecer melhor as funções de cada um deles no sistema climático mundial. O SO₂, por exemplo, impediria que os raios solares atingissem a superfície terrestre: um bloqueador da radiação, resfriava as temperaturas médias quando em excesso na atmosfera. O CO₂ seria o oposto do SO₂, ao provocar o aumento das temperaturas e o O₃ atuaria como um filtro dos feixes de radiação ultravioleta.

Dentre tais equipamentos espaciais, o destaque fica para a série de satélites estadunidenses *Nimbus*. A série entrou em funcionamento no ano de 1964, com o lançamento do primeiro satélite, e ficou ativa até por volta de 1994. Cada satélite ficava ativo por cinco ou mais anos, e depois era descartado e substituído por outro. Esta tecnologia havia sido concebida inicialmente para atuar como um satélite meteorológico, que ajudaria na previsão do tempo; contudo, segundo um informativo da NASA, acabou tornando-se o primeiro equipamento espacial que analisou a temperatura atmosférica. Os satélites serviram como uma ferramenta científica no estudo “[...] *do padrão climático e meteorológico da Terra e conseqüentemente na compreensão das características e dinâmicas da atmosfera e superfície terrestre, assim como as geológicas e oceanográficas do planeta [...]*” (NASA, 2004, p. 11) ²⁷. No final da década de 1970, a série de satélites *Nimbus* chegava ao sétimo equipamento enviado ao

²⁷ “[...] *of the Earth’s meteorological and climatic behavior and deriving a comprehensive understanding of the Earth’s atmospheric, terrestrial, geological, and oceanographic characteristics and dynamic behavior [...]*”.

espaço pela NASA. Dois anteriores, número IV e V, lançados respectivamente em 1970 e 1971, levavam filtros de CO₂, além de sistemas para a medição da temperatura e do ozônio. Já o *Nimbus VII*, último da série, lançado em 1978, estava voltado especificamente para o monitoramento da poluição e carregava todos os equipamentos presentes nos outros para a detecção das temperaturas e do balanço energético planetário (NASA, 2004).

Os satélites *Nimbus*, em órbita polar, davam uma volta no globo terrestre em um período de doze horas de duração, ou seja, duas vezes ao dia cruzavam todo o planeta. Eles traziam informações de forma rápida, o que permitiu o estabelecimento das variações climáticas em diversas regiões em um curto período. A agilidade em conseguir os dados tornou esse equipamento o principal apoio das análises climáticas, superou os balões e os foguetes (WICK, 1971).

Os *Nimbus* tiveram um papel significativo na obtenção de dados que seriam utilizados pelos cientistas que trabalhavam com as mudanças climáticas na década de 1970 e em anos posteriores. Eles também tiveram suas tecnologias transferidas para outros equipamentos do tipo, inclusive serviram de modelo para programas climáticos de outras nações (NASA, 2004).

Assim, a integração do sistema climatológico mundial obteve um impulso considerável através dos satélites. Os então utilizados balões e foguetes não conseguiam atingir áreas remotas do planeta, enquanto os satélites permitiram uma cobertura maior, mais rápida e completa da atmosfera. Para Edwards (2011), os satélites se tornaram o mais importante instrumento para a climatologia e a meteorologia. Eles teriam contribuído para a constituição daquilo que o autor chamou de “*make global data*”, ou seja, uma rede de observação climática de caráter planetário.

Entendemos que a coleta de informação atmosférica pelos satélites foi elemento crucial nas pesquisas sobre as mudanças climáticas. Os dados recebidos de todas as partes do planeta, somados ao uso dos computadores e demais sistemas, abriram caminho para o estabelecimento de padrões climáticos e de modelos gerais de circulação da atmosfera. Conforme Edwards, a partir da rede de observação global do clima (*make global data*) ocorreu a padronização dos moldes climáticos e organizou-se, através da tecnologia, o que o autor chamou de “*make data global*”. Isto significava que não somente o clima era observado em todas as partes do planeta, mas os dados eram analisados sob um mesmo modelo.

Os cientistas, para tornarem os dados globais [*make data global*], desenvolveram diversos modelos computacionais intermediários que convertiam as informações tecnológicas heterogêneas e irregulares em grupos de dados globais que eram completos e consistentes. Eles também, literalmente, criaram dados para áreas do mundo onde não existia observação deste tipo [...] Com o passar do tempo, essas técnicas tornaram-se tão interligadas que eles transformaram até mesmo o sentido do termo “dato”. Hoje, os processos inventados pelos cientistas atmosféricos estão presentes não apenas na geofísica, mas em todas as ciências [...] (EDWARDS, 2011, p. 188) (grifo do autor)²⁸.

A tecnologia e os satélites, entre os instrumentos mais importantes, serviram como uma ferramenta que aumentou o alcance dos cientistas atmosféricos na interpretação que faziam do clima e da atmosfera. Os equipamentos científicos em geral, conforme Bruno Latour (2000), trazem para o cientista a convicção das informações e fazem com que ele atue como uma espécie de porta-voz da tecnologia. Será através das máquinas que a natureza, no caso a atmosfera, será decifrada e cabe aos cientistas tornar inteligíveis as informações recolhidas, afirma o autor. Criar um padrão de informações, entretanto, não significou que tenha existido um consenso entre os cientistas climáticos sobre os dados coletados pela tecnologia nos anos 1970.

Podemos entender que os satélites monitoravam a atmosfera e davam aos cientistas um mapa com suas características; além disso, montavam uma representação em diversas dimensões, com a disposição e a profundidade com que os gases atmosféricos se apresentavam, além de suas quantidades. O uso da tecnologia dinamizou a experiência científica do clima. No entanto, como veremos, os dados dos satélites analisados pelos cientistas climáticos não tiveram apenas uma forma de interpretação. A tecnologia servia apenas como fonte de dados, os cientistas os compreenderam a partir de suas respectivas teorias sobre o funcionamento do clima.

²⁸“To make data global, scientists developed suites of intermediate computer models that converted heterogeneous, irregularly spaced instrument readings into complete, consistent, gridded global data sets. They also literally created data for areas of the world where no actual observations existed [...] As time went on, these techniques became so tightly intertwined that they transformed the very meaning of the term “data”. Today, the processes atmospheric scientists invented are ubiquitous not only in geophysics but throughout the sciences [...]” (EDWARDS, 2011, p. 188) (grifo do autor).

2.2 - Centrais de cálculos

Nos anos 1950 podemos considerar que foram estabelecidos os moldes modernos dos estudos científicos sobre o clima²⁹. Nesses anos ocorreu a formação de um trabalho em conjunto de obtenção de dados (satélites) e sua análise em centros de pesquisa. A tecnologia trouxe as informações sobre o clima e a situação da atmosfera global. Seu papel de coleta de dados, com uma ampla quantidade de instrumentos que monitoravam os gases atmosféricos, fazia parte dos esforços dos climatologistas na constituição de uma rede mundial de observação e análise climática. Tal rede não se concretizou somente com o uso da tecnologia, mas junto à criação de agências climáticas e programas de pesquisa que direcionavam os esforços e os financiamentos para estudos atmosféricos e problemas climáticos do contemporâneo, tal como as mudanças climáticas.

Isso envolveu bem mais que a simples organização de informações e o direcionamento de pesquisas. Esses centros eram uma forma de aumentar o conhecimento científico sobre a atmosfera e o sistema climático, além de arrecadar financiamento para a continuidade das pesquisas sobre o tema. A partir dos anos 1970, os cientistas afirmavam que muito pouco era conhecido por eles em relação ao funcionamento da atmosfera e do próprio clima (HALACY Jr., 1980).

As instituições e seus programas de pesquisa serviram para centralizar as informações climáticas coletadas. Essas centrais de cálculos mobilizaram o mundo para dentro do laboratório, onde o conhecimento acumulado poderia ser selecionado e interpretado por diversos cientistas. Criaram os padrões, confirmaram as teorias existentes e os cientistas nessas instituições decifraram os dados obtidos pelas tecnologias. Configurou-se o trabalho nos moldes que Bruno Latour enxerga para esses espaços de ciência:

Diremos que a tarefa consiste em fazer que muitos ajam como um só; ou em expandir a rede; ou em simplificar mais uma vez as inscrições; ou em construir uma sucessão de representantes; ou em “pontualizar” uma infinidade de traços; ou, simultaneamente, em mobilizar elementos, mantendo-os a distância (LATOUR, 2000, p. 381).

²⁹ Modernos, pois apesar de anteriormente já existirem laboratórios de observação climática e meteorológica em várias partes do mundo, e mesmo uma organização meteorológica internacional – *International Meteorological Organization* (IMO), estes não tinham uma integração tal como caracterizada a partir do final da década de 1950 (Cf. EDWARDS, 2011).

Devido à complexidade e ao volume das informações atmosféricas recebidas, entendemos que os cientistas nessas instituições certamente exerciam todas as atividades listadas pelo filósofo francês. Assim, os programas climáticos atendiam ao imperativo de estabelecimento dos padrões de comportamento da atmosfera e os ciclos climáticos pela necessária simplificação dos diversos modelos computacionais criados a partir da informação vinda pela tecnologia. Ao mesmo tempo em que possibilitaram a melhoria das formas de obtenção deste conhecimento, elaboraram novas tecnologias para ampliar a rede climática. Através destes programas os cientistas prepararam equações, métodos de análise, passaram a compreender cientificamente a atmosfera, o clima e a meteorologia. Instituíram enunciados e fomentaram as possíveis controvérsias. No entender de Latour (2000), atividades desse tipo sobrepõem as caixas-pretas das ciências, num movimento para estabelecer socialmente os fatos científicos construídos nestas centrais de cálculos.

Neste sentido, vários foram os programas e centros de pesquisa criados por entidades nacionais ou internacionais. Nos EUA, no ano de 1978, foi instituído o programa *U. S. Climate Program Act*, organizado sob a tutela de várias agências governamentais do país e em âmbito internacional; vários foram os programas de pesquisa desse tipo (EDWARDS, 2011; HALACY Jr. 1980; WEART, 2006; WMO, 2013).

Como marco representativo dos resultados científicos sobre o clima, em 1979, foi organizada uma conferência climática mundial sob a tutela da ONU, a *World Climate Conference* (WCC), que fez um balanço do conhecimento científico e promoveu uma série de recomendações para as nações participantes sobre clima e suas mudanças (EDWARDS, 2011; HALACY Jr. 1980; WEART, 2006; WMO, 2013).

Quanto ao programa climático estadunidense este era dedicado quase que exclusivamente a compreender as mudanças climáticas contemporâneas. Segundo o jornalista Daniel Halacy Jr, a sua criação aconteceu durante uma conferência realizada nos EUA em 1972, em que se discutia a hipótese de o planeta passar por uma nova era glacial. A partir dessa preocupação, a *National Academy of Sciences* (NSF) do país iniciou os preparativos para o plano de pesquisa climática e em 1974, a *National Oceanographic and Atmospheric Agency* (NOAA) começou a discutir o chamado *U.S. Climate Plan*. As atividades tiveram início somente no ano de 1978, com a entrada de várias agências governamentais como participantes do, a partir de então, nomeado *U.S. Climate Program Act* (HALACY Jr, 1980; EDWARDS, 2010).

De maneira geral suas atividades assemelham-se com as características que iremos encontrar nos programas internacionais. Sendo um programa que compilaria informações e faria análises sobre o funcionamento do clima, porém com o objetivo de detectar a possibilidade de uma alteração profunda em seus padrões de comportamento, uma mudança climática. Em seus planos de atuação estavam previstos a formulação de um sistema de alerta sobre o impacto climático, a previsão e a simulação do efeito humano sobre o clima. O programa buscava uma antecipação científica para as consequências das flutuações climáticas, fossem elas de origem natural ou produzidas pelo ser humano (HALACY Jr, 1980).

Em um editorial da *Science* de 1978, o cientista atmosférico da *University of Washington* Robert G. Fleagle resumiu o *U. S. Climate Program* como um programa que trazia uma multiplicidade de funcionários de vários departamentos do governo dos EUA e que era de fundamental importância para as decisões de caráter nacional em várias questões, tais como produção de alimentos, energia e uso do solo, sendo assim um programa de amplo espectro e que, quatro anos depois de sua criação, havia se tornado uma das bases de ações de caráter político para o país. Tanto que também em 1978 foi votado um aumento das verbas destinadas ao *National Oceanographic and Atmospheric Agency*, com grande parte encaminhada ao programa climático (FLEAGLE, 1978).

O foco dos trabalhos dos cientistas envolvidos estava voltado apenas para a região da América do Norte, com pouca ou quase nenhuma interação com as atividades de pesquisas desenvolvidas internacionalmente. Isto era indicativo de um direcionamento político quanto ao papel do programa dos EUA, que deveria se preocupar somente em fazer a análise climática dentro dos interesses nacionais, portanto, apenas no território estadunidense. A questão era que, segundo Paul Edwards, o programa se encontrava em um momento de transição entre “[...] a modificação, de curto prazo, do tempo meteorológico que dominou a política climática dos EUA durante os anos 1960 e 1970 e a preocupação com as mudanças climáticas, de longo prazo quase permanentes, que ganhou espaço na década de 1980” (EDWARDS, 2010, p. 373)³⁰. Essa mudança de paradigma das preocupações políticas sobre o clima, afirma

³⁰ “[...] the short-term weather-modification frame that dominated US climate policy during the 1960s and the 1970s and the concern with long-term, quasi-permanent climate change that took the stage in the 1980s”.

Paul Edwards, marcaria o período em que houve o aumento considerável de laboratórios de pesquisa climática, principalmente nos EUA.

No cenário internacional, apesar de as agências e programas serem ativos havia mais tempo, pelo menos desde o final da década de 1960, pode-se notar o mesmo crescimento deste tipo de pesquisa, com a ampliação de seus objetivos. Em relação a isto destacamos a criação em 1967 do *Global Atmospheric Research Programme* (GARP) e do *World Research Climate Programme* (WRCP) em 1980. Esses dois programas de pesquisa eram vinculados à *World Meteorological Organization* (WMO) e ao *International Council for Science* (ICSU)³¹. A intenção inicial do GARP era a criação de tecnologia voltada para o monitoramento atmosférico. Essas intenções tinham como objetivo maior a elaboração de um padrão geral de circulação da atmosfera, ou seja, a produção científica, aliada ao desenvolvimento da tecnologia, no caso satélites. Foram os satélites as principais fontes de informação atmosférica do programa, e notadamente aqueles das séries *Nimbus* (MASON, 1971).

Entretanto, o *Global Atmospheric Research Programme* não foi dedicado a tratar das mudanças climáticas, mas serviu como uma central de coleta e formulação de modelos e teorias climáticas que auxiliaram nas pesquisas sobre o tema. Os dados obtidos pela rede de satélites utilizados pelo GARP traziam conteúdos sobre o CO₂ e as temperaturas nas camadas atmosféricas, que compuseram os modelos de circulação da atmosfera desenvolvidos dentro do programa (MASON, 1971).

O *World Research Climate Programme* tem uma constituição similar a do GARP e contou com a presença de alguns membros desse programa. De modo geral os objetivos do WRCP estavam relacionados com os esforços científicos da época de compreender o funcionamento da atmosfera, porém voltado especificamente para dois objetivos 1) “*determinar a previsibilidade do clima*” e 2) “*determinar os efeitos das atividades humanas sobre o clima*” (WRCP, 2013). Foi este programa de pesquisa que em 1980 apresentou dados científicos significativos sobre a quantidade de CO₂ na atmosfera e que conforme Paul Edwards, foi uma das “[...] primeiras articulações do que viria se tornar, oito anos depois, o *Intergovernmental Panel on Climatic Change* [IPCC]” (EDWARDS, 2010, p. 377)³².

³¹ A WMO é uma agência da ONU criada em 1950 e especializada no monitoramento e análise climática e meteorológica. A ICSU é uma organização não governamental que agrega entidades científicas de todo o planeta, com atuações em várias áreas do conhecimento científico.

³² “*This was among the first articulations of what would become, eight years later, the Intergovernmental Panel on Climatic Change*”.

Por sua vez, a *World Climate Conference* (WCC) foi realizada em Genebra em 1979, entre os dias 12 e 23 de fevereiro, sob a tutela da *World Meteorological Organization* (WMO), a WCC foi a primeira reunião científica internacional que tinha como mote o clima. Foi um encontro entre especialistas com o objetivo de discutir o estado do conhecimento científico sobre a variabilidade, mudança e o impacto climático nas sociedades. Naquele momento as pesquisas realizadas pelos cientistas mostravam que o clima em mudança devia ser tratado pelas nações como um problema real (WMO, 1979).

Segundo a declaração resultante da conferência, a relação entre clima e humanidade era frágil, tornando este último extremamente vulnerável às variações climáticas. Qualquer mudança nesse sentido traria prejuízos às diversas atividades econômicas e para a saúde humana (WMO, 1979). Havia a necessidade da cooperação global, pois, ao serem interligadas por este fator, qualquer modificação afetaria todas as partes do planeta. Uma cooperação pautada pelo que chamaram de uso racional do clima:

Os climas dos países são interdependentes. Por esta razão e na perspectiva do aumento da demanda de recursos pela crescente população mundial, que busca também melhores condições de vida, existe uma necessidade urgente pelo desenvolvimento de uma estratégia global única para a compreensão ampla e o uso racional do clima (WMO, 1979, p. 1)³³.

Cabia aos cientistas participantes da conferência organizar esforços para atingir este amplo entendimento do funcionamento do clima e da atmosfera. Para cumprir esse objetivo, a declaração final trazia uma série de recomendações sobre a atuação dos governos e o ponto principal era a promoção de pesquisas sobre as mudanças climáticas contemporâneas, suas causas e o impacto que teriam sobre a sociedade (WMO, 1979).

A conferência serviu como uma aglutinadora de informações e atores, ao direcionar o conhecimento científico da época e indicar o caminho a ser seguido. Mostrou também que a compreensão do funcionamento do clima devia ser dentro de

³³ “*The climates of the countries of the world are interdependent. For this reason, and in view of the increasing demand for resources by growing world population that strives for improved living conditions, there is an urgent need for the development of a common global strategy for a greater understanding and a rational use of climate*”.

uma escala global. Mesmo não podendo ser considerada uma central de cálculo, na definição latouriana, agiu como uma.

Ainda durante a WCC de 1979, um dos pontos discutidos foi o papel a ser desempenhado pelas pesquisas científicas e as teorias sobre as mudanças climáticas de outras épocas. O documento final considera que essas pesquisas deveriam ser as bases de compreensão do futuro climático do planeta e que as incertezas existentes sobre a variação climática deviam ser sanadas por esses estudos e pela confirmação das teorias formuladas (WMO, 1979).

Os modelos teóricos e as metodologias de pesquisa são o terceiro elemento que trazemos na composição deste contexto científico sobre o tema na década de 1970 e início dos anos 1980. O funcionamento das centrais de cálculo e das tecnologias tem sentido quando somadas aos elementos práticos e teóricos das ciências. É a necessidade, conforme o entendimento de Latour (2000), que a tecnociência tem de expandir suas redes de compreensão e explicação do mundo.

No caso das mudanças climáticas contemporâneas, as bases de compreensão científica sobre este objeto teve como referencial as teorias e pesquisas sobre as glaciações de milhares ou milhões de anos no passado terrestre. Uma espécie de banco de dados empírico dos mecanismos de funcionamento climático para os trabalhos sobre o clima no contemporâneo.

2.3 - Teorias climáticas: os fatores externos e internos e a hipótese de Milankovitch.

O sistema climático é considerado pelos especialistas como formado por uma complexidade de elementos que influenciam na sua dinâmica regular. Tratar de mudanças climáticas também é entrar em meio a essa complexidade. Quando ocorre a alteração do padrão climático de uma época, os cientistas afirmam que lidamos com uma diversidade de fatores que, em conjunto ou separado, são forças que podem desencadear essas modificações. Desde o século XIX, temos cientistas que formularam teorias na tentativa de explicar as causas das mudanças climáticas. Teorias que foram propostas e tornaram-se motivos de debates acadêmicos a respeito, principalmente na década de 1970.

Essas teorias são modelos explicativos do funcionamento do clima e das mudanças que ocorreram nele há milhares ou milhões de anos atrás, nas eras geológicas

do planeta. São consideradas de dois tipos: externa ou interna³⁴. Externa, pois trata de fatores que estariam fora do sistema climático terrestre, relacionados, por exemplo, à órbita planetária; interna, quando se refere a elementos de dentro do sistema climático, como ventos, água e solo (BRYSON e MURRAY, 1977). Entretanto, um ponto comum entre todas elas é o papel preponderante do Sol, sendo sua radiação considerada a responsável pela determinação dos padrões climáticos.

A quantidade de raios solares que atingem o planeta, em maior ou menor fluxo, seria o elemento que provocaria um aquecimento ou um resfriamento das temperaturas médias. E quando um desses dois fica fora dos padrões previstos, gerariam ou uma era glacial, ou o seu fim e o começo de um aquecimento. Os mecanismos externos ou internos seriam as demais “engrenagens” movimentadas a partir da intensidade que a radiação solar alcançasse o planeta.

Segundo os autores Reid Bryson e Thomas Murray (1977), havia uma diferença nas teorias internas e externas: os chamados ciclos de ação e reação. As oscilações climáticas que seriam geradas internamente envolveriam diversos elementos como água, ar, terra e o gelo e, dado o grau de complexidade desses, poderiam ser tanto capazes de provocar o fenômeno, como também serem alterados por ele. O que tornava as teorias desse tipo de difícil comprovação, tanto é que permaneceram apenas no campo das hipóteses científicas.

As teorias externas tratavam de fatores que não podem ser afetados por uma mudança climática, ficavam fora do ciclo de ação e reação assim, conforme os mesmos autores, poderiam apenas provocar as mudanças climática e suas características teriam a possibilidade de serem comprovadas pelas ciências (BRYSON e MURRAY, 1977). São exemplos desse grupo de teorias: a astronômica, a dos ciclos solares, a do geomagnetismo, a da deriva continental e a que tratava da reflexividade da superfície terrestre (albedo)³⁵.

³⁴ Surgiu também naqueles anos uma terceira via explicativa que considerava que as mudanças climáticas não eram causadas nem externamente ou internamente, mas dentro de uma escala temporal pré-definida, sem a influência desses fatores. Este modelo não foi de grande repercussão no meio acadêmico, apareceu em apenas um artigo na *Science* (HAYS et al., 1976).

³⁵ Os *ciclos solares* seriam a possibilidade de ocorrerem variações na quantidade de radiação emitida pelo Sol em ciclos de aproximadamente onze anos, quando a estrela aumentaria suas atividades e influenciaria as temperaturas em nosso planeta; O *geomagnetismo*, por sua vez, é a hipótese de que a variação do campo magnético do planeta teria efeitos diretos sobre a circulação da atmosfera e consequentemente sobre os padrões climático. A teoria da *reflexividade* baseia-se na noção de que mudanças no albedo, ou seja, na propriedade de reter ou refletir os raios solares, seja por massa de terra, superfície dos oceanos ou por nuvens, provocariam oscilações nas temperaturas (cf. BRYSON e MURRAY, 1977).

Todas elas, internas e externas, estiveram presentes nas discussões dos anos 1970; formavam uma constelação teórica na qual os cientistas climáticos estavam amparados. Os pesquisadores, conforme a maneira que interpretavam seus objetos de pesquisa, aderiram a uma ou outra explicação teórica para as mudanças climáticas naturais. Todavia, a teoria astronômica concebida pelo matemático e geofísico sérvio Milutin Milankovitch entre os anos de 1920 até 1938 foi a proposta que obteve um consenso científico, ao receber o respaldo de pesquisas climáticas realizadas durante a década de 1970. Por isso, descrevemos apenas esta, assim como sua presença nas revistas (EDWARDS, 2010; GRIBBIN, 1990)³⁶.

Conforme propôs Milankovitch, seriam os três movimentos astronômicos do planeta que definiriam as mudanças climáticas naturais: excentricidade, obliquidade e precessão. O primeiro diz respeito à modificação da órbita da Terra em sua trajetória ao redor do Sol, sendo por vezes mais próxima ou mais afastada dele. A obliquidade é quando temos uma variação na inclinação do eixo planetário entre $22,5^\circ$ e $24,5^\circ$, que também implica a sua relação com o Sol. E por fim, em terceiro, temos a alteração ao longo de milhares de anos no chamado movimento de precessão planetária, no qual a Terra, ao girar em torno de si mesma, altera o sentido de oscilação do seu eixo. Esses três movimentos fazem a redistribuição da radiação solar que alcança o planeta anualmente e provocariam que, em determinados momentos e em certos lugares, seja recebido mais calor solar do que em outras partes do globo (GRIBBIN, 1990; BRYSON e MURRAY, 1977).

Fonte: crv.educacao.mg.gov.br – acesso em 05/agosto/2013.

³⁶ Não pretendemos aqui escapar da análise das controvérsias nas teorias sobre mudanças climáticas, porém esses enunciados dizem respeito a interpretações científicas direcionadas aos ciclos naturais, nas quais a presença humana como um fator gerador de alteração no clima não era contabilizada. Nosso interesse aqui, entretanto, é mostrar que houve o suporte teórico e metodológico da teoria vencedora no meio acadêmico e das pesquisas sobre mudanças climáticas naturais para os estudos sobre a modificação do clima no contemporâneo. Para um aprofundamento sobre as controvérsias vide a obra de Paul Edwards “*A Vast Machine*” de 2010, ou então, os diversos livros de John Gribbin, publicados desde o final da década de 1970 até os anos 1990.

Cada um desses movimentos leva milhares de anos para atingir um extremo ou outro em suas alterações cíclicas. Para o movimento de excentricidade ser completo necessita de um período de cem mil anos; a obliquidade, em torno de quarenta e um mil anos; e a precessão, seria mais rápida em relação às demais, a cada vinte e quatro mil anos em média. A questão colocada por Milankovitch é que a soma dessas três oscilações astronômicas levaria o planeta a uma era glacial ou ao final de uma. A teoria diz respeito à variação da temperatura no planeta, pois independente desses movimentos, a mesma quantidade de raios solares atingiria o globo terrestre; o que seria afetado era a sua distribuição, ora em um ou outro hemisfério. A teoria tem suas limitações, pois estava voltada para mudanças climáticas a partir de uma perspectiva em larga escala: focava somente em termos de eras geológicas, com pouca ou nenhuma eficiência quanto a variações de décadas ou anos, aquilo que os cientistas chamam de individualidade do clima (EDWARDS, 2010; GRIBBIN, 1990; BRYSON e MURRAY, 1977).

Segundo o físico John Gribbin (1982, 1990), a hipótese de Milankovitch passou anos em controvérsias com outros modelos explicativos, sem conseguir que houvesse uma comprovação pelos cientistas. Somente nos anos 1970, afirma o autor, com as novas técnicas e tecnologias de obtenção de informação climática, além de pesquisas que se baseavam, como analisamos adiante, em métodos cujos resultados eram aceitos pela maioria dos climatologistas, foi possível a validação científica da teoria astronômica.

Seu consenso entre os especialistas em clima aumentou em 1981, depois de ser revista pelos climatologistas da *Columbia University*, George Kukla, R. Lotti e J. Brown e o astrônomo belga A. Berger da *Université Catholique de Louvain*. Em um texto publicado pela *Nature*, “*Orbital Signature of Interglacials*”, eles ajustaram a teoria a partir de novas informações e instrumentos de pesquisa. No artigo, compreenderam que a datação de Milankovitch para os ciclos orbitais não indicaria exatamente eras glaciais, mas os momentos de intercalação entre elas (os interglaciais). Nesse sentido, o padrão normal climático, para estes cientistas, seria o planeta vivenciar uma idade do gelo plena, ou seja, condições climáticas normais corresponderiam a uma constante era glacial (KUKLA et al., 1981; GRIBBIN, 1982).

Esse acerto na teoria astronômica não gerou grandes modificações no panorama de compreensão das mudanças climáticas naturais, mas permitiu o encaixe cronológico

das pesquisas que tinham essa hipótese como norteadora dos trabalhos. Além disso, ajudou a por fim à controvérsia que movimentou os estudos sobre clima no final da década de 1970. Ambas as questões analisamos adiante.

Foi com auxílio das pesquisas que a teoria astronômica ganhou força e sobreviveu às controvérsias no meio científico. Evidente que permaneceram muitas lacunas em sua explicação e mesmo em suas limitações (foco nas eras geológicas), tendo sido alvo de críticas, mas se consolidou como um modelo explicativo que deu suporte às pesquisas sobre mudanças climáticas naturais. Consideramos que, neste momento, houve a junção da teoria com a informação coletada sobre o clima, ocasião em que a abstração ganha um corpo sólido com os estudos e objetos que os climatologistas buscaram para comprovar a teoria. Ampliaram-se, dessa forma, os elementos que compunham a tecnociência climática.

2.4 - Pesquisas em mudanças climáticas de outras épocas: objetos e métodos.

Na *Science* e *Nature* daquele período a teoria de Milankovitch aparece de duas maneiras. Uma em meio às pesquisas climáticas de outras épocas, quando os climatologistas apresentavam seus estudos e utilizavam a hipótese como argumento. E também no sentido inverso, ao discutirem a teoria para dar suporte a sua veracidade pelas pesquisas científicas.

Consideramos que foi a sua datação precisa que fortaleceu os argumentos e auxiliou em sua validação. Como os ciclos astronômicos funcionam dentro de períodos determinados, foi possível aos climatologistas buscarem, nos estudos que desenvolviam, as provas de que os cálculos do cientista sérvio estariam corretos. Tal precisão cronológica para os momentos em que ocorreram modificação no clima e a forma como isso aconteceu foi o mote da maioria das pesquisas publicadas nas revistas. Diante disso, a prova que, segundo os historiadores do período, foi considerada contundente na validação da teoria astronômica foi publicada na *Science* em 1976 (HALACY Jr., 1980; GRIBBIN, 1982, 1990; EDWARDS, 2010).

Os cientistas J. D. Hays, geólogo da *Columbia University*, John Imbrie, oceanógrafo da *Brown University* e N. Shackleton, pesquisador de *Cambridge*, no artigo “*Variations in the Earth’s Orbit: Pacemaker of the Ice Ages*”, relatam os resultados de suas pesquisas. Os autores procuravam informações sobre as mudanças no padrão de cobertura de gelo a partir do exame de isótopos de oxigênio presentes em sedimentos de

foraminífera³⁷ coletados no fundo do oceano, o que lhes permitiu o recuo de meio milhão de anos no passado terrestre. O resultado do estudo científico mostra que a alteração dessa camada de gelo se encaixava exatamente nos períodos de Milankovitch (HAYS et al., 1976; GRIBBIN, 1982, 1990; HALACY Jr., 1980).

A chave para a comprovação de Hays, Imbrie e Shackleton foi a utilização de uma técnica, os isótopos de oxigênio, que possibilitava aos cientistas atingir dentro dos critérios das ciências uma datação tão precisa quanto a que Milankovitch deu a sua teoria. A pesquisa com isótopos de oxigênio era um entre vários métodos de trabalho de que os climatologistas e demais ramos do conhecimento preocupados em datar um objeto de estudo faziam uso.

Naqueles anos as técnicas utilizadas pelos climatologistas eram variadas, podia ser a análise dos anéis presentes em troncos de árvores (dendrocronologia), a fenologia, tendo como objeto folhas fossilizadas, ou então, o pólen de flores incrustados em camadas de solo. A maioria dessas técnicas e objetos utilizava a datação fornecida pelo Carbono 14. Os isótopos de oxigênio traziam aos pesquisadores a informação com uma maior exatidão. Foi através desse método que estabeleceram as alterações na cobertura de gelo de determinadas épocas. Segundo John Gribbin, a técnica funcionava da seguinte maneira:

Existem dois tipos mais comuns de átomos do oxigênio (dois isótopos) conhecidos como oxigênio-16 e oxigênio-18. Ambos estão presentes no ar que respiramos e também na água do mar (H₂O); o oxigênio-18 é mais pesado que o oxigênio-16, isto significa que algumas moléculas de água do mar são mais pesadas que outras. Moléculas pesadas de água congelam mais rapidamente que as moléculas leves, então, durante uma era glacial, mais moléculas pesadas, proporcionalmente, ficam presas no gelo. Como as criaturas marinhas pegam o oxigênio ao redor na construção de suas conchas, estas quando são construídas durante uma era glacial contêm proporcionalmente mais dos isótopos leves, os quais não ficam presos nas geleiras (GRIBBIN, 1990, p. 53)³⁸.

Com este conhecimento científico em mãos, os cientistas climáticos fizeram a mensuração das proporções dos isótopos em várias camadas de sedimentos; buscavam

³⁷ São organismos marinhos constituídos de uma concha que habitam o fundo dos oceanos.

³⁸ “There are two common types of oxygen atoms (two isotopes) known as oxygen-16 and oxygen-18. Both are present in the air that we breath, and also in sea water (H₂O); since oxygen-18 is heavier than oxygen-16 this means that some molecules of sea water are heavier than others. Heavier molecules of water freeze more readily than lighter molecules, so during an ice age proportionately more of the heavy molecules are locked away in ice. As sea creatures take oxygen from their surroundings to help build their shells, the shells they build during an ice age contain proportionately more of the lighter oxygen isotope, which has not been locked away in the ice sheets.”

determinar o avanço da cobertura de gelo e com isto inferir as temperaturas de uma determinada era geológica (GRIBBIN, 1990; HALACY Jr., 1980). Um correspondente da *Nature*, identificado apenas como R. R. D., em 1973, avaliou esta técnica aos leitores da revista e afirmou que os isótopos proporcionavam uma interpretação científica “[...] mais sensível e com um perfil contínuo das mudanças ocorridas há milhares de anos que era proporcionado por outros métodos [...]” (R. R. D., 1973, p. 417)³⁹. Os isótopos de oxigênio traziam, ainda assim, certas lacunas na informação científica, não sendo possível aos cientistas determinarem eventos climáticos individuais, apenas um panorama geral dos períodos analisados (Idem). Uma lacuna que também combinava com a teoria astronômica. Mas compreendemos que forneciam uma cronologia apurada, segundo critérios científicos, ao atuar como um termômetro planetário que demarcava as eras glaciais, início e término, pois a partir da definição dos momentos de avanço e recuo das geleiras era possível determinar também as médias de temperatura dessas épocas.

Na *Science* e *Nature*, essa técnica foi amplamente utilizada nas publicações na década de 1970 e anos 1980. Para o estudo de Hays, Imbrie e Shackleton (1976), foram retirados dois núcleos cilíndricos, de quinze metros de comprimento, do fundo do oceano. Um deles teria saído completo, o que possibilitou uma reconstituição linear de trezentos mil anos, e o outro, embora estivesse quebrado na ponta, permitiu que os cientistas interpretassem algo em torno de cem mil até quatrocentos e cinquenta mil anos com uma leitura fragmentada. (HAYS et al., 1976; GRIBBIN, 1982). Essa visão contínua de um período amplo do passado geológico do planeta era o tipo de dado que os cientistas buscavam para tentar compor uma cronologia das eras do gelo, com o foco direcionado para o chamado Pleistoceno⁴⁰, período, conforme a interpretação científica, de grandes glaciações.

As escavações de núcleos de sedimentos no fundo dos oceanos, porém, não foram as únicas formas de obtenção dos isótopos de oxigênio nos anos 1970 e início da década seguinte. Nos textos científicos publicados nas revistas, observamos que os estudos nas geleiras na Antártica e na Groenlândia foram constantes também. Os cientistas buscavam informações nos dois polos do planeta, a fim de estabelecer comparações que pudessem auxiliar na composição da cronologia.

³⁹ “[...] more sensitive and more continuous profile of change during the past 10^5 years than is available by other method [...]”

⁴⁰ Época geológica que iria de 2,588 milhões até 11,5 mil anos atrás e que antecede a atual, o Holoceno. Sendo que ambas fazem parte da Era Cenozoica.

As geleiras localizadas nos polos, por terem uma grande durabilidade, forneciam aos cientistas uma quantidade maior de informações, além de um recuo mais profundo no passado planetário. Atendiam aos requisitos fundamentais para a pesquisa das mudanças climáticas naturais, ou seja, a possibilidade de exatidão na datação e um exame contínuo das informações climáticas sem interrupções, elementos que os isótopos de oxigênio encontrados nas geleiras polares forneciam aos cientistas.

Para a pesquisa de Hays, Imbrie e Shackleton houve, além da precisão dos isótopos, um fator adicional, o ajuste teórico. Quando chegaram aos resultados cronológicos dos objetos investigados, segundo afirmam no artigo, aconteceu a relação direta com a datação dos ciclos astronômicos de Milankovitch, algo esperado dentro da proposta de pesquisa. Um ciclo a mais, de dezenove mil anos, não previsto pela teoria, foi notado por eles, o que então seria uma anomalia à pesquisa. A hipótese foi solucionada um ano depois, em 1977, pelo astrônomo A. Berger (o mesmo que junto a Kukla e outros cientistas atualizariam o enunciado de Milankovitch em 1981) (BERGER, 1977).

O ajuste teórico saiu na *Nature* em 1977 sob o título “*Support for the Astronomical Theory of Climatic Change*”. Nele o astrônomo reavaliou a precessão orbital do planeta e definiu que sua duração não era de um único ciclo de vinte e quatro mil anos, mas um duplo ciclo, um de vinte e três mil anos e outro com dezenove mil anos, gerado por sua ligação com o ciclo de excentricidade orbital (BERGER, 1977). Isso enquadrava a anomalia de Hays, Imbrie e Shackleton dentro da teoria astronômica e que reforçava sua validade. John Gribbin escreveu sobre este episódio em seu livro “O Clima do Futuro”, de 1982:

Os núcleos de sedimentos tinham não só “encontrado” os três ciclos de Milankovitch como também tinham “encontrado” que um dos três ciclos é, ele próprio, um ciclo duplo: uma coisa que os teóricos não tinham previsto, mas foram capazes de explicar depois. Isto convenceu ainda mais cientistas da validade do modelo fundamental de Milankovitch (GRIBBIN, 1982, p. 107).

Dessa maneira, a pesquisa comprovou a teoria e esta deu suporte à pesquisa. Uma junção dentro das ciências que se enquadra nos moldes sugeridos por Thomas Kuhn. Para esse autor, haveria uma adaptação entre ambas, teoria e pesquisa, em que uma se adequaria à outra; formalizava-se, assim, um duplo ajuste (KUHN, 2006). O enunciado de Milankovitch teria direcionado as pesquisas, que por sua vez encontraram

algo não previsto pela teoria, uma anomalia que ajustou a própria teoria. A natureza, no caso, o planeta como um todo, em sua viagem astronômica ao redor do Sol, foi reinterpretado de forma a validar tanto a hipótese quanto a pesquisa. Mas, qual a função dessa teoria e das pesquisas sobre mudanças climáticas naturais para o fenômeno no contemporâneo? Um olhar sobre o quadro maior trabalhado até aqui nos fornece a resposta.

2.5 - Um olhar para o futuro climático

Na década de 1970 e nos primeiros anos de 1980 houve, segundo nossa interpretação, a convergência de diversos fatores que, embora já fossem interligados anteriormente, foram conectados, dando as bases para os enunciados e as controvérsias que se seguiram sobre as mudanças climáticas contemporâneas. Além da já referida ação política e da preocupação social gerada pela poluição atmosférica, as ciências climáticas também expandiram suas redes nesse período.

Os novos equipamentos de medição da atmosfera, os satélites, auxiliaram na obtenção de outros tipos de informação sobre o clima e o tempo meteorológico. Esquadrinharam a atmosfera ao redor do planeta, oferecendo agilidade e totalidade de dados aos cientistas climáticos em várias partes do mundo. Também puderam dar aos climatologistas uma visão diferente do costumeiro olhar da superfície, ao mostrar a camada atmosférica por cima.

Esses dados mobilizaram cientistas, que, por sua vez, e somados às ações políticas, constituíram programas e agências de pesquisa climática. Centrais de cálculos tinham como objetivo entender os parâmetros de funcionamento da atmosfera, criar modelos climáticos e decifrar cientificamente a complexidade de elementos que a constituem. Assim, laboratórios nacionais e programas internacionais foram instituídos e uma conferência mundial sobre o clima foi organizada em 1979, com a necessidade científica de criar um padrão climático para o planeta.

Concomitantemente a esse processo, a teoria de Milankovitch, que versava sobre as causas das mudanças climáticas naturais, obteve o consenso no meio acadêmico, principalmente depois da comprovação de sua validade pelas análises feitas a partir dos isótopos de oxigênio em escavações no fundo do oceano e também em geleiras nos polos do planeta. Acrescentou-se ao padrão climático uma datação considerada pela maioria dos climatologistas como exata, que representava os momentos em que as

oscilações no clima teriam acontecido no passado remoto do planeta. Estabeleceram, assim, uma cronologia climática.

Entretanto, esses vários elementos, quando tomados em conjunto, tinham uma finalidade maior do que a constituição de parâmetros e cronologias do clima terrestre. Eles serviam enquanto uma forma de construir um modelo climático para o futuro, que procurou prever suas variações e as possíveis consequências para a sociedade. Em seu artigo, Hays, Imbrie e Shackleton, dedicam um item para a reflexão sobre o futuro climático do planeta e afirmavam que “[...] *tendo apresentado evidência que uma grande mudança climática no passado está associada com as variações na geometria da órbita terrestre, nós podemos fazer previsões para o clima no futuro [...]*.” (HAYS et al., 1976, p. 1131)⁴¹.

Esse prognóstico do clima futuro havia se tornado naqueles anos um objetivo dos climatologistas e também dos governos de vários países. Basta lembrar que uma das preocupações do *World Climate Conference*, analisada acima, era com este porvir climático. Em seu documento final consta a que “*A pesquisa está revelando muitas características básicas das mudanças climáticas do passado e está fornecendo as bases para projeções do futuro climático [...]*” (WMO, 1979, p. 2)⁴².

Essa reconstrução do passado climático com o olhar no futuro era uma prerrogativa da climatologia e foi exposta em um artigo na *Nature* de 1978. Em “*Historical Climatology*”, dos climatologistas M. Ingram, D. Underhill e T. Wigley, todos da *University of East Anglia*, na Inglaterra. Os pesquisadores consideram que a analogia é o mais importante resultado das pesquisas desta ciência, pois proporcionaria informações daquilo que “[...] *poderia ocorrer no futuro [...]*.” (INGRAM et al., 1978, p. 334)⁴³. A mesma afirmação foi dada por Kukla, Berger, Lotti e Brown no texto em que ajustam a teoria de Milankovitch. Para eles “*O consenso geral para a cronologia provida pelo ACLIN para a reconstrução dos paleoclimas permite que sejam feitas previsões para o estado climático no futuro.*” (KUKLA et al., 1981, p. 300)⁴⁴.

⁴¹ “[...] *having presented evidence that major changes in past climate were associated with variations in the geometry of the earth’s orbit, we should be able to predict the trend of future climate [...]*.”

⁴² “*Research is revealing many basic features of climatic changes of the past and is providing the basis for projections of future climate [...]*.”

⁴³ “[...] *might recur in the future [...]*.”

⁴⁴ “*The general agreement of the ACLIN time series with the reconstructed palaeoclimates permits future gross climate states to be predicted [...]*.”. ACLIN é a sigla para *Astronomical Climate Index*, um banco de dados criado por eles para organizar as informações sobre a pesquisa em mudanças climáticas naturais e assim fazerem a análise em cima da teoria de Milankovitch.

Passado e futuro estavam conectados em relação ao clima por padrões definidos pelos cientistas. As informações obtidas pela tecnologia e interpretadas nos programas de pesquisa serviam como forma de comparação temporal, ao revelar suas diferenças e semelhanças. A relação com o presente mostrou aos cientistas que o padrão então explicado pela teoria de Milankovitch e as pesquisas estavam irregulares. Conforme os modelos criados, estaríamos na metade dos ciclos astronômicos previstos, em um momento de estabilidade do clima, em um interglacial. Mas os dados que os climatologistas obtinham eram de que ocorria uma mudança fora dos parâmetros. Este algo de errado gerou controvérsias entre os cientistas, quando discutiram se isso levaria a um resfriamento ou o aquecimento do planeta.

3 - Resfriamento vs. aquecimento na década de 1970

Considerar que algo estava fora dos parâmetros climáticos e da cronologia estabelecidos a partir da teoria de Milankovitch e das pesquisas que foram realizadas na década de 1970 necessitou a inclusão de um novo fator nas equações dos cientistas, as atividades humanas. E, junto a isso, uma pergunta, que permaneceu dentro das controvérsias climáticas até meados da década de 1990: qual o papel delas nas alterações climáticas contemporâneas?

A entrada do elemento antropogênico nas equações foi algo que os climatologistas que pesquisavam as mudanças climáticas naturais consideravam como importante para a previsão do clima no futuro. No entanto, isso não significava um consenso naquela época. No artigo de Kukla, Berger, Lotti e Brown de ajuste da teoria astronômica, essa preocupação era pontuada pela dúvida. Eles afirmam que as estimativas de alterações climáticas a partir da hipótese só poderiam ser válidas pela forma como as ações humanas tivessem interferido no clima passado, assim “*Se o impacto humano no solo e na atmosfera não modificou significativamente o mecanismo das mudanças climáticas, também não o fará no futuro.*” (KUKLA et al., 1981, p. 300)⁴⁵.

Houve também uma interpretação diferente desta, durante a conferência climática WCC de 1979, que defendia a participação humana no sistema climático. O documento final continha a afirmação que as atividades humanas alteravam o clima

⁴⁵ “[...] if man’s impact on the land and the atmosphere has not significantly modified the mechanism of climate change, and will not do so in the future.”

local e regional e que isso poderia no futuro ser uma fonte de impacto sobre todo o planeta:

Hoje, o homem inadvertidamente modifica o clima em uma escala local e mesmo regional. Existem preocupações que a continuidade do desenvolvimento das atividades humanas na Terra possa causar profundas alterações climáticas regionais e mesmo globais. Esta possibilidade aumenta a urgência de uma cooperação mundial para explorar o futuro do clima global e para levar este conhecimento recente em conta no planejamento para o desenvolvimento da sociedade humana (WMO, 1979, pp. 1-2)⁴⁶.

Os participantes da conferência compartilhavam da perspectiva de que o aumento no uso de energia e a consequente utilização de combustíveis fósseis pelo ser humano já estava tendo efeitos sobre o clima, especialmente, pela crescente quantidade de CO₂ injetado na atmosfera (WMO, 1979). O planejamento das nações teria que passar pela discussão do efeito humano sobre o mecanismo climático planetário.

Anos antes, em 1970, Helmut Landsberg, professor da *University of Maryland* nos EUA, escreveu um artigo para *Science* “*Man-made Climatic Change*”, no qual considerou o papel antropogênico no clima. Landsberg (1970) entendia que naquele momento havia uma preocupação exagerada sobre isto, com várias profecias que preconizavam uma morte pelo frio intenso ou devido ao aquecimento e mesmo pela privação de oxigênio. Para o autor existiam muitas especulações em relação ao papel humano no clima.

O mesmo ponto de vista era partilhado por S. Fred Singer do *Committee On Environmental Quality* da *American Geophysical Union*, em um editorial também na *Science* em 1970, para quem a culpa seria dos cientistas, que atenderiam aos desejos midiáticos de informações catastróficas “*Deveríamos ter cuidado para não espalhar histeria desnecessariamente [...]*”, pois, para ele, os cientistas tinham que primar por sua credibilidade, precisamente porque “*O público e a mídia dão muito peso nas declarações vindas de qualquer um que seja cientista, desde que gerassem notícias. A*

⁴⁶ “*Man today inadvertently modifies climate on a local scale and to a limited extent on a regional scale. There is serious concern that the continued expansion of man’s activities on earth may cause significant extended regional and even global changes of climate. This possibility adds further urgency to the need for a global co-operation to explore the possible future course of global climate and to take this new understanding into account in planning for the future development of human society.*”

credibilidade científica pode facilmente ser perdida por declarações exageradas e extravagantes [...]” (SINGER, 1970, p. 125)⁴⁷.

Os dois autores discordam da validade do papel humano nas mudanças climáticas. Enquanto para Fred Singer, não haveria motivos plausíveis para culpar a humanidade de possíveis alterações climáticas, Landsberg afirma que os efeitos antropogênicos eram reais, mesmo que muitas vezes ficassem escondidos sob a amplitude do sistema climático. O ponto principal de discordância estava nas implicações do CO₂ gerado pelas atividades industriais e veículos automotivos. Em Singer, o aumento desse gás na atmosfera era irrisório, pouco representativo frente à dimensão do sistema climático global; em suas palavras “*Mesmo existindo um crescimento real das taxas de CO₂, o “efeito estufa” do aquecimento climático tem sido pequeno, até mesmo negativo, por conta dos efeitos que são gerados pela poeira, que resfria a atmosfera [...]”* (SINGER, 1970, p. 125)⁴⁸.

Por outro lado, para Landsberg, o dióxido de carbono já estava mostrando suas propriedades de reter calor dentro do planeta. Isso era evidente pelo aumento de aproximadamente 2°C na temperatura média observada nas últimas décadas que, mesmo não considerável, poderia ser um problema no futuro: “*Por longos períodos, a energia acrescentada na atmosfera pela rejeição de calor e a absorção de CO₂ tem sido preocupante.*” (LANDESBURG, 1970, p. 1273)⁴⁹.

O ponto principal, assim, não era tanto a possibilidade de as atividades humanas terem uma função no mecanismo climático, mas o tamanho de sua influência no sistema. Para John Gribbin, que escreveu a matéria “*Man Against Nature in the Climatic Stakes*” para *Nature* em 1975, até então, os cientistas sabiam que a poluição gerada pelo ser humano era um fator de impacto climático, porém não tinham noção de sua proporção frente aos elementos naturais, algo que Landsberg havia afirmado em 1970 (GRIBBIN, 1975c).

Outras pesquisas, ainda durante a década em questão, mostraram que o aumento do CO₂ e dos aerossóis podem aquecer ou resfriar o planeta devido as suas quantidades na atmosfera e modificariam o panorama. Era compreendido, conforme aponta Gribbin,

⁴⁷ “[...] we should be careful not to cry “wolf” needlessly or too often. The public and the media give special weight to statements from anyone who is a scientist, provided they make news. Scientific credibility can easily be lost by exaggerated claims and extravagant statements [...]”

⁴⁸ “[...] While there has been an actual increase in the CO₂ content, the “greenhouse effect” of climate warming has been small, and even negative, because of the overwhelming effects of atmospheric dust which tends to cool the atmosphere [...]”

⁴⁹ “Over longer intervals, energy added to the atmosphere by heat rejection and CO₂ absorption remain matters of concern.”

que: “*Até recentemente, poder-se-ia argumentar que algumas atividades do ser humano causavam uma tendência ao aquecimento (CO₂ e o efeito estufa), enquanto outras teriam a tendência a resfriar o planeta (poeira atmosférica), então pelo balanço entre as duas isto deveria ser ignorado [...].*” (GRIBBIN, 1975c, pp. 195-196)⁵⁰. Os efeitos de ambos os compostos, dessa maneira, se anulavam, aquecimento e resfriamento estariam em balanço, ou era tão pouco o que essa relação causava no clima que poderia ser ignorado pelos cientistas.

Os climatologistas perceberam, durante os primeiros anos da década de 1970, tal como entendeu Gribbin, que a neutralização de um pelo outro não ocorria. Ao contrário, alguns cientistas apontavam para o resfriamento como um efeito que se sobrepunha, enquanto outros acreditavam que o aquecimento era uma consequência de maior impacto climático (GRIBBIN, 1975c).

Abriu-se, assim, espaço para as controvérsias na comunidade científica, que refletiram nas páginas das revistas *Science* e *Nature*. Um debate indireto, quando os grupos que afirmavam uma ou outra hipótese não trocam argumentos, mas cada um apresentou seu ponto de vista a partir da interpretação que tinha das informações climáticas. Essa situação, de um “combate indireto”, aconteceu principalmente pela quantidade de incertezas que permeavam as pesquisas sobre o clima no período. Algo que não permitiu que os cientistas fizessem afirmações categóricas sobre os enunciados defendidos. Mesmo assim, se caracterizou como uma controvérsia, pois ambos os grupos procuravam convencer a comunidade científica e a sociedade da validade de seus argumentos em relação ao tema.

A questão inicial que fomentou a discussão veio junto com as informações climáticas obtidas por vários meios técnicos desde, pelo menos, 1850. Essas mostraram para os climatologistas nos anos 1970 que ocorreu uma flutuação nas temperaturas médias do planeta ao longo daquele período. Uma oscilação caracterizada, inicialmente, por um aumento, que teria durado até 1940, e um resfriamento a partir de então.

O problema colocado era em determinar qual das duas tendências seria aquela que continuaria a se manter. Pois, apesar do aumento da temperatura ter se interrompido nos anos 1940, a sua média ainda era maior, em torno de 2°C, do que a queda registrada, de 0,6°C. Portanto, em termos gerais, mesmo com a constante redução nos últimos trinta

⁵⁰ “*Until recently, it could be argued that some aspects of man’s activity cause a warming tendency (CO₂ and the greenhouse effect) while others tend to cool the Earth’s (atmospheric dust) so that on balance they might be ignored [...].*”

anos, ainda a elevação da temperatura era o fenômeno que se sobrepunha. Ao mesmo tempo, a história climática do planeta mostrava aos cientistas que caminhávamos lentamente em direção a outra era glacial. Dessa maneira, o balanço climático planetário estava desequilibrado de alguma forma (HALACY Jr., 1980; BRYSON e MURRAY, 1977; GRIBBIN, 1982, 1990; FISHER, 1990; WEART, 2006; EDWARDS, 2010).

O enclave dessa controvérsia era exatamente o fator humano. No meio acadêmico, grupos de cientistas se posicionavam em favor de uma ou outra tendência, a partir de sua interpretação da ação antropogênica em relação ao mecanismo climático. Se havia o entendimento, como vimos acima, de que o ser humano afeta o clima global de alguma forma, havia a disputa em enunciar de que maneira isso acontecia. E, inserido nesse enclave, estavam os compostos gerados pelas atividades humanas. Os climatologistas, a partir de suas técnicas, tecnologias e teorias, procuravam mostrar que o aumento de uma ou outra substância tinha um impacto maior que as demais no funcionamento da atmosfera e conseqüentemente para o clima; assim, a situação de equilíbrio de um pelo outro não era mais considerada (HALACY Jr., 1980; BRYSON e MURRAY, 1977; GRIBBIN, 1982, 1990; FISHER, 1990; WEART, 2006; EDWARDS, 2010).

É importante ressaltar que a *Science* e a *Nature* apresentaram o mesmo tratamento para as duas vertentes em disputa. Publicaram tanto os pesquisadores a favor do aquecimento ou do resfriamento e fizeram o balanço do tema em matérias ou editoriais. Todavia, notamos uma tendência inicial, em ambas as revistas, em retratar o aquecimento como um tema de maior perigo para a sociedade. Em seu editorial de fevereiro de 1971, a *Nature* trata aquilo que intitulou de “*The Great Greenhouse Scare*”, que se enquadra na perspectiva que já mostramos aqui, nos textos de Landsberg, Singer e Abelson sobre as profecias de catástrofe global, agora focando no efeito estufa.

A crença que o mundo civilizado um dia será varrido pelo aumento do nível dos oceanos, que seria resultado do derretimento do gelo na Antártica, que por sua vez seria consequência da acumulação de dióxido de carbono na atmosfera, tem sido por alguns anos a lenda mais popular e amedrontadora que é citada por palestrantes, políticos e catastrofistas profissionais [...] (NATURE, 1971, p. 514)⁵¹.

⁵¹ “The belief that the civilized world will one day be washed away by the increase of sea level that might result from the melting of the Antarctic ice which in turn might be accomplished by the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere has been for some years the popular and frightening legend much quoted by the public speakers, politicians and professional doomsday men [...]”

A *Nature* não tratou o assunto como uma possível histeria coletiva em torno desses cenários catastróficos. O editorial trouxe as informações científicas mais atuais, para refletir sobre o problema e indicou que o aumento no CO₂ deveria ser um fator de preocupação nos anos seguintes. Os prognósticos revelavam que haveria um acréscimo significativo do gás até o ano 2000, mas nada catastrófico como queriam alguns, pois a média de temperatura se elevaria em apenas meio grau centígrado (NATURE, 1971). Esse posicionamento refletiu apenas o início dos debates. Em nosso entendimento, no decorrer da década, a manutenção da linha editorial, nas duas revistas, foi pelo balanço entre as duas correntes de interpretação do clima contemporâneo. Mudou somente a partir do momento em que uma das tendências prevaleceu sobre a outra, por volta de 1978/1979.

O debate entre resfriamento e aquecimento foi, basicamente, um tipo de controvérsia que podemos considerar que segue a linha de interpretação de Bruno Latour (2000) sobre o conceito característico das tecnociências. Baseava-se em diferentes interpretações de resultados de pesquisa, que também eram, na maioria das vezes, relacionadas a diferentes objetos e métodos de trabalho.

3.1 - Resfriamento global?

De maneira geral, a bibliografia especializada de que fazemos uso aqui tratou dos trabalhos sobre o resfriamento de forma tangencial, ou seja, os autores apresentaram essa questão como parte de suas descrições sobre o aquecimento global. Entendemos que isso estava de acordo com o fato de que este último sobreviveu às controvérsias. Dessa forma, os autores apenas mencionaram o resfriamento como parte da história do aquecimento e não como uma hipótese científica rival. Teremos fora dessa lista apenas John Gribbin, em seu livro de 1982, *“O Clima no Futuro”*, embora o autor quase nada trate do tema no livro *“Hothouse Earth”*, de 1990. E também R. Bryson e T. Murray em *“Climates of Hunger”*, de 1977, sendo Bryson um dos principais pesquisadores que divulgaram o resfriamento global.

Para David Fisher em *“Fire & Ice”* de 1990, e também Paul Edwards (2010), a preocupação com o resfriamento global tomou uma dimensão ampla no meio científico e social a partir de 1972, após a realização de uma conferência na *Brown University* intitulada *“The Present Interglacial: How and When Will It End?”*. A mesma que destacamos acima, que estimulou a criação do *U. S. Climate Program*. Nessa

conferência, com a participação de climatologistas, conforme analisou Edwards, teria sido produzido um consenso sobre o tema, publicado posteriormente pela *Science*.

Nesse texto, o resfriamento do planeta superava as expectativas científicas e existia a possibilidade de um período glacial ocorrer no próximo milênio ou mesmo em alguns séculos. Havia a necessidade de um esforço científico para compreender esse processo, daí a criação do *U. S. Climate Program Act* (KUKLA e MATTHEWS, 1972). Para Edwards (2010), esse consenso e o pedido por pesquisas não tiveram uma repercussão nos meios científicos tal como esperado, quando apenas poucos pesquisadores e laboratórios se dedicaram ao tema. No entanto, como mostra Fisher (1990), diversos jornais e revistas nos EUA, em 1972, traziam reportagens sobre a próxima era do gelo.

Nos trabalhos de Daniel Halacy Jr. (1980) e do historiador estadunidense Spencer Weart (2006), o resfriamento aparece nas condições que descrevemos acima, como parte da cronologia das pesquisas e discussões sobre o aquecimento global. Weart traz como momento chave para as discussões sobre o resfriamento um programa de televisão produzido pelo jornalista científico britânico Nigel Calder. Segundo Weart, o jornalista teria alertado seus telespectadores sobre a possibilidade de ocorrer uma nova glaciação a qualquer momento, na próxima estação ou em cem anos (WEART, 2006). Halacy Jr., por sua vez, apenas menciona, de passagem, a existência de uma corrente de pesquisadores que propunha o resfriamento do clima e nada mais (HALACY Jr., 1980).

As revistas *Science* e *Nature*, entretanto, trazem uma perspectiva diferente da presença das pesquisas sobre o resfriamento na década de 1970. Apesar de compreendermos, assim como Edwards, que os estudos desse tipo foram escassos e limitados em alguns cientistas, foi possível observar que as revistas deram voz a esse grupo de pesquisadores. Isso mostra que a discussão sobre a situação climática e seu futuro não era somente uma preocupação em termos de aquecimento, como entenderam alguns dos autores citados.

Foi possível observar, a partir dos artigos que encontramos nas revistas, que o resfriamento global estava centrado nos trabalhos do climatologista britânico H. H. Lamb, precursor daquilo que Daniel Halacy Jr. (1980) chamou de escola *lambiana* de climatologia⁵², além dos estudos do cientista atmosférico da *University of Wisconsin*—

⁵² Daniel Halacy Jr., em 1980, em “*Fire or Ice?*” fez menção à existência de três escolas climatológicas na década de 1970: a de H. Lamb e a do climatologista estadunidense Joseph Smagorinsky, que foi diretor da NOAA e professor na *Princeton University*. A terceira escola seria de M. I. Budyko, climatologista

Madison, Reid Bryson. Teremos também os trabalhos de George Kukla⁵³, climatologista do *Lamont-Doherty Earth Observatory*, da *Columbia University*.

Neste grupo de pesquisadores, dois foram os objetos privilegiados: os vulcões e as geleiras. Do primeiro tipo, temos os trabalhos de Lamb e Bryson, que pesquisaram os efeitos climáticos das erupções vulcânicas. Kukla e sua equipe se preocuparam com a cobertura de gelo em áreas do Hemisfério Norte. Estes dois objetos tinham como mote revelar a tendência ao resfriamento global dentro das expectativas de mudança climática natural. Outra fonte de trabalho, desenvolvida por Bryson, é chamada por ele de “vulcão humano”, pelo qual as atividades humanas produziram mais gases que refletem o calor solar do que aqueles que o absorvem.

O principal argumento vinha da cronologia das mudanças climáticas naturais, baseadas nos ciclos astronômicos e nas pesquisas da história climatológica do planeta. Esta era a base de suas discussões, a definição, pelos climatologistas, do que chamaram de período normal climático, ou seja, o entendimento de que a média dos últimos trinta anos era considerada como sendo o clima padrão. Assim, como acontecia uma queda de temperatura exatamente nos últimos trinta anos, deveriam concluir que a normalidade climática era a continuidade dessa diminuição.

No texto escrito por George Kukla, junto com Helena J. Kukla, de 1974, na *Science*, as temperaturas que tinham sido alcançadas no Hemisfério Norte no inverno de 1971 e 1972 revelaram para os pesquisadores que o planeta tinha atingido um sexto das mudanças no clima necessárias para gerar uma nova era do gelo. Para eles, “*A localização e a duração da neve e dos campos de gelo são a mais importante variável no balanço energético planetário [...]*” (KUKLA e KUKLA, 1974, p. 709)⁵⁴. No estudo, concluíram que a cobertura do gelo estava acima do padrão de anos anteriores, um indício de que o clima adquiriria novas características. O crescimento da cobertura de gelo tinha consequências para o albedo terrestre e, assim, aumentava a capacidade do planeta em refletir a radiação solar. John Gribbin fez para *Nature*, em 1975, uma avaliação do trabalho dos Kukla, em que afirmou que teriam apenas apresentado uma

russo trabalhando na *Global Meteorologic Institute* em Leningrado (Cf. HALACY Jr., 1980). Fora este autor não encontramos mais referência a esta possível separação da climatologia em três linhas de pesquisa.

⁵³ Kukla, entretanto, tem uma posição ambígua nesta controvérsia. Pois ao mesmo tempo em que considera que o aquecimento global era um fenômeno real, entendia que este era um estágio que permitiria o começo de uma nova era glacial.

⁵⁴ “*The location and duration of snow and pack-ice fields constitute the most important seasonal variable in the Earth's heat balance [...]*.”

retomada da “*pequena idade do gelo*”, um fenômeno terminado por volta de 1850 e não o surgimento de uma nova era glacial (GRIBBIN, 1975b).

Dentro de uma perspectiva global e com uma cronologia mais ampla que a de Kukla, Reid Bryson, Thomas Murray (1977) afirma que o então recente aquecimento era uma anomalia quando observadas as temperaturas dos últimos mil anos e uma grande anomalia se considerassem a reconstrução climática de milhões de anos atrás, pois:

Por volta de 90 por cento dos últimos milhares de anos foram mais frios que atualmente. Os períodos interglaciais aquecidos, como agora, apareceram a cada 100.000 anos nos últimos quinhentos mil anos. E estes interglaciais duraram entre 8.000 e 12.000 anos [...] O atual já dura cerca de 10.800 anos [...]. (BRYSON e MURRAY, 1977, p. 131).⁵⁵

Dessa forma, a partir da cronologia e dos padrões climáticos construídos pela climatologia, em Bryson e Murray (1977), os indícios mostrariam que um período interglacial se encerrava. O momento seria de diminuição das temperaturas, conforme já ocorria e levava a uma adequação da “normalidade” aos parâmetros do clima tal como previsto por pesquisas anteriores e a própria teoria astronômica. O mundo caminhava para uma mudança climática natural em pouco tempo, dentro de uma perspectiva geológica, no máximo mil e duzentos anos; assim, enquadrava-se no limite máximo de um interglacial de doze mil anos. Como explicar o fator humano no mecanismo climático, se o mundo já estava em direção para uma mudança de qualquer maneira?

Na década de 1970, o climatologista H. H. Lamb pesquisou a nuvem de poeira emitida por vulcões durante as erupções e o quanto isto afetava o clima global. Seu registro sobre este fenômeno abarcou um recorte histórico amplo, desde 1500 até 1960. Esse conjunto de informações lhe deu a possibilidade de montar o que chamou de *Índice de Veu de Poeira* (IVP), tendo como medida básica a erupção do Monte Cracatoa no ano de 1883 (GRIBBIN, 1982).

Em 1976, Lamb e seu aluno na época, P. M. Kelly, escrevem para a *Nature*, defendendo que a ligação entre vulcões e clima criava uma nova perspectiva nos trabalhos sobre o estudo dos períodos interglaciais. Os vulcões, segundo eles, atuariam como os controladores climáticos de grande importância, ao reduzir a quantidade de

⁵⁵ “About 90 percent of the past million years has been colder than our times. Warm interglacial periods like ours have blossomed about once in every 100,000 years over the past half-million years. And these warm interglacials have each lasted between 8,000 and 12,000 years [...] The present one has already lasted about 10,800 years [...]”

calor solar que atingiria a superfície do planeta (KELLY e LAMB, 1976). Não podemos considerar que a hipótese formulada por Lamb e Kelly fosse um modelo explicativo das mudanças climáticas naturais; pelo contrário, era complementar à teoria astronômica, pois elucidaria o que seria o principal mecanismo de controle climático entre as glaciações.

As grandes erupções vulcânicas lançariam na estratosfera uma imensa quantidade de poeira que, devido à movimentação da atmosfera, se espalharia rapidamente pelo globo e permaneceria por meses ou mais tempo. Essa poeira que refletiria o calor solar atuava num efeito inverso ao de estufa, ao impedir que a radiação alcançasse a superfície e, portanto, resfriaria o globo. De forma geral, para alguns cientistas o efeito climático da poeira era muito maior que o provocado pelo CO₂ (BRYSON e MURRAY, 1977)⁵⁶.

O principal exemplo do fenômeno utilizado por Lamb foi a erupção do Monte Cracatoa em 1883⁵⁷. A erupção foi de tal monta que a poeira emitida circulou o globo terrestre e atingiu uma altura de quase oitenta quilômetros. Houve relatos das consequências atmosféricas disto na Índia, nos EUA e no Peru e o observatório meteorológico de *Montpellier* na França notou uma queda da incidência solar na região fora do padrão para a época do ano. Exemplo deste tipo de atividades vulcânicas podem ainda ser encontrado no ano de 1816, quando os resultados da erupção do Monte Tambora⁵⁸ provocou o “ano sem verão” na Europa (BRYSON e MURRAY, 1977; GRIBBIN, 1982).

Como controlador climático, na elaboração de Lamb e pelas explicações de Bryson, temos os vulcões como fatores que isoladamente provocam alterações no clima, que podem ser pequenas ou extensas e localizadas em determinadas épocas. Na década de 1970, porém, nenhuma grande erupção nos moldes de um Cracatoa ou Tambora foi registrada pelas ciências. O que então atuaria como um vulcão em erupção e explicaria o resfriamento das temperaturas? Para Bryson, as atividades humanas teriam a mesma capacidade que esses fenômenos naturais em provocar um resfriamento global, porém, com maior duração, pois as fontes de emissões seriam constantes (BRYSON e

⁵⁶ Este fenômeno é semelhante ao que analisamos no capítulo seguinte, que trata do Inverno Nuclear; a diferença consiste na rapidez e na intensidade de ambos ao provocarem alterações na temperatura. O Inverno Nuclear seria o mesmo que uma série de vulcões entrando em erupção ao mesmo tempo.

⁵⁷ A Ilha de Cracatoa fica na Indonésia, entre as ilhas de Java e Sumatra.

⁵⁸ Também um vulcão indonésio, localizado na Ilha de Sumbawa.

MURRAY, 1977). Em um artigo que assina para a *Science* em 1974, R. Bryson aponta a humanidade como uma fonte de mudanças climáticas nesses moldes:

As emissões pela humanidade de materiais particulados na atmosfera não são esporádicas - quase todos no planeta trabalham quase todos os dias – e a quantidade de fontes individuais é tamanha que as flutuações diárias são altas. É uma emissão variável, no entanto, pois devemos levar em conta o crescimento contínuo da população, assim como o aumento da mecanização e da industrialização e a intensificação da agricultura. A emissão de poluentes é proporcional ao uso energético e o nível econômico e ambos os parâmetros estão rapidamente aumentando (BRYSON, 1974, p. 758)⁵⁹.

Cabia verificar o quanto seria essa quantidade de poeira injetada na atmosfera. Segundo os dados apresentados por Bryson (1974) no artigo, o total para aquele momento era semelhante a uma erupção moderada, mas uma pequena elevação poderia provocar uma queda nas temperaturas de até 0,04°C. O suficiente, segundo ele, para comprovar que a ação humana teria sido a responsável pelo resfriamento constatado pelos cientistas desde a década de 1940.

A conclusão desse processo foi dada por Bryson apenas em seu livro de 1977, junto com Murray. Para eles, apesar das discordâncias sobre o tamanho do problema que a poeira poderia gerar para o clima, não haveria dúvidas sobre a relação entre esta e o resfriamento das temperaturas. São enfáticos ao afirmar que “*Nossa conclusão é de que o efeito da queima de combustíveis fósseis, da agricultura predatória e das outras atividades humanas que produzem tanto o dióxido de carbono quanto a poeira, é de redução das temperaturas*” (p. 152)⁶⁰. Apresentam o que consideram o fato científico principal, elaborado por Bryson em suas pesquisas: a poeira equivaleria a “[...] talvez 90 por cento da variação de temperatura, enquanto o dióxido de carbono responderia por apenas 3 por cento.” (Idem)⁶¹.

Provas contundentes ou não sobre o resfriamento constatado desde 1940, a questão era que Kukla, Bryson e Lamb trazem outros elementos à já intrincada rede das

⁵⁹ “Human inputs of particulates into the atmosphere are not sporadic-nearly everyone on the earth works at it nearly every day-and the number of individual sources is so myriad that the day-to-day fluctuations are averaged out. It is a variable input, however, for the number of people keeps growing, as do the extent of mechanization and industrialization and the extent and intensity of agriculture. Pollutant emission tends to be proportional to energy use and economic level, and both of these parameters are growing rapidly”.

⁶⁰ “Our conclusion is that the net effect of man’s burning of fossil fuels, his slash-and-burn agriculture, and his other activities which produce both carbon dioxide and dust, is to reduce temperatures”.

⁶¹ “[...] perhaps 90 percent of the temperature variation, while carbon dioxide accounts for only about 3 percent”.

tecnociências do clima: as diversas possibilidades de interpretação das informações climáticas. As discordâncias sobre as pesquisas e hipóteses de ambos climatologistas vieram com a leitura oposta que outros pesquisadores tinham das informações climáticas disponíveis nos anos 1970. Para estes o aquecimento da temperatura média do planeta era o efeito das atividades humanas sobre o clima.

3.2 - Aquecimento global?

O historiador francês Emanuel Le Roy Ladurie, em sua obra “*Historia del Clima desde año mil*” de 1966, escreve um capítulo todo dedicado ao que chamou de “*El Calientamiento Reciente*” – o aquecimento recente. Segundo o historiador, os cientistas climáticos observaram em suas pesquisas durante a década de 1960 uma elevação nas temperaturas médias anuais desde 1850 até 1940. Este aumento para eles não ultrapassaria 1°C, nada fora das probabilidades, não sendo um motivo de preocupação. Ladurie minimiza essa situação ao olhar para a história climática que propunha no livro, algo parecido com que Bryson também fez sobre a questão:

[...] desde três mil anos atrás (1000 a. C.), desde o princípio propriamente dito da recessão térmica subatlântica, houve naturalmente muitas altas e baixas na temperatura, variáveis em amplitude e duração; houve muitos resfriamentos e muitos aquecimentos seculares (a flutuação climática não é um atributo do século XX) [...]. (LADURIE, 1990, p. 175)⁶².

Um aquecimento recente que teria sido identificado principalmente no Hemisfério Norte, já que, segundo ele, os trabalhos climáticos no sul eram escassos; não havia nesta região muitos centros meteorológicos de coleta de informações. A conclusão de Ladurie seria de que esse aquecimento fazia parte do desenrolar climático dos últimos milênios, como resposta ao período de glaciação mundial, enquanto tendência secular de aumento nas temperaturas, previsto pelas flutuações climáticas nos modelos científicos. Ou seja, aumento e diminuição da temperatura dentro de uma perspectiva ampla, na longa duração e como um fenômeno natural acima de tudo. Mas, mesmo com as causas relacionadas aos pressupostos naturais, Ladurie ao final do livro retoma o

⁶² “[...] desde hace tres mil años (desde 1000 a.c.), desde el principio propriamente dicho de la recesión térmica subatlántica, ha habido naturalmente muchas altas y bajas en la temperatura, variables en amplitud y en duración; ha habido muchos enfriamientos y muchos calentamientos seculares (la aptitud climática para fluctuar no es un privilegio del siglo XX) [...].”

problema e indica que o CO₂ seria um dos fatores desse aumento das temperaturas nas regiões do globo, resultante da industrialização do último século e da poluição atmosférica (LADURIE, 1990).

O CO₂ como o gás causador do aumento de temperatura era uma discussão antiga no meio científico, anterior ao século XX. Vários foram os cientistas do século XIX que consideraram em seus estudos as propriedades do gás e seus efeitos atmosféricos, como por exemplo Alfred Russel Wallace, Svante Arrhenius, B. Ekholm, Lorde Kelvin, Joseph Fourier e Thomas Chamberlain. O então chamado “*ácido carbônico*” teria efeitos significativos sobre o clima, ao aumentar a temperatura das regiões onde houvesse maior incidência atmosférica deste (GRIBBIN, 1990; FLANNERY, 2007). Mas, foi entre o final de 1930 e na década de 1960 que as provas científicas da ligação entre o dióxido de carbono e sua propriedade de retenção de calor foram obtidas a partir dos trabalhos de dois cientistas, G. S. Callendar e Roger Revelle (CALLENDAR, 1938; REVELLE e SUESS, 1957).

O primeiro, engenheiro inglês, teria partido dos estudos de Arrhenius e calculado por volta de 1938 que o aumento de CO₂ na atmosfera seria o responsável pelo acréscimo de 0,05°C por década na temperatura do planeta desde 1850. Já Revelle, oceanógrafo do *Scripps Institute of Oceanography* em San Diego nos EUA, junto com o químico Hans Suess, do mesmo instituto, publicam em 1957 um artigo na revista *Tellus* em que teriam determinado que o CO₂ não era inteiramente absorvido pelos oceanos e permanecia na atmosfera por um longo período de tempo (GRIBBIN, 1990). Segundo Edwards (2010), Revelle após suas constatações deu início a uma rede de monitoramento do dióxido de carbono, com programas na Antártida e no Havaí.

Para o historiador Spencer Weart, o trabalho desenvolvido por Callendar e Revelle não teria um papel significativo no montante de suas pesquisas, sendo mesmo marginal, um ruído de fundo. As afirmações de Revelle, por exemplo, dado o caráter inicial do que foi publicado em 1957, teriam demorado a serem levadas em conta pela comunidade científica. Além disso, foi necessária a participação de outro cientista na formulação de uma base inicial para o enunciado do aquecimento global, Charles Keeling (WEART, 2006).

Conforme a descrição dada por Weart, Keeling teria dado sequência aos trabalhos de Revelle ao analisar os dados dos centros de monitoramento do dióxido de carbono na Antártida e no Havaí. As informações coletadas o levaram a traçar a quantidade de CO₂ atmosférico anual e mostrou em um gráfico que havia um aumento

significativo dentro dos padrões identificados por Revelle anos antes. No entanto, afirma Weart, “*Os dados de Keeling [...] Não constituíam exatamente o descobrimento do aquecimento global. Apenas descobriu a **possibilidade** de ocorrer [...]*” e que após estes estudos “*Aquela teoria curiosa e improvável saía do casulo e começava a voar como um tema serio de pesquisa.*” (WEART, 2006, p. 53) (grifo do autor)⁶³.

Junto aos trabalhos de Keeling também podemos relacionar os realizados por vários pesquisadores no mesmo período, anos 60, tal como: Syukuro Manabe, Joseph Smagorinsky, Richard Whetherald, entre outros. Eles se preocuparam em definir as quantidades de dióxido de carbono na atmosfera e também em fazer previsões do aumento das temperaturas para os próximos anos. Isso nos mostra que não houve uma linearidade (Callendar-Revelle-Keeling) nos trabalhos sobre aquecimento global, mas a presença de diversos pesquisadores que, por sua vez fizeram contribuições antes de 1970.

Manabe e Whetherald, meteorologistas da *Princeton University*, foram os primeiros, segundo Gribbin (1990), a desenvolver a noção de balanço energético do planeta⁶⁴. No estudo “*Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity*”, que publicam, a partir da ideia de balanço energético, em 1967 no *Journal of Atmospheric Sciences*, apresentam uma previsão para o aumento da temperatura média de em torno de 2.3°C em uma atmosfera com o dobro de CO₂ do que naquele momento (MANABE e WHETERALD, 1967).

Com os trabalhos de Manabe e Wheterald podemos entender que se fecha um ciclo na formação de uma base científica para o aquecimento global, que será utilizada em maior escala a partir da década seguinte, anos 1970, e também recentemente, pelo menos até 2005⁶⁵. Além de recolocar o gás em evidência quanto ao seu papel no sistema climático, é importante notar que esses cientistas (menos Callendar) continuaram a pesquisar e publicar textos durante o período, porém a quantidade de outros cientistas interessados em estudar o tema tinha crescido significativamente.

Durante a década de 1970, quando houve a repercussão desses trabalhos, as revistas *Science* e *Nature* publicaram todo o tipo de texto sobre o assunto. Naquele

⁶³ “*Los datos de Keeling [...] No constituían exactamente el descubrimiento del calentamiento global. Sólo habían descubierto la **posibilidad** del mismo [...]*” e “[...] *Aquella curiosa e improbable teoría salía ahora de su capullo y emprendía el vuelo como un serio asunto de investigación*”.

⁶⁴ A medida do total de entrada e de saída do planeta da radiação emitida pelo Sol; a sobra seria mantida dentro da atmosfera, representando a temperatura média.

⁶⁵ No capítulo 5 (1998-2005) vemos que os estudos sobre o balanço energético do planeta, desenvolvidos pelo climatologista James Hansen, foram considerados uma das peças chave para a validação do aquecimento global.

momento abriu-se um leque tanto de pesquisadores interessados em desenvolver o tema quanto de objetos de pesquisa, além de uma série de causas e consequências. O aquecimento global, ao contrário dos estudos sobre o resfriamento, apresentou uma dimensão maior que este, com uma complexidade bem ampla.

As pesquisas publicadas nas revistas *Science* e *Nature* sobre o aquecimento global não trazem informações ou enunciados inquestionáveis que poderiam por fim ao debate apenas pelas questões científicas envolvidas⁶⁶. Pelo contrário, as incertezas e as lacunas nos trabalhos marcam as afirmações que os pesquisadores fizeram em relação ao tema. Os enunciados da década de 1970 marcam o início das pesquisas e enunciados, que se prolongam nos anos e décadas seguintes.

Foi possível identificar os autores principais que pesquisaram o resfriamento, mas o mesmo fica difícil quando se trata do aquecimento global, pois uma variedade maior estudou este fenômeno. Um nome, entretanto, se destaca na literatura especializada: Wallace Broecker, professor da *Columbia University*, doutor em geologia. Para Weart (2006), este cientista teria sido um dos responsáveis, junto com outros na mesma época, por construir um modelo do ciclo do carbono na natureza a partir de sua interação com os oceanos. Levou em frente, portanto, as pesquisas anteriores a 1970. Broecker, em nossa análise, fez mais que isto, pois articulou e preencheu lacunas das pesquisas sobre o aquecimento que vieram antes dele.

No relatório “*Climate Change: are we on the brink of a pronounced global warming?*” publicado na *Science* em 1975, Broecker afirmou que o resfriamento recente teria levado cientistas a esquecerem do papel que o dióxido de carbono, produzido pelas atividades industriais, teria sobre o clima. Para ele, o resfriamento foi mais que compensado pelo aquecimento, algo que já notamos anteriormente, e tão logo a queda das temperaturas perdesse força, o aquecimento seria o principal fenômeno climático das próximas décadas. “[...] o efeito do CO₂ se tornará um fator significativo e na primeira década do próximo século nós experimentaremos temperaturas globais mais altas que em qualquer momento dos últimos 1000 anos [...]” (BROECKER, 1975, p. 461)⁶⁷.

Broecker escreve que o aquecimento era algo previsto segundo as leituras que os cientistas fizeram dos isótopos de oxigênio, portanto, incluído dentro do ciclo das

⁶⁶ Tanto isto se comprova que até os dias atuais ainda existem muitas dúvidas sobre as causas e consequências sobre o fenômeno climático.

⁶⁷ “[...] the CO₂ effect will tend to become a significant factor and by the first decade of the next century we may experience global temperatures warmer than any in the last 1000 years [...]”

mudanças climáticas naturais do planeta. O aquecimento como parte do estudo dos isótopos adquiriu um lugar no futuro climático planetário sem a ajuda das atividades antropogênicas. No entanto, a presença do ser humano como um elemento recente do mecanismo climático alterava essa perspectiva. Para ele, a partir de seus modelos computacionais, uma das possibilidades para o clima do futuro era de que a cada dez por cento de aumento na quantidade de CO₂ haveria o acréscimo de 0,03°C nas temperaturas médias; em 2000 o montante seria de 2,4°C de aquecimento.

Este resultado era similar àquele obtido por Syukuro Manabe e Richard Wheterald em 1967, utilizado por muitos cientistas como o padrão do aumento da temperatura para os próximos anos (MANABE e WHETERALD, 1967). Portanto, Broecker encaixava seu enunciado dentro das perspectivas de outros climatologistas, mas, acima de tudo, criava uma previsão climática embasada na junção da perspectiva dos ciclos naturais e da entrada dos efeitos antropogênicos. Afirmou sobre isto que:

As temperaturas globais irão aumentar dramaticamente nas próximas quatro décadas [...] Este aquecimento poderá, por volta do ano 2000, elevar a média das temperaturas acima da faixa experimentada pela humanidade nos últimos 1000 anos [...]. (BROECKER, 1975, p. 462)⁶⁸.

Não havia na concepção de Broecker a possibilidade de não ocorrer um aquecimento global. Essa certeza o levava a refletir sobre a intensidade do fenômeno e como isso iria afetar a humanidade: *“Nós podemos ter uma surpresa climática. O início de uma era de aquecimento induzida pelo CO₂ pode ser mais dramático que a ausência de variações climáticas naturais”* (BROECKER, 1975, p. 463)⁶⁹. Esse tipo de afirmação de Broecker podemos encontrar em outros artigos publicados anteriormente a 1975 nas duas revistas. Em 1972, J. S. Sawyer do *Meteorological Office* de Londres pela *Nature* escreveu em um comentário sobre os efeitos do dióxido de carbono no clima que os níveis do gás aumentavam, assim como indicado por Callendar. Naquele momento, os cientistas não trabalhavam com a hipótese de que o aquecimento era uma ameaça para a humanidade. Sawyer, por exemplo, não acreditava que o CO₂, em seus níveis atmosféricos, representasse um problema; deveriam ser apenas monitoradas as suas taxas (SAWYER, 1972).

⁶⁸“Global temperature would begin a dramatic rise which would continue for about four decades [...] This warming would by the year 2000 bring average global temperatures beyond the range experienced during the last 1000 years. Until chemical fuel consumption is dramatically reduced, global temperatures would continue to rise. Future natural cycles would merely modulate this ever-steepening rise [...].”

⁶⁹“We may be in for a climatic surprise. The onset of the era of CO₂-induced warming may be much more dramatic than in the absence of natural climatic variations”.

A certeza no argumento de Broecker veio com as pesquisas e os consensos sobre o aumento das temperaturas que surgiram antes da publicação de seu artigo e que nos anos seguintes foram confirmadas. De fato, um consenso sobre o quanto as temperaturas aumentaram, a definição de uma controvérsia interna e as pesquisas sobre as geleiras dos polos serviram para este propósito: tornar o aquecimento global um fenômeno real para este grupo de cientistas.

Tal consenso foi resultado de um longo processo de estudos e ajustes. Nos anos 1970, vários grupos científicos procuraram estabelecer o aumento das temperaturas nos cem anos anteriores. Cada uma destas equipes alcançou diferentes resultados, que variavam de 0,7°C até 9,6°C, sendo que um valor razoável teria sido estabelecido por volta de 1,5°C e 2,4°C, em 1975, pelo climatologista do *National Center of Atmospheric Research* (NCAR), Stephen Schneider. Valor que, como vimos, se aproxima dos estudos de Manabe e Wetherald e também de Broecker. Essa aproximação, segundo Gribbin (1990), teria sido suficiente para os cientistas chegarem ao consenso de que o aumento da temperatura média estaria em torno dos 2°C, levando em conta a variação de local para local, especialmente pelo fato de que, nos polos, esse efeito seria bem maior.

Um consenso que, no entanto, apesar de ainda hoje mantido, agora com um grau maior de exatidão (em torno de 1,6°C), foi estabelecido por uma minoria de cientistas climáticos, conforme Gribbin reconhece quando escreve que “*O consenso vem, de facto, de apenas uma mão-cheia de grupos, literalmente três ou quatro equipes, que trabalham com grandes modelos de MCG [Mudanças Climáticas Globais] [...].*” (GRIBBIN, 1982, p. 220).

Formulado por uma minoria ou não, o consenso serviu de parâmetro para as pesquisas que vieram na sequência. Estas seguiram duas linhas principais, a partir daquilo que foi possível constatar nas revistas *Science* e *Nature*. Em suma, os cientistas mantiveram os estudos relacionados ao ciclo do carbono e tentaram estabelecer suas consequências para o balanço energético planetário⁷⁰. Outra linha de trabalhos foi com

⁷⁰ Outros cientistas pesquisaram a possibilidade de outros gases que, através de emissões antropogênicas, iriam dinamizar o efeito estufa, tais como o óxido nítrico, o amônio e o metano. Foram trabalhos relacionados com a degradação da camada de ozônio, investigada na década de 1970, de que tratamos aqui no capítulo 4. Exemplo de pesquisa neste eixo temático conferir: WANG, W. C. et al., 1976. Neste trabalho participa o climatologista James Hansen, um dos principais cientistas sobre o aquecimento global no final da década de 1980 até os dias de hoje.

Foram realizados também estudos sobre o efeito estufa em outros planetas, Marte e Vênus, que procuravam semelhanças com este fenômeno na atmosfera terrestre. Um dos que desenvolveram essa

as geleiras dos polos, principalmente na Antártida. Duas linhas que estavam interligadas, pois a primeira procurava estabelecer os caminhos percorridos pelo dióxido de carbono e a segunda as consequências da sua permanência na natureza.

Pela primeira linha de pesquisas, as preocupações com o ciclo do carbono tinha como finalidade a compreensão, por parte dos cientistas, dos mecanismos de funcionamento, sua presença e absorção pela natureza. Definir a quantidade de CO₂ gerada era uma tarefa extremamente complexa, pois levaria em conta uma variedade de fatores. Além das emissões provenientes dos combustíveis fósseis nos anos 1970, alguns pesquisadores também incluíam a queima de florestas e de outras fontes de biomassa. Portanto, deveriam dar um passo a mais do que aquele que Callendar, Revelle e Keeling promoveram; cabia agora determinar as quantidades do CO₂ na atmosfera.

Para realizar essa tarefa, era preciso definir o quanto os oceanos e as florestas absorviam o gás. O jornalista da *Science*, Richard Kerr, em 1977, resumiu esta questão na matéria “*Carbon Dioxide and Climate Carbon Budget Still Unbalanced*”. O autor afirma que entre os pesquisadores surgiu uma controvérsia em relação a qual desses dois sistemas seria o principal responsável pela absorção de dióxido de carbono.

Até recentemente, era amplamente aceito que [...] parte era absorvido pelos oceanos e outra parte era capturado pelas plantas terrestres. Agora, entretanto, alguns biólogos estão afirmando que nenhum excesso de CO é armazenado por estas plantas, e alguns pesquisadores estão dizendo que o solo é uma importante fonte de CO₂. A conclusão óbvia de que todo o excesso de CO ficaria nos oceanos está sendo discutida por muitos oceanógrafos. Eles afirmam que os oceanos não conseguem absorver o CO₂ de forma tão rápida. (KERR, 1977, p. 1352)⁷¹.

A dificuldade se encontrava, conforme Kerr, nos conhecimentos básicos do ciclo de carbono que ainda eram desconhecidos pelos cientistas. Abria-se, dessa maneira, espaço para uma variedade de conclusões a respeito. “*Este debate entre perspectivas opostas está sendo pontuado pelas desculpas relacionadas a informações insuficientes ou incompletas, o que mostra o quão tênue é o atual conhecimento sobre o ciclo do*

linha foi o astrofísico Carl Sagan e sua equipe do *Laboratory for Planetary Studies* na *Cornell University* formada na época por O. B. Toon, James Pollack, P. J. Gierasch (SAGAN et al., 1973; SAGAN, 1977).

⁷¹ “Until recently, it had been widely accepted that part of the remainder entered the oceans and part was taken up by terrestrial green plants. Now, however, some biologists are maintaining that it is not likely that any of the excess CO is stored in land plants, and some researchers even contend that the land is a significant source of CO₂. The obvious conclusion that all the excess CO is in the oceans is, however, disputed by many oceanographers. They maintain that the ocean cannot take up CO₂ fast enough.”

carbono [...].” (KERR, 1977, p. 1353)⁷². Assim, entendemos que, mesmo com a rede de informações obtidas por várias tecnologias e técnicas, os cientistas envolvidos neste assunto ainda faziam uso de dados escassos, que levavam a incertezas e inseguranças em suas afirmações.

Weart (2006) escreveu que a controvérsia transcendeu os meios acadêmicos e gerou problemas políticos ao colocar em debate os grupos ambientalistas e a política conservadora do Governo Federal estadunidense. Ambos utilizavam as afirmações sobre a questão para obter benefícios. Assim, defensores das florestas reivindicavam a importância da conservação, enquanto os lobistas da indústria automobilística enfatizavam que os combustíveis fósseis não eram o principal problema climático, mas as florestas e o solo que gerava uma enorme quantidade de CO₂. Weart escreve sobre o clima político na época e nos diz que:

Enquanto os grupos ecologistas e industriais trocavam demandas intransigentes devido a uma brecha política cada vez mais ampla, a maioria dos cientistas tinham dificuldades para conseguir que se levasse em consideração opiniões menos categóricas. Os reporters, que buscavam histórias de impacto, apresentavam qualquer questão científica como se fosse uma luta entre dois grupos iguais e diametralmente opostos (WEART, 2006, p. 130)⁷³.

Essa controvérsia, no entanto, não altera significativamente o cenário que constituímos aqui; apenas revela que, mesmo internamente a um grupo de cientistas que tentavam comprovar o aquecimento global, não existia uma coesão. Ainda mais quando a controvérsia repercutiu nos meios sociais e serviu de suporte a posicionamentos políticos diversos. De qualquer forma, a solução para ela veio ainda durante a década de 1970.

A proposta do papel preponderante das florestas nas emissões de CO₂ foi promovida por George Woodwell, ecologista que, na década de 1970, trabalhava na *Woods Hole Research Center*. Também participou desta linha de pesquisa Bert Bolin, professor de meteorologia da *University of Stockholm*. Segundo Kerr (1977), Woodwell estudava a possibilidade de que o desflorestamento seria um dos principais geradores

⁷²“*This confrontation of opposing viewpoints has been punctuated by complaints of insufficient or incomplete data, and it highlights just how weak the present understanding of the global carbon cycle is [...].*”

⁷³“*Mientras los grupos ecologistas e industriales se intercambiaban demandas intransigentes por encima de una brecha política cada vez más ancha, la mayoría de los científicos tenía dificultades para conseguir que se prestase atención a opiniones menos categóricas. Los periodistas, que buscaban historias impactantes, solían presentar cualquier cuestión científica como si se tratara de una lucha frontal entre dos bandos igualados y diametralmente opuestos*”.

das emissões de CO₂. Sua pesquisa se baseava em dados provenientes das queimadas das florestas tropicais na América do Sul; o Brasil estava entre os países no qual o cientista buscava informações. Na afirmação de Kerr, “*Ele e alguns de seus colegas estimaram que a quantidade de carbono, que equivale a 80 a 160 por cento do que seria proveniente dos combustíveis fósseis, está sendo gerado a partir do desflorestamento [...]*.” Uma estimativa considerada “educada” por Woodwell (KERR, 1977, p. 1352)⁷⁴.

Em 1977, Bert Bolin publica na *Science* o artigo “*Changes of Land Biota and Their Importance for the Carbon Cycle*”, no qual segue a linha de Woodwell sobre o desflorestamento e as queimadas. Contudo, adota uma postura menos incisiva que seu colega, por considerar que esses fatores teriam sua contribuição, mas não como a principal fonte e sim como uma cota: “[...] *estimativas, [...] que estas mudanças implicam uma grande queda do total de carbono na matéria orgânica do solo durante o último século. Dessa forma, os seres humanos também devem ter adicionado dióxido de carbono na atmosfera [...]*.” (BOLIN, 1977, p. 613)⁷⁵. Bolin também menciona as taxas de absorção de dióxido de carbono pelos dois meios (florestas e oceanos); para ele os oceanos seriam o maior escoadouro do gás. Na mesma linha, temos também Minze Stuiver, biofísico e professor da *University of Washington*, que procurou incluir a biota e as florestas como fontes de CO₂ atmosférico, mas que não rivalizavam com as emissões dos combustíveis fósseis, apenas faziam parte do montante gerado (STUIVER, 1978).

Os oceanos, por sua vez, não seriam fontes de CO₂, mas serviam como mitigadores do gás na atmosfera e o absorviam em grande quantidade. Kerr escreve que os processos de interação entre os oceanos e o gás eram intrincados e sua análise científica levaria anos para obter uma comprovação definitiva, devido à lentidão dos processos oceânicos, especialmente a troca de calor entre as águas profundas e as superficiais. A controvérsia poderia durar décadas, até que resultados mais seguros sobre os oceanos fossem coletados, mas teve um ponto final em 1979, com a publicação de um artigo na *Science* assinado por Wallace Broecker e outro cientistas. Em “*Fate of Fossil Fuel Carbon Dioxide and the Global Carbon Budget*”, os autores, a partir de uma série de estudos, afirmam que:

⁷⁴ “*He and a number of his colleagues estimate that an amount of carbon equivalent to probably 80 to 160 percent of the fossil fuel CO₂ is being released as the net result of deforestation [...]*.”

⁷⁵ “[...] *estimates, [...] however, that these changes imply a significant decrease of the amount of carbon in organic matter on land during the last century. Thus humans have also been adding carbon dioxide to the atmosphere in this way [...]*.”

Se, tal como concluímos, a mudança da biomassa florestal nas duas últimas décadas foi pequena, a razão pode ser pela compensação dos efeitos opostos, em vez de uma indicação de que este reservatório não é grande o suficiente, nem tão variável, para desempenhar um papel-chave no balanço do carbono atmosférico. Tanto seu tamanho e sua complexidade testemunham isto (BROECKER et al., 1979, pp. 417-418)⁷⁶.

Dessa forma, as florestas, dentro da interpretação da equipe de Broecker, não tinham um reservatório suficiente de dióxido de carbono para se tornar uma fonte significativa do gás na atmosfera. Segundo Weart, a comprovação de que a relação entre a geração de dióxido de carbono pelas florestas e sua absorção fazia com que ambas fossem nulas, levou Woodwell a reconhecer o exagero de suas afirmações. A controvérsia teria alcançado um termo. Os oceanos teriam um papel mais importante e a produção de CO₂ florestal seria ínfima ou até mesmo nula (WEART, 2006).

Para a outra linha de pesquisa, sobre as geleiras, não identificamos grandes controvérsias internas. Apenas temos o contraponto com as pesquisas já mencionadas de George Kukla e Helena Kukla, de 1974, que afirmavam terem constatado um aumento na cobertura de gelo no Hemisfério Norte. De forma geral, vemos uma interpretação inversa da situação das geleiras nos estudos sobre aquecimento global: as geleiras diminuíram de extensão e a espessura das placas de gelo afinaram. Foram vários os grupos de cientistas que trabalharam com este objeto. Vamos identificar aqui as questões mais gerais envolvidas.

Em 1973, Ian Whillans, cientista do *Institute of Polar Studies*, publica um relatório de pesquisa na *Science* no qual entendia que a geleira conhecida pelos cientistas como *West Antarctic Ice Sheet* (WAIS) perdia sua espessura e extensão. Segundo o cientista, o desequilíbrio constatado na WAIS estava relacionado, muito provavelmente, ao clima da época. Na verdade, Whillans arrola uma série de variáveis para esse desequilíbrio, mas enfatiza, no começo de seu texto, o aspecto do “clima atual”: “*Uma causa climática possível para o derretimento é o aquecimento da superfície de - 1.2 x 10⁴ ocorrida anos atrás e o consequente aquecimento da massa de*

⁷⁶“If, as we conclude, the change in forest biomass over the last two decades has been small, the reason must be a chance compensation of opposed effects rather than an indication that this reservoir is neither big enough nor variable enough to play a key role in atmospheric carbon budgets. Both its size and its complexity testify to its significance.”

gelo [...]” (WHILLANS, 1973, p. 178)⁷⁷. Apesar disso, o autor não acredita que o derretimento da geleira tivesse um impacto considerável.

A ideia de que a WAIS estava em desequilíbrio era um ponto comum na maior parte das publicações encontradas nas revistas. J. A. Clark (*University of Colorado*) e C. S. Lingle (*University of Maine*), em um texto de 1977 pela *Nature*, também apontam para este indício. Ao que parece, segundo a informação que utilizaram, esta geleira se desintegrava fazia milhares de anos. Um processo que era parte de um ciclo natural ocorrido durante os interglaciais. Clark e Lingle, entretanto, não apontam causas, naturais ou não, do derretimento da WAIS; apenas indicam a leitura de outros autores que trataram do assunto. Entretanto, os autores trouxeram uma questão que se tornou chave para as pesquisas em geleiras que tinham o aquecimento global como parâmetro: a possibilidade desse derretimento aumentar os níveis dos oceanos. Assim, calcularam o quanto os oceanos iriam subir se a geleira continuasse a derreter. Para os cientistas, o nível dos oceanos não subiriam uniformemente, devido aos movimentos orbitais do planeta, e a região em torno do Havaí seria a principal prejudicada, com um aumento de 125% da altura do mar (CLARK e LINGLE, 1977).

A instabilidade das geleiras e a probabilidade de uma elevação dos níveis oceânicos gerou o alerta entre os climatologistas de saber o quanto esses dois problemas seriam dinamizados pelo aquecimento global. Com o consenso dos 2°C de temperatura média em mãos, cabia criar modelos que lhes pudessem indicar essa relação. Em 1978, J. H. Mercer do *Institute of Polar Studies* pela *Nature* assinou o artigo “*West Antarctic Ice Sheet and CO₂ Greenhouse Effect: a threat of disaster*”. Como na maioria das pesquisas anteriores, Mercer se baseia em uma atmosfera que contaria com o dobro de dióxido de carbono do que o estimado em sua época. Essa duplicação do gás seria alcançada em aproximadamente cinquenta anos, o que provocaria a rápida elevação dos oceanos, pela deterioração da geleira, em cinco metros (MERCER, 1978).

O que Mercer afirma sobre a altura (5 metros) que os oceanos atingiriam se manteve como um valor utilizado nos anos seguintes pelas demais pesquisas sobre o tema. Foi relativamente alterado apenas na década de 1990, nos relatórios do IPCC e por conta de outros estudos e bases de informações. Mas o que estes e os demais trabalhos aqui analisados levantavam era que o aquecimento global teria consequências

⁷⁷ “A possible climatic cause for the thinning is the surface warming of - 1.2 x 10⁴ years ago and subsequent warming of the ice mass [...]”

maiores que o resfriamento. Um saldo, caso o fenômeno fosse considerado pelos cientistas como verdadeiro, que levava à reflexão sobre as atividades humanas.

As pesquisas sobre o aquecimento global seguiram essas tendências em suas linhas de trabalho nos anos seguintes aos analisados neste capítulo, com poucas alterações de objetos estudados. Todavia, lidaram com os problemas encontrados sem terem de enfrentar também uma controvérsia com outra hipótese climática. Ao final da década de 1970, o aquecimento global sagrava-se vencedor da disputa científica com o resfriamento global.

4 - Resfriamento ou aquecimento? Um fim para a controvérsia

Quando olharmos para a situação climática na época, observamos que ela não ajudava no estabelecimento de nenhuma das duas hipóteses como válidas, pois era um período de baixas temperaturas e de uma série de flutuações climáticas que assolavam várias partes do planeta. Daniel Halacy Jr. (1980) afirma que, entre 1972 e 1974, o clima variou entre secas e chuvas intensas, além de ondas de calor e frio que reduziram a produção agrícola em diversos países. Essas flutuações estariam de acordo com a previsão dos ciclos naturais e enquadravam-se na teoria do resfriamento. O que teria feito mudar este quadro?

A bibliografia que trata do tema nos anos 1970 pouco nos auxilia em determinar as causas do fim dessa controvérsia. Mesmo porque, como já dissemos, a preocupação da maioria dos autores foi em relatar a história do aquecimento global, fenômeno que sobreviveu às discussões com o resfriamento. No entanto, temos condições de determinar algumas questões que contribuíram para o final dos debates.

Podemos considerar, inicialmente, que o encerramento das controvérsias se deu por volta dos últimos anos de 1970, quando o clima se encontrava estabilizado, apesar do inverno rigoroso nos EUA, que voltou a acontecer entre 1976 e 1978. Mas este final nos é dado tanto por algumas indicações contidas na bibliografia de apoio quanto pela leitura do documento final da *World Climate Conference* (WCC), quando o CO₂ era visto como um dos principais problemas ao clima do futuro (WEART, 2006; WMO, 1979).

Tendo como base essa datação, é possível fazer algumas considerações sobre o encerramento dessa disputa científica. Em primeiro lugar, o fortalecimento das pesquisas do aquecimento global, pelo número de cientistas que trabalharam com este

tema. Para Weart (2006, p. 140) a comunidade científica teria pendido para o lado do aquecimento “*Havia cada vez mais cientistas que acreditavam que o efeito de aquecimento seria a preocupação maior. Apenas uma linha de ataque não poderia causar uma segurança, mas vários trabalhos apontavam na mesma direção.*”⁷⁸. Segundo o historiador, portanto, a somatória de pesquisas fortaleceu o enunciado, causando a sua “vitória” frente ao resfriamento, que ficou restrito a alguns cientistas.

Além disso, conforme apontou John Gribbin (1990), naqueles anos, os enunciados do aquecimento foram ouvidos internamente à comunidade acadêmica, mas fora, na sociedade em geral, pouco ou quase nada repercutiu. Isso mostra que houve uma inversão entre o resfriamento e o aquecimento neste quesito. O primeiro fenômeno teve uma divulgação maior entre jornais e revistas populares, conforme vimos acima, com diversas manchetes que exploravam a possibilidade de uma nova era do gelo. Já o aquecimento obteve a adesão de mais cientistas, que por sua vez pesquisaram a respeito, e produziram novos fatos e enunciados.

Consideramos ainda que elementos referentes ao teor das pesquisas auxiliaram para pôr fim aos debates. Nisto, a perspectiva geográfica aplicada aos estudos de cada uma das vertentes em disputa é um fator significativo, pois existia uma diferença entre o resfriamento e o aquecimento relacionado ao recorte geográfico que os cientistas utilizaram nos trabalhos. Isso se caracterizou de duas formas: uma em relação ao foco aplicado por cada grupo em seus estudos; e outra, que diz respeito às consequências de cada fenômeno para a humanidade.

Quanto ao primeiro foco geográfico, os estudos sobre o resfriamento estavam centrados no Hemisfério Norte, o que levou os cientistas a interpretar os dados obtidos como uma tendência de queda nas temperaturas, pois, segundo J. H. Mercer em artigo já citado de 1978, esta metade do planeta estava sob influência dos aerossóis industriais e de atividades vulcânicas. Ao fazerem a média das temperaturas, a soma dos dois hemisférios, o aquecimento era mais evidente (MERCER, 1978).

À conclusão semelhante chegaram o físico atmosférico James Hansen e sua equipe no *Goddard Space Flight Center* da NASA, em 1981, em artigo para a *Science* “*Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide*”. Nesse texto, os autores escreveram que o Hemisfério Norte resfriou por volta de 0,5°C entre os anos de 1940 e

⁷⁸ “[...] Cada vez eran más los científicos que creían que el efecto invernadero constituía la principal preocupación. Una sola línea de ataque no podía proporcionar nunca seguridad, pero varios tipos de trabajos apuntaban en la misma dirección”.

1970, devido à pouca influência do CO₂ e o papel dos vulcões e aerossóis, exatamente como Mercer apontou anos antes (HANSEN et al., 1981). Portanto, era pelo ponto de vista geográfico que cada grupo encontrava o aquecimento ou o resfriamento.

Essa diferença teria sido resolvida quando as funções dos gases, os aerossóis e o dióxido de carbono na atmosfera tiveram novos estudos. Encontramos duas pesquisas que lidaram com isto: um primeiro em que havia certo equilíbrio nas funções de ambos, tal como escreve John Gribbin (1975a) na matéria “*Aerosols and Climate: hotter or cooler?*” na *Nature* em 1975, quando isto era característico de um quebra-cabeça que basicamente dependia da localização em que os cientistas encontravam esses aerossóis na atmosfera e sua relação com as nuvens. Segundo ele,

[...] atuando como “sementes” para a formação de gotículas, eles podem aumentar a cobertura de nuvens, ampliando a reflexividade da Terra e produzindo o resfriamento global. Por outro lado, se as partículas simplesmente se conectarem a gotículas existentes então nuvens “suja” são produzidas, as quais poderão absorver mais radiação e produzir o aquecimento global [...]. (GRIBBIN, 1975a, p. 162)⁷⁹.

Na *Nature* em 1978, teremos um segundo momento, como mostra o estudo “*Climatological Effects of Atmospheric Particulate Pollution*”, de autoria dos climatologistas S. B. Idso da *US Water Conservation Laboratory* e A. J. Brazel da *University of Arizona*. Para eles, a localização era importante, mas não significava uma simples relação de quase neutralização dos efeitos dos gases. Idso e Brazel afirmam que os gases que provocavam o resfriamento, derivados principalmente das erupções vulcânicas, ficavam na estratosfera, em uma grande altura, provocando a queda das temperaturas, mas sem grande impacto, enquanto os gases do aquecimento ficavam na baixa troposfera, o que elevava as temperaturas na superfície (IDSO e BRAZEL, 1978). Conclusivo ou não sobre o problema, o estudo de Brazel e Idso indica que, naquele momento, ainda se mantinha a perspectiva de um resfriamento por conta dos aerossóis, mas eles não representavam um problema tão grave quanto o aquecimento.

A segunda questão geográfica que apresentamos como significativa para o fim das controvérsias vem com o problema dos efeitos das mudanças climáticas para a

⁷⁹ “[...] acting as “seeds” for droplets formation, they might increase cloud cover, increase the Earth’s reflectivity, and produce a global cooling. On the other hand, if the particles simply attach themselves to existing droplets then “dirty” clouds are produced, which could absorb more radiation and produce a global warming [...]”

produção agrícola. Ambos os enunciados, resfriamento e aquecimento, se utilizam do argumento. Para o resfriamento, o argumento foi expresso por Reid Bryson, quando escreve em seu livro com Thomas Murray que:

[...] um clima frio e variável traz problemas sérios para a produção mundial de alimentos. O atual resfriamento está concentrado nas regiões polares, nas altas latitudes, e quando essas áreas esfriam, as monções podem falhar. As altas latitudes estão resfriando por aproximadamente três décadas e metade dos famintos do mundo estão concentrados nas áreas de monções (BRYSON e MURRAY, 1977, p. 155)⁸⁰.

O resfriamento alteraria o regime das monções, prejudicando a produção em países que já sofriam da escassez de alimentos. Louis Thompson, da *Iowa State University*, teve a mesma conclusão de Bryson e Murray, em um artigo de 1975, “*Weather Variability, Climatic Change, and Grain Production*”. Apesar de o autor não se identificar com uma ou outra hipótese, fazendo menção a todas em seu texto, ele dá ênfase ao resfriamento, por ser a tendência climática que vigorava nas últimas décadas anteriores. O autor considerou que, se o arrefecimento continuasse até o ano 2000, sua consequência “[...] *pode ser apenas um pouco prejudicial para a produção de grãos nas latitudes médias, mas qualquer redução causaria serias consequências, pois há poucas reservas de grãos no mundo.*” (THOMPSON, 1975, p. 539)⁸¹. O problema novamente aparece para regiões como a África e o Sul da Ásia, cuja fome era uma questão social grave. E se houvesse a continuidade do resfriamento depois no próximo milênio, a mudança nas monções iria afetar as regiões localizadas nas altas latitudes do globo, onde a produção de arroz era a principal atividade agrícola. Uma inversão das expectativas de Bryson e Murray (THOMPSON, 1975).

Quanto aos efeitos na agricultura relacionados ao aquecimento global, eles eram de dois tipos: um benefício ou um problema para a humanidade. Quanto ao benefício, nós temos as considerações feitas por J. Hansen e seu grupo no artigo de 1981. Para eles a possibilidade de duplicação do CO₂ na atmosfera aumentaria a rapidez de crescimento das plantas, além de expandir o período de colheita. Isto também beneficiaria a produção agrícola no Norte da África e no Oriente Médio, marcando quase que uma

⁸⁰ “[...] *a cooling and variable climate brings serious problems for world food production. The present cooling is concentrated in the pole ward regions, the high latitudes, and when these areas cool, the monsoons tend to fail. The high latitudes have been cooling for nearly three decades, and the hungry half of the world is concentrated in the monsoons lands.*”.

⁸¹ “[...] *might be only slightly detrimental to the production of grain in the middle latitudes, but any further reduction at this time could have serious consequences since there are such small reserves of grain supplies in the world.*”

inversão daquilo que a tendência ao resfriamento predizia. Mas, segundo os cientistas, era necessário compreender melhor os processos inerentes ao aquecimento global, pois esse suposto benefício não significaria que a população mundial seria melhor alimentada: “*Não é obvio se o mundo será mais ou menos capaz de alimentar sua população [...].*” (HANSEN et al., 1981, p. 965)⁸².

A dificuldade em afirmar se o aquecimento poderia trazer esse benefício para a população mundial vinha dos problemas que o fenômeno causaria na agricultura. Novamente em Hansen e seu colegas temos a reflexão sobre isto. Se haveria a modificação no regime de monções na manutenção do resfriamento, na tendência do aquecimento, em uma situação de duplicação das quantidades de dióxido de carbono na atmosfera, os cientistas afirmaram que o modelo climático identificou “*Uma grande modificação regional [...] com a criação de condições quentes e secas em boa parte dos dois terços ocidentais dos Estados Unidos e Canadá e em amplas áreas da Ásia Central [...]. No entanto, o modelo mostra que muitos outros lugares, especialmente nas regiões costeiras, ficariam mais úmidas com o CO₂ duplicado.*” (HANSEN et al., 1981, p. 965)⁸³. Algo que tornaria comum a seca que os habitantes dos EUA haviam enfrentado em 1981. Além disso, eles entendem que as modificações no clima regional, como as apresentadas, levariam a enormes esforços humanos relacionados à readaptação no uso dos solos e nas características dos cultivos, além da necessidade de deslocamentos populacionais (HANSEN et al., 1981). Questões como estas do artigo de Hansen podem ser encontradas com as mesmas conclusões em outros autores.

Podemos, assim, considerar que havia certo equilíbrio entre os problemas que ocorreriam na produção de alimentos para os defensores dos dois enunciados. Ambos apresentaram condições catastróficas para a questão no futuro da humanidade, apesar dos possíveis benefícios do aquecimento global. Todavia, chama-nos a atenção que, para o cenário dos EUA, uma característica do aquecimento global teria uma importância política maior que a do resfriamento. Enquanto neste último, os principais afetados, pelo menos em um primeiro momento, seriam os países empobrecidos e com dificuldades em alimentar sua população, no aquecimento global, o foco mudava. Com a elevação das temperaturas, a produção agrícola dos EUA seria prejudicada, alterando o clima regional e consequentemente reduzindo suas atividades neste setor.

⁸² “*It is not obvious whether the world will be more or less able to feed its population [...].*”

⁸³ “*A major regional change [...] was the creation of hot, dry conditions in much of the western two-thirds of the United States and Canada and in large parts of Central Asia [...]. However, the model shows that many other places, especially coastal areas, are wetter with doubled CO₂.*”

John Gribbin toca neste assunto no livro de 1982. Ele também considera, assim como a equipe de Hansen, que o aquecimento podia beneficiar os então chamados países do terceiro mundo, onde a fome era um problema grave. Ao mesmo tempo, no entanto, iria prejudicar o comércio mundial, pois os excedentes produzidos pelo EUA e Canadá eram, conforme o autor (1982, p. 245), “[...] *o seguro do mundo contra a fome e, se as condições mudarem, milhões de pessoas podem morrer de fome durante o período de ajustamento, mesmo que no fim mais alimentos possam ser cultivados [...]*.” Ou ainda em outra passagem do mesmo livro: “[...] *no mundo real, uma redução de 10 por cento nas colheitas da América do Norte cortaria, de repente, todo o excedente possível para os esfomeados de outras partes do mundo. Este é o risco mais imediato e realístico associado ao efeito de estufa.*” (p. 246). O ajustamento a que Gribbin se refere trata da já comentada possibilidade do terceiro mundo passar a produzir alimentos com o aquecimento global.

Tanto o aquecimento global quanto o resfriamento podem trazer consequências geopolíticas importantes para o planeta, mas apenas o primeiro traria um problema imediato para os EUA. Assim, havia um foco geográfico significativo para que o apelo político do aquecimento global, naquele período, fosse levado em conta pela população e pelos administradores do país.

O resfriamento, portanto, foi considerado um fenômeno relacionado às mudanças naturais no ciclo climático, já que os vulcões ou as atividades humanas não seriam suficientes para gerar uma alteração rápida nas temperaturas. Tal como destacamos acima, Reid Bryson tinha apresentado uma análise em que a poeira justificava grande parte da variação climática dos trinta anos anteriores (mais exatamente o resfriamento entre 1940-1970). Isso fez com que o cientista considerasse a hipótese de um “vulcão humano” em operação. A constatação de Bryson se manteve como explicativa de muitas variações, mas no início dos anos 1980, segundo John Gribbin, a partir de outros estudos desenvolvidos, ela passou a ser marginal, representava apenas uma compensação das flutuações do clima, algo como um ajuste dentro do mecanismo climático terrestre (GRIBBIN, 1982).

Por sua vez, o dióxido de carbono ganhava cada vez mais espaço entre os pesquisadores climáticos. Em 1981, no artigo já mencionado da equipe de Hansen, a emissão antropogênica do CO₂ e seus efeitos climáticos seriam o mais interessante fenômeno que o ser humano conduzia e os autores arrolam uma série de consequências e de previsões para o aquecimento global nos anos seguintes.

Isto nos leva à última e mais importante causa de encerramento dos debates entre resfriamento e aquecimento: a questão política. Temos nesta a retomada de grande parte da discussão sobre a poluição atmosférica que analisamos no começo deste capítulo. A diferença, neste momento, é que os cientistas discutiam a atuação do CO₂ como um elemento gerador de uma mudança climática fora dos padrões. Portanto, fizeram a ligação entre os anseios sociais pela melhoria do meio ambiente, junto à demanda por políticas públicas e financiamento para a continuidade das pesquisas. O apelo social do aquecimento global era maior que o do resfriamento. Já havia, portanto, no contexto histórico dos cientistas que apostavam no aquecimento, bases estáveis para promover a discussão.

Por fim, a estas perspectivas das pesquisas adicionamos uma outra questão política: o problema energético. Vários foram os editoriais e matérias publicadas nas revistas, em diversos momentos de 1970 e início dos anos 1980, que faziam comentários sobre o futuro da matriz energética mundial e a necessidade de diminuição das emissões de poluentes, principalmente o CO₂. Mostravam que havia uma preocupação latente com a relação entre energia e clima, que se configurou depois como um argumento em artigos científicos sobre o tema.

Como pano de fundo dessa preocupação com clima e energia, podemos listar também uma de origem econômica, pois, durante a década de 1970, os países maiores produtores de petróleo, organizados sob a tutela da *Organização dos Países e Exportadores de Petróleo* (OPEP), promoveram um aumento considerável nos preços dos produtos, algo que provocou o conhecido “choque do petróleo” em dois momentos, um em 1973 e outro em 1979 (COLACIOS, 2009).

O aumento do preço do barril variou, nesses anos, de dois dólares para trinta dólares. Essa nova realidade energética colocou os países consumidores de petróleo em xeque, tendo que buscar fontes alternativas para suprir a demanda cada vez mais crescente de energia em seus territórios. Energia solar, eólica e a biomassa foram consideradas pela sua possibilidade de uso em larga escala (COLACIOS, 2009).

Aliada a este problema econômico, a perspectiva de um aquecimento global provocado pelas emissões de CO₂ entrou no meio das discussões e fortaleceu o ponto de vista daqueles que promoviam a entrada na matriz energética das fontes alternativas. Substituiria o petróleo e seus derivados e amenizaria a crise energética enfrentada por vários países, inclusive os EUA. Em um editorial de 1977, o editor-chefe da *Science*, Philip Abelson, escreveu que, numa perspectiva futura, o uso dos combustíveis fósseis

aumentaria consideravelmente, mas que outras formas de energia iriam ter um papel significativo. A expectativa era de que o dióxido de carbono dobrasse sua quantidade no milênio seguinte, o que alertou a mídia e o público em geral. Para Abelson, o aquecimento global era o perigo que mais chamava atenção, sendo necessário então o aumento das verbas governamentais dos EUA para a pesquisa deste fenômeno (ABELSON, 1977).

O cientista político do *Institute of Polar Studies*, Michael Glantz, tinha uma perspectiva parecida com a de Abelson. Em uma coluna para a *Nature*, em 1979, “*A Political View of CO₂*”, apresenta o CO₂ enquanto um problema que ganhava maior importância científica e socioeconômica. Glantz repete o mesmo dado sobre a duplicação do gás para o milênio seguinte: considerava isto como um evento de impacto ecológico e social que deveria ser tratado com muito cuidado, tanto por políticos quanto pelos cientistas. Um problema que deixou de ser apenas relacionado à poluição atmosférica, mas “[...] aparentemente uma crise ‘iminente’ e, portanto, necessitando de um tipo especial de tomada de decisão, uma que combine os elementos positivos da ‘crise’ com atitudes cautelosas.” (GLANTZ, 1979, p. 190)⁸⁴. Esses processos de decisões políticas deveriam vir acompanhados dos apelos ambientais, para incitar o público a desejar tal substituição da matriz energética baseada nos combustíveis fósseis pelas fontes alternativas (GLANTZ, 1979).

A perspectiva de Abelson e Glantz era também corroborada pelos cientistas que trabalhavam com a hipótese do aquecimento global. Novamente, no artigo de 1981 do grupo de J. Hansen, entre as formas que consideram para deter o aumento das temperaturas está a utilização de outras fontes energéticas, tal como os combustíveis sintéticos e a expansão das usinas nucleares. Essa troca poderia fazer com que o aquecimento fosse reduzido em torno de 2,5°C dentro das previsões de elevação para o próximo milênio, que eram de 4,5°C. Porém, apenas dois cenários futuros seriam ideais na concepção destes cientistas “*O aquecimento é de apenas um pouco mais que 1°C tanto para (i) nenhum aumento da demanda energética, com o óleo e o gás esgotados sendo substituídos por combustíveis não fósseis, ou, (ii) baixo crescimento da demanda*

⁸⁴ “[...] might seem as an ‘impending’ crisis and, therefore, in a need of special type of decision-making process, one that combined the positive elements of a ‘crisis awareness’ with cautious decision-making”.

energética, com o carvão e os combustíveis sintéticos extintos a partir de 2000.” (HANSEN et al., 1981, p. 964)⁸⁵.

A relação entre clima e matriz energética foi um argumento comum encontrado em grande parte dos textos relacionados ao aquecimento global. A dificuldade em estabelecer as futuras taxas de utilização de energia no planeta levava também os cientistas a criarem hipóteses sobre o aumento da temperatura mundial, sendo, dessa maneira, uma relação implícita entre ambos os fatores. Para John Gribbin, em seu livro de 1990, essa relação entre energia e aquecimento global era importante porque “*A forma mais direta de reduzir os gases do efeito estufa [...] é queimar menos combustíveis fósseis – de maneira mais realista, nós deveríamos focar em diminuir o consumo de tais combustíveis [...].*” (GRIBBIN, 1990, p. 235)⁸⁶.

A solução para o aquecimento global não partia apenas das pesquisas científicas, mas das decisões políticas, no caso, com a redução do consumo energético. Este argumento, em nosso entendimento, somado à questão da agricultura e à elevação dos níveis oceânicos e suas consequências, criava um apelo social em torno da hipótese do aquecimento global, algo que o resfriamento não tinha conseguido. Muito provavelmente, por ter sido um enunciado que ficou vinculado aos ciclos da natureza, não convenceu a comunidade científica e nem a sociedade de sua importância imediata. O resfriamento tornou-se, tal como Gribbin (1982) escreveu, “parte do folclore climático”, enquanto o aquecimento tomou o papel de protagonista nas décadas seguintes entre os principais problemas ambientais que a humanidade deveria enfrentar.

A “vitória” do aquecimento global frente ao resfriamento não significou, entretanto, que seu enunciado tivesse se mantido, nos anos seguintes, sem nenhum debate. Não tendo outra teoria que rivalizasse com o fenômeno, houve aquilo que consideramos como o direcionamento das discussões, um processo em duas fases: no primeiro houve uma espécie de retrocesso, pois ao mesmo tempo em que o fator político foi preponderante no encerramento da controvérsia, ele barrou o andamento dos

⁸⁵ “*The warming is only slightly more than 1°C for either (i) no energy growth, with depleted oil and gas replaced by non-fossil fuels, or (ii) slow energy growth, with coal and synfuels phased out beginning in 2000.*”

⁸⁶ “*The most direct way to reduce emissions of greenhouse gases [...] is to burn less fossil fuel – more realistically, we should aim to minimize the increase in the rate at which such fuels are being consumed [...].*”

trabalhos científicos até pelo menos 1998, com o Protocolo de Kioto. A segunda se deu com as controvérsias internas ao grupo de cientistas envolvidos com a questão, ao discutirem sobre os mecanismos de funcionamento do fenômeno, ou melhor, suas causas e consequências. Essas questões, apesar de parecerem superadas, conforme aquilo que discutimos neste capítulo, veremos que tomaram uma proporção diferente entre o final de 1980 até 2005. Analisamos isso no capítulo 5. O próximo capítulo tem como mote o inverno nuclear.

Capítulo 3

Ciências e Guerra no Inverno Nuclear (1983-1992)

No ano de 1988, a edição de número 13 da revista em quadrinhos inglesa *Hellblazer* trazia como enredo um sonho que teria tido o personagem principal John Constantine¹. No sonho ele caminhava em uma praia lotada de banhistas, quando de repente uma usina nuclear que fazia parte da paisagem explodiu sem nenhuma explicação. Após várias cenas de destruição, Constantine reaparece junto a um garoto maravilhado com os pelicanos que caíam mortos sobre a areia. Constantine então lhe explica que era isso o que acontecia durante o inverno nuclear² (HELLBLAZER, 1988).

Apesar de servir de enredo para uma história em quadrinhos, o inverno nuclear era, então, tema de controvérsias científicas³ que ocuparam as páginas das revistas *Nature* e *Science* de 1983 até meados de 1987, quando perde força em decorrência das críticas que recebeu. Sua presença em uma ficção mostra a dimensão que uma hipótese científica pode atingir. Além da revista *Hellblazer*, o enunciado também esteve presente em livros, filmes e documentários⁴.

O inverno nuclear era definido por seus formuladores, o grupo TTAPS, pela seguinte hipótese: na ocorrência de um ataque nuclear entre as duas superpotências da época, além dos efeitos imediatos, surgiria uma nuvem de partículas e de poeira que cobriria o globo terrestre por cerca de um ou dois anos e a temperatura na superfície diminuiria de -15°C até a -30°C. O frio intenso tornaria inviável a sobrevivência dos seres vivos no planeta. Mesmo que houvesse sobreviventes, esses provavelmente ficariam submetidos a uma situação climática extremamente difícil para a manutenção da vida⁵.

Como indicado no primeiro capítulo, encontramos um total de 22 documentos relacionados ao tema na *Science* e outros 54 na *Nature* no período de 1983 a 1992.

¹ John Constantine era um místico inglês que enfrentava demônios em busca da redenção de seus pecados. A série foi filmada em 2005 por Hollywood, com o ator Keanu Reeves interpretando o personagem.

² “Yeah, that’s what happens in the Nuclear Winter, kid.” (*Hellblazer*, 1988, p. 11).

³ A definição de controvérsias aqui segue a linha geral discutida na introdução desta tese, pela definição dada por Dominique Pestre, em que as controvérsias são uma etapa da negociação científica de construção de fatos, que estabelecem um consenso particular em meio a uma variedade de outras proposições.

⁴ Especificamente os livros de ficção de Joshua Corin “*Nuclear Winter Wonderland*” (2008) e de Terry Deary “*The Nuclear Winter Man*” (1997) e o filme “*The Day After*” de 1983.

⁵ Enunciado baseado na descrição feita por Carl Sagan. (SAGAN et al., 1985). Como veremos, houve variações em estudos realizados por outros grupos científicos, com metodologias e equipamentos diferentes. Entretanto, a perspectiva da queda nas temperaturas e demais consequências previstos no enunciado eram semelhantes.

Focamos em textos que consideramos fundamentais para a compreensão das controvérsias. Analisamos os discursos científicos, mas destacamos o debate entre o grupo TTAPS e seus interlocutores com ênfase no elemento político dessa discussão.

Essas escolhas justificam-se em primeiro lugar pelo protagonismo destes pesquisadores em estudar, divulgar e debater com outros cientistas a hipótese científica. Em segundo, por entendermos que o fator político foi decisivo nas controvérsias, tanto pelas tentativas do TTAPS (e de outros grupos científicos envolvidos) em tornar o enunciado aceito pela comunidade científica e pela sociedade, quanto pelo conflito com seus críticos, que levou o inverno nuclear a ser tema de uma disputa ideológica em meio ao período conhecido como “Guerra Fria”.

O inverno nuclear, tal como exposto acima, foi elaborado a partir de uma longa pesquisa⁶ realizada pelo grupo que ficou conhecido pela sigla **TTAPS**, formada pelos nomes dos cientistas Richard P. Turco, Owen B. Toon, Thomas P. Ackerman, James B. Pollack e Carl Sagan. Todos tiveram contato profissional entre si desde a década de 1970, quando participaram em pesquisas sobre poeira atmosférica, erupções vulcânicas, camada de ozônio ou em projetos espaciais da NASA, como o que lançou a sonda espacial *Mariner 9* a Marte.

Eram pesquisadores com variada especialidade científica: Sagan, astrofísico, atuava na *Cornell University*; R. Turco, doutor em engenharia elétrica e física, trabalhava na *R&D Associates*⁷; os demais membros eram cientistas espaciais e funcionários do *Ames Research Center* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (BADASH, 2009). James Pollack, inclusive, foi aluno de Sagan em Cornell.

O grupo teve a liderança de Sagan, especialmente na promoção do enunciado em conferências, com participação em reuniões de cúpula de governos e mesmo ao sensibilizar a Igreja Católica sobre o tema. Eles escreveram diversos artigos e fizeram parte dos fóruns de discussões das revistas científicas *Science* e *Nature*. Também foram alvo de tentativas de descrédito público, acusados de fazer política em vez de ciência ou de especular sobre planos militares e o futuro dos EUA.

⁶ A informação fornecida por Carl Sagan e outros membros do TTAPS indica que os trabalhos relacionados ao tema começaram no ano de 1971 e por mais de dez anos eles fizeram diversos estudos, criaram modelos computacionais, simulações, equações relacionadas ao tema. Veremos isto com maiores detalhes mais a frente (SAGAN et al., 1985).

⁷ Laboratório privado dos EUA.

A liderança de Sagan foi marcada pelas tentativas do cientista em promover um debate público sobre as armas atômicas e as consequências de seu uso para o planeta. Tal liderança aconteceu tanto por sua fama⁸ e atuação política, quanto por ter sido aquele que instigou os demais membros da equipe a pesquisarem sobre o assunto; pode ser considerado como o autor intelectual do inverno nuclear. Segundo nos informa o historiador estadunidense Lawrence Badash, que escreveu sobre o tema, a participação de Sagan no desenvolvimento dos cálculos e nos modelos foi restrita a dar ideias e ficou a cargo de Richard Turco o encaminhamento dos trabalhos científicos do grupo (BADASH, 2009). De qualquer forma, interpretamos aqui que o TTAPS era o “grupo de Sagan”, dado que, em grande parte, os argumentos críticos ao enunciado foram direcionados a ele e o astrofísico não se eximiu da responsabilidade de ser o porta-voz da equipe.

O TTAPS iniciou a divulgação dos resultados da pesquisa em abril de 1983, a partir de um evento fechado em Cambridge, e só depois, no final do ano, de outubro a dezembro, promoveram um grande evento e a publicação de textos na revista científica *Science*, como também em uma revista popular, a *Parade*.

Na sequência dessa divulgação do grupo de Sagan, outros cientistas elaboraram novos estudos e trouxeram outras características ao enunciado sobre o inverno nuclear. Pesquisas com variação de cenários, focos, objetos, que apareceram nos meios científicos e sociais de 1984 até 1987, período no qual observamos um debate intenso sobre o tema. São quatro os grupos científicos principais que desenvolveram trabalhos: dois oriundos do governo dos EUA: o *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e o *Department of Defense* (DOD); e outros dois de instituições independentes como a *Scientific Committee on Problems of the Environment* (SCOPE) e a *National Academy of Science* (NAS) (SAGAN, 1997).

A pesquisa do SCOPE, publicada em 1986, trouxe o resultado de dois anos de trabalhos e envolveu cientistas de diversos países. O documento saiu em dois volumes, com aproximadamente 900 páginas sobre o inverno nuclear, focou nas consequências físicas e biológicas da guerra nuclear e seus organizadores seguiram a divisão feita pelo TTAPS sobre o tema (T. P. Ackerman, membro do TTAPS foi um dos organizadores desse relatório). A pesquisa da NAS, divulgada em 1984, no mês de dezembro, contou com a participação de dois cientistas do TTAPS, Toon e Pollack, e desenvolveu o tema

⁸ Sagan era conhecido dentro e fora do país por suas séries de televisão, livros e entrevistas que divulgavam o conhecimento científico para um amplo público.

relacionado às consequências físicas da guerra nuclear. Interessante notar que o relatório da NAS não utilizou o termo “inverno nuclear” em todo o texto (BADASH, 2009).

As investigações desenvolvidas pela NOAA e DOD foram simbólicas das preocupações do governo estadunidense sobre o assunto. A primeira, que teve um orçamento de quatro milhões de dólares, pesquisou os vários pontos levantados pelo TTAPS. O estudo promovido pelo *Department of Defense* teve como objetivo estabelecer a relação entre o enunciado e a estratégia militar de defesa dos EUA (BADASH, 2009).

Essas pesquisas, publicadas após a divulgação do TTAPS em 1983, serviram tanto para acrescentar e modificar, quanto para refutar as pesquisas do grupo; de maneira geral elas aumentaram o debate sobre o enunciado científico. Mesmo ao adicionar ou questionar as conclusões da equipe de Sagan, o enunciado em si não sofreu alterações significativas e manteve a mesma base: uma mudança brusca no clima terrestre devido a nuvem de poeira e fumaça após explosões nucleares.

Cada uma dessas pesquisas teve repercussão nas páginas das revistas *Science* e *Nature*, com comentários pelos cientistas envolvidos no tema em notícias e editoriais ou na sessão de cartas. Após as divulgações de 1983, as controvérsias tiveram início e encaminharam os argumentos para diversos pontos abordados na pesquisa do grupo de Sagan. Temos dois vieses principais, que enquadram nossa preocupação aqui: 1) as tentativas de descrédito científico, tanto do trabalho desenvolvido quanto dos pesquisadores que participaram das discussões e 2) o foco nas incertezas científicas que faziam parte do estudo, como forma de rebaixar a hipótese científica à categoria de ficção, literatura alarmista de cunho político.

1- Ciência, política e corrida armamentista no contexto da Guerra Fria.

As consequências das explosões de uma guerra nuclear não eram uma preocupação nova no ano de 1983, momento de divulgação da pesquisa do TTAPS. A Igreja Católica se manifestava desde 1981 sobre isso por meio da Pontifícia Academia de Ciências. Nos EUA, cientistas de várias especialidades, inclusive os membros do grupo de Sagan, tinham esboçado um interesse na questão na década anterior, anos 70.

Os soviéticos se dedicavam a estudos parecidos havia pelo menos trinta anos⁹. Portanto, o enunciado científico do inverno nuclear não era algo inédito. Então, o que tornou este um tema controverso ao longo de alguns anos da década de 1980?

Quando Sagan e seus colegas expõem publicamente o inverno nuclear já existiam discussões no meio científico sobre as mudanças climáticas no planeta: estudos voltados para a destruição da camada de ozônio pelos CFCs, também pesquisas que procuravam entender o funcionamento da atmosfera e trabalhos sobre a composição atmosférica de outros planetas. O possível resfriamento, com uma nova era glacial ou então o aquecimento da temperatura eram temas que já tinham sido discutidos. Questões estas já apresentadas no capítulo anterior.

Dessa forma, entendemos que havia no contexto científico dos anos 1980 a tecnologia, as teorias científicas e a metodologia de pesquisa que davam o suporte e a necessária estrutura para o desenvolvimento da pesquisa sobre o inverno nuclear. Como veremos mais adiante, quando analisamos o trabalho do TTAPS, o objeto de estudo era uma preocupação de Sagan desde 1971 e, durante toda essa década, ele e outros membros do grupo publicaram estudos que serviriam de base para o enunciado que viria em 1983.

O caminho científico, portanto, estava aberto alguns anos antes da divulgação dos resultados. Mas isto por si só não é suficiente para explicar a dimensão que o inverno nuclear ganhou entre cientistas e a sociedade dos EUA e de vários outros países; nem a forma que caracterizou o discurso científico de Sagan sobre o tema, dotado de tons políticos, que seriam a base de muitas críticas recebidas pelo TTAPS. O contexto político, portanto, nos serviria como variável para o entendimento do que aconteceu.

A pesquisa do TTAPS fez parte do contexto da Guerra Fria. De fato, toda discussão sobre o tema estava inserida no ideário deste período. Um debate que não estava centrado apenas nas consequências das explosões nucleares. Era o resultado de uma série de outras preocupações da época, tal como desarmamento, dissuasão nuclear, corrida armamentista, balanço militar, as guerras indiretas (Vietnã, Coréia), crises diplomáticas etc. Questões que movimentavam diversos segmentos das sociedades em

⁹ A informação sobre os estudos soviéticos consta no livro de Carl Sagan e outros (1985) sobre o inverno nuclear. Todavia, não encontramos, nem na *Science* nem na *Nature*, artigo destes autores anteriores ao ano de 1983.

torno da disputa ideológica que guiava as ações políticas (e militares) entre os blocos antagônicos, EUA e URSS e seus aliados.

Um contexto que pode ser balizado por alguns fatores: o apelo moral pelo desarmamento, as pesquisas científicas anteriores à divulgação do enunciado, o alarmismo social, o neoliberalismo que ganhava força no governo de Ronald Reagan nos EUA e de Margareth Thatcher na Inglaterra e uma escalada armamentista que não foi controlada nem mesmo com a assinatura de tratados políticos pelas duas superpotências da época. Mas teve como ponto de inflexão principal a discussão da proposta do governo estadunidense sobre a construção de um escudo balístico no espaço, o *Strategic Defense Initiative* (SDI), também conhecido como projeto *Star Wars*¹⁰. Um momento de tensão, que caracterizou a Guerra Fria e que teve nuances dadas por esses outros elementos.

1.1 - Um cenário moral

O apelo moral teve origens na Igreja Católica. Em 1981, a instituição religiosa, por meio de sua Pontifícia Academia de Ciências (portanto, a discussão se manteve no âmbito científico) mostrou sua preocupação com a escalada armamentista. O documento “*Statament of the Consequences of the Use of Nuclear Weapons*” foi direcionado aos problemas imediatos a serem enfrentados pelos seres humanos após uma explosão nuclear. Seus autores tiveram como preocupação maior os efeitos disso sobre a saúde humana e a insuficiência do sistema médico, que contribuiria para aumentar o número de mortos e feridos.

Na sequência de um ataque nuclear as condições de sobrevivência serão tão severas que a única esperança da humanidade é a prevenção de qualquer forma de guerra nuclear. A ampla disseminação e aceitação desta informação tornaria evidente que as armas nucleares não podem ser utilizadas totalmente nos esforços de guerra e que seus números possam ser reduzidos progressivamente, de forma equilibrada (PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM, 1981, p. 6)¹¹.

¹⁰ Referente à trilogia de filmes de ficção científica dirigida por George Lucas, que foi uma sensação na época devido aos efeitos especiais.

¹¹ “*The conditions of life following a nuclear attack would be so severe that the only hope for humanity is prevention of any form of nuclear war. Universal dissemination and acceptance of this knowledge would make it apparent that nuclear weapons must not be used at all in warfare and that their number should be progressively reduced in a balanced way*”.

A igreja, um ano depois, em 1982, publicou a “*Declaration On Prevention Nuclear War*”, documento que foi lido para o Papa João Paulo II durante uma assembleia com os presidentes de Academias de Ciências de vários países. O teor do texto se assemelha ao anterior: o objetivo era mostrar que a escalada armamentista, e com ela o aumento das armas nucleares, representava um perigo real para a humanidade (PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM, 1982). Afirmava ainda que a ciência não teria condições de auxiliar na defesa das pessoas atingidas pelas explosões nucleares.

A ciência não pode oferecer ao mundo uma defesa real contra as consequências da guerra nuclear. Não existe probabilidade de serem feitas defesas suficientemente efetivas para proteger as cidades, mesmo porque apenas uma bomba nuclear causaria uma destruição em massa. Não existe probabilidade de que a maior parte da população possa ser protegida contra um grande ataque nuclear ou que se possa prevenir a devastação das bases culturais, econômicas e industriais da sociedade. A quebra da organização social e a magnitude das mortes serão de tal grandeza que nenhum sistema de saúde conseguirá lidar com mais que uma mínima fração das vítimas (PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM, 1982, p. 13)¹².

O tom era alarmista. As defesas não eram suficientes, haveria a destruição da civilização, de todas as bases da sociedade e, tal como o argumento do documento de 1981, o sistema médico não teria condições de atender todas as vítimas. O restante do texto trazia uma série de apelos, de ordem moral, para que os governantes refletissem sobre as consequências da corrida armamentista e pedia que procurassem outras formas de convívio (PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM, 1982).

Dois anos depois, no ano de 1984, a Igreja Católica voltou a lançar um manifesto. Com o título “*Nuclear Winter: a Warning*”, podemos considerar que era uma consequência da divulgação feita pelo TTAPS durante 1983 do tema. O texto, inclusive, foi assinado por Carl Sagan, que participou de sua elaboração. Em apenas duas páginas, apresentam uma síntese da discussão principal do grupo de Sagan, carregado, no entanto, de um conteúdo moral, comum aos manifestos católicos que vimos acima. Seus autores afirmaram que o “*Inverno nuclear implica um vasto aumento no sofrimento*

¹²“*Science can offer the world no real defense against the consequences of nuclear war. There is no prospect of making defenses sufficiently effective to protect cities since even a single penetrating nuclear weapon can cause massive destruction. There is no prospect that the mass of the population could be protected against a major nuclear attack or that devastation of the cultural, economic and industrial base of society could be prevented. The breakdown of social organization, and the magnitude of casualties, will be so large that no medical system can be expected to cope with more than a minute fraction of the victims*”.

humano, incluindo as nações que não estariam diretamente envolvidas na guerra [...].” ressaltando também nesse pequeno manifesto que “*A guerra nuclear poderá trazer em sua esteira uma destruição da vida sem precedentes em qualquer época da existência dos seres humanos sobre a Terra e poderá colocar em perigo o futuro da humanidade.*” (PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM, 1984, p. 25)¹³. A perspectiva de um futuro catastrófico para a humanidade saía, assim, das páginas bíblicas através de uma hipótese científica endossada pelo Vaticano.

1.2 - Um cenário científico

A Igreja Católica mostrou a sua preocupação nos anos 1980 com o desarmamento e as consequências de uma guerra. No meio científico dos EUA, estes elementos faziam parte dos estudos sobre problemas climáticos e dos efeitos das armas nucleares imediatamente após as explosões. Alarmismo e desarmamento não entraram no discurso científico do grupo de Sagan como uma novidade, ao contrário, encontramos esses indícios em publicações de momentos anteriores.

No ano de 1975 foi publicada a pesquisa desenvolvida pela *National Research Council (NRC)* sob o título “*Long Term World-Wide Effects of Multiple Nuclear-Weapon Detonations*”, que analisou os possíveis efeitos imediatos causados por explosões nucleares (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1975). Também nos anos 1970 temos vários trabalhos de membros do TTAPS que versavam sobre as consequências das erupções vulcânicas na atmosfera, que traziam como hipótese a possibilidade de provocarem a emissão de uma grande quantidade de poeira na atmosfera e, como consequência, haveriam distúrbios climáticos consideráveis (um tema que também se encaixava na discussão sobre a camada de ozônio e o resfriamento global).

Consideramos que os artigos dos anos 1970, de autoria dos cientistas que formariam depois o TTAPS foram significativos para a composição dos enunciados sobre o inverno nuclear. C. Sagan e J. Pollack e O. B. Toon, junto a outros três cientistas, Betty Baldwin, Audrey Summers e Warren Van Camp, publicaram em 1976 um artigo na *Nature* intitulado “*Stratospheric Aerosols and Climatic Change*”, no qual

¹³ “*Nuclear winter implies a vast increase in human suffering, including nations not directly involved in the war [...].” e “Nuclear war could thus carry in its wake a destruction of life unparalleled at any time during the tenure of humans on Earth, and might therefore imperil the future of humanity.”*

abordaram a presença de aerossóis na atmosfera, lançados tanto por vulcões, quanto pelos aviões supersônicos, procurando compreender o papel destes para o clima do futuro (BALDWIN et al., 1976)¹⁴.

Em 1977, Sagan publicou, também na *Nature*, seu estudo para as consequências da redução do efeito estufa em Marte e na Terra, no artigo “*Reducing Greenhouses and the Temperature History of Earth and Mars*”. Depois, em 1979, na *Science*, Sagan, Toon e Pollack assinam um artigo “*Anthropogenic Albedo Changes and the Earth’s Climate*”, em que mostraram a análise feita sobre os efeitos que as alterações provocadas pelo ser humano no albedo terrestre teriam no clima. No mesmo ano de 1979, Pollack e Toon escrevem outro texto “*Are Solar Spectral Variations a Drive for Climatic Change?*”, pela *Nature*, assinado também por William J. Borucki, físico do *Ames Research Center*, em que discutem as variações no espectro solar como um mecanismo que poderia provocar uma mudança climática.

Esses artigos e relatórios publicados pelo TTAPS não apareceram na leitura que Sagan fez do desenvolvimento da pesquisa, nem na historiografia que tratou do tema inverno nuclear. Sagan talvez tenha entendido, segundo nossa interpretação, que os estudos da década de 1970 comporiam uma etapa inicial da elaboração da hipótese científica do TTAPS sobre o inverno nuclear. Uma exclusão que provavelmente os autores que escreveram sobre o tema tempos depois aceitaram, retirando esses trabalhos do escopo de análise.

Para nós, as pesquisas que os membros do TTAPS desenvolveram naqueles anos serviram como base de informações para a montagem dos cenários do inverno nuclear na década seguinte, ao estabelecerem algumas premissas teóricas, um conjunto de equações e dados a serem utilizados no enunciado de 1983. Os pesquisadores adquiriram experiência no trato com modelos computacionais e na reflexão sobre o comportamento atmosférico quando alterado por eventos adversos aos ciclos considerados naturais.

No entanto, Sagan fez referência a duas outras pesquisas, uma de 1980 e a outra de 1982. Ambas publicadas por cientistas que não faziam parte do seu grupo, mas que, segundo, ele foram fundamentais para a construção da hipótese científica, inclusive compreendidas pela historiografia como balizas significativas para o TTAPS na

¹⁴ As cientistas Betty Baldwin, programadora de computador, e Audrey Summers eram funcionárias do *Ames Research Center*, enquanto Warren Van Camp trabalhava na *Informatics*.

formulação de sua teoria¹⁵. A primeira era a teoria na qual um asteroide seria o responsável pela extinção dos dinossauros; a segunda, um trabalho sobre o impacto na atmosfera das explosões nucleares.

Em 1980, o físico Louis Alvarez, junto a seu filho o geólogo Walter Alvarez e mais os especialistas em energia e meio ambiente Frank Asaro e Helen Michel, todos da *University of California/Berkeley*, publicaram na *Science* de junho “*Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction*”. No artigo, apresentaram a hipótese de que um asteroide de grandes proporções se chocou com o planeta por volta de 65 milhões de anos atrás. A poeira gerada com o impacto sobre a superfície foi suficiente para causar um distúrbio na atmosfera que teria bloqueado os raios solares; com isto impediu a fotossíntese, causou uma deterioração climática e extinguiu os dinossauros e grande parte da vida no planeta.

Em resumo, nossa hipótese sugere que um asteroide acertou a terra, formando, no impacto, uma cratera, alguma quantidade de poeira foi injetada na estratosfera e se espalhou pelo planeta. Essa poeira impediu de forma efetiva que a luz solar alcançasse a superfície por um período de muitos anos até que a poeira baixasse ao chão. A perda de luz solar inibiu a fotossíntese e como resultado muitas das cadeias alimentares sucumbiram ocasionando as extinções [...]. (ALVAREZ et al., 1980, p. 1105)¹⁶.

Um cenário catastrófico que teria ocorrido milhões de anos atrás. A teoria da extinção dos dinossauros contribuiria para a pesquisa do TTAPS, pois o quadro que construíram para o período pós-explosões nucleares era praticamente o mesmo que este citado acima. Não trazia somente uma situação apocalíptica que faria parte da história geológica do planeta, também entendemos que mostrava para os cientistas da equipe que um evento de tais dimensões seria suficiente para provocar uma alteração profunda nos mecanismos climáticos terrestres.

¹⁵ Isto mostra também que a historiografia, em sua maioria autores estadunidenses, seguiu a lógica que Carl Sagan deu à construção do enunciado científico. Adotaram como referenciais apenas o contexto científico imediatamente anterior à divulgação dos resultados do TTAPS e ignoraram grande parte da produção científica da década anterior.

¹⁶ “*In brief, our hypothesis suggests that an asteroid struck the earth, formed an impact crater, and some of the dust-sized material ejected from the crater reached the stratosphere and was spread around the globe. This dust effectively prevented sunlight from reaching the surface for a period of several years, until the dust settled to earth. Loss of sunlight suppressed photosynthesis, and as a result most food chains collapsed and the extinctions resulted [...].*”

Os chamados “*Doomsday Scenarios*”¹⁷ estavam presentes no contexto científico da época. No ano de 1982, a revista sueca *Ambio* publicou um número especial sobre o que aconteceria após a guerra nuclear – “*Nuclear War: The Aftermath*”. Trazia na capa e no início de cada artigo uma fotografia de destruição ou de detonação de bombas atômicas. As imagens eram impactantes, criavam um efeito no leitor de forma a relacionar a informação dos textos com uma visualização da catástrofe que ocorreria.

Na edição, vários autores apresentaram suas pesquisas sobre o impacto das bombas nucleares e trouxeram a questão sob os vários aspectos possíveis. Assim, temos análises sobre o pós-ataque nuclear e os oceanos, a água potável, a agricultura, as epidemias, a questão médica, a economia e outros temas.

Ainda segundo Sagan, para o TTAPS, um dos textos publicados foi significativo e serviu de base para algumas conclusões que eles tiveram sobre o inverno nuclear: o artigo assinado por Paulo J. Crutzen, cientista que já mencionamos no capítulo anterior, e por John W. Birks, bioquímico da *Colorado University*. Neste estudo intitulado “*The Atmosphere after a Nuclear War: Twilight at Noon*”, eles analisaram a situação da atmosfera pouco tempo depois das explosões nucleares, uma espécie de prelúdio daquilo que o TTAPS iria discutir com maior profundidade no ano seguinte. Apesar de lidarem com o imediato das explosões e o grupo de Sagan com os efeitos a longo prazo, as bases de dados e a discussão foram basicamente as mesmas (CRUTZEN e BIRKS, 1982). Para nossa reflexão aqui, é interessante notar como retratam, em sua hipótese para o pós-guerra, um cenário catastrófico, embora de menor impacto em comparação ao que foi produzido nos trabalhos do TTAPS.

A imagem da capa do artigo de Crutzen e Birks (1982) trouxe uma fotografia tirada no momento da explosão de uma bomba atômica, com a tradicional representação da detonação, uma nuvem em formato de um cogumelo gigante. Além disso, tem uma fotografia no meio do texto que mostra o incêndio em refinarias de petróleo (vide anexos). O artigo, com mais de dez páginas, incluía a análise de vários cenários; o elemento de discussão, que serviu ao TTAPS em sua pesquisa, era a alta probabilidade de incêndios de grande porte em vários ambientes. Para Crutzen e Birks (p. 115):

Na discussão das condições da atmosfera após um ataque nuclear, nós apontamos especialmente para os efeitos dos muitos incêndios que serão

¹⁷ Teorias ou hipóteses de autoria de cientistas, na qual apresentavam uma possibilidade de catástrofe iminente para o planeta, seja pela falta de alimentos, em teses neomalthusianas, ou então a partir de catástrofes naturais, como terremotos, meteoros, mudanças climáticas etc.

iniciados por milhares de explosões nucleares nas cidades, florestas, plantações e campos de gás e petróleo [...]¹⁸.

Os incêndios resultantes das explosões seriam um efeito que aumentaria consideravelmente a quantidade de fumaça e poeira que atingiria a atmosfera e, assim, ampliava os efeitos das explosões. Em suas conclusões, Crutzen e Birks trabalharam com a probabilidade de uma modificação nas propriedades físicas da atmosfera. Algo que levaria à extinção da agricultura do Hemisfério Norte. Criava-se uma situação em que seria difícil a existência dos sobreviventes aos ataques por um longo período, devido à fome e às doenças (CRUTZEN e BIRKS, 1982). Resultado semelhante que o TTAPS teve em sua pesquisa.

Podemos observar a partir do contexto científico que analisamos acima, que o enunciado científico do grupo de Sagan estava praticamente pronto a partir da junção de diversos trabalhos publicados. Os estudos sobre as erupções vulcânicas, os incêndios provocados pelas explosões e um cenário de extinção da vida sobre o planeta trazem os ingredientes principais que encontramos na hipótese do inverno nuclear desenvolvido pelo TTAPS, mas, que ainda assim podemos considerar como inédito, por levar ao extremo os cenários catastróficos que estavam presentes em outros autores e estudos.

1.3 - Um cenário de guerra

Todavia, somente esta exposição do quadro científico da época não é suficiente para explicar o que tornou o inverno nuclear um tema tão controverso. Entendemos que o contexto histórico em que o TTAPS apresentou sua teoria mostrava um quadro de manifestações políticas e sociais sobre uma das temáticas que causavam preocupação em grande parte dos países: a possibilidade real de uma guerra nuclear.

Medo da explosão de bombas atômicas, de suas consequências, do que aconteceria depois. Um contexto de apreensão causada pelo aumento das ogivas atômicas e proliferação de usinas nucleares em diversas partes do mundo. Uma situação que gerava um quadro de ansiedade em algumas sociedades, principalmente a estadunidense e parte da europeia, que vivenciavam o clima da Guerra Fria e com ela

¹⁸ “In discussing the state of the atmosphere following a nuclear Exchange, we point specially to the effects of the many fires that would be ignited by the thousands of nuclear explosions in cities, forests, agricultural fields, and oil and gas fields [...]”

todo o aparato ideológico dos blocos antagonistas, os EUA e a URSS (HOBSBAWM, 1995).

Temos então um pano de fundo político para os estudos do TTAPS. O que os cientistas acima mostraram era a integração de grande parte da sociedade ocidental na época, em que o cotidiano era influenciado por esses temas. O alarmismo, o tom moral e o discurso político que verificamos nos textos acima, assim como naqueles que iremos analisar do TTAPS e seus interlocutores, não escapavam de seu contexto histórico.

O TTAPS construiu o enunciado sobre o inverno nuclear em um momento histórico formado a partir da década de 1970. Esse período foi marcado pela ampliação considerável das nações que tinham em seus arsenais bombas nucleares. Esta escalada do número de detentores dos mísseis atômicos aumentava a sensação de insegurança. Criava condições para que o início de uma guerra de grandes proporções fosse ampliado. Ou seja, não havia mais apenas dois “botões nucleares” a serem apertados (EUA e URSS), mas muitos outros e em várias regiões. Foi neste momento, fins de 1970 e os primeiros anos da década de 1980, que ocorreu o começo do que Eric Hobsbawm chamou de uma *Segunda Guerra Fria*, quando o clima de relativa estabilidade entre as superpotências deu lugar a um período de crises políticas e econômicas (o choque do petróleo e as ditaduras no terceiro mundo são exemplos dessas crises), que levava o relativo equilíbrio entre as nações dos dois blocos a entrar num momento de tensão (HOBSBAWM, 1995).

A Guerra Fria, período iniciado com o fim da Segunda Guerra Mundial e que foi até a derrocada da URSS em 1989, provocou a disputa entre dois blocos que coexistiram e antagonizaram durante estes mais de quarenta anos. Por um lado, o sistema capitalista e seu principal líder, os EUA, e, por outro, o comunismo sob a égide da URSS. Ambas as superpotências, como ficaram conhecidas na época, detinham um poderio militar que provocou a divisão do planeta em dois lados, ocidente e o oriente, representado pela separação da Alemanha entre os vitoriosos no fim da II Guerra Mundial em 1945.

Para nossa intenção aqui, é importante ressaltar algumas questões referentes às características do período. Vimos acima, que houve no meio científico a preocupação com a possibilidade de uma guerra nuclear entre esses blocos. Esse clima de tensão, agravado pelo aumento do número de bombas nucleares e de países detentores da tecnologia, levava à crença de um iminente ataque.

O alarmismo e a noção de um apocalipse atômico, conforme a análise de Hobsbawm (1995), era resultante da integração do clima político, militar e social daquele período, quando o discurso e a ideologia dominantes levaram a sociedade estadunidense à manutenção de um constante alarme em relação à possibilidade de uma guerra nuclear de grandes proporções entre os blocos antagônicos. Algo, assim entendemos, que estava presente nos cientistas acima e também no TTAPS. Tensão social e política, entretanto, localizada, para o historiador, em apenas um dos grupos: o bloco liderado pelos EUA. Na leitura que ele faz do período, haveria um desequilíbrio entre a postura que cada bloco tinha em relação ao antagonismo pós-Segunda Guerra.

Pelo lado da URSS, o que ocorria era uma postura defensiva. Uma nação fragilizada economicamente ao final da guerra, que adotou uma posição de choque e intransigência em relação a possíveis acordos com os EUA. Segundo Hobsbawm (1995), no bloco soviético não se colocava uma situação de conflito imediato com o lado capitalista, não haveria a iniciativa de uma ampliação dos seus domínios, de forma a levar um real perigo para a supremacia estadunidense. Mesmo assim, porém, ao adotarem a posição de antagonismo, criaram uma situação de conflito permanente entre ideologias, o que alimentou, conforme o historiador, o alarmismo na sociedade dos EUA e de seus aliados.

O bloco estadunidense, por sua vez, diz Hobsbawm (1995), procurou se apresentar como a única possibilidade de contenção de um avanço comunista sobre o mundo dito “livre”, formado por seus aliados na Europa, América Latina e Ásia, levados a adotar uma postura agressiva em relação a URSS. Conforme o autor afirma, os motivos tinham fins políticos claros: serviram aos propósitos de manutenção da sociedade dos EUA em uma posição de constante ameaça soviética. A sociedade do bloco ocidental teria se organizado sob essa ótica de um futuro apocalíptico. Embora isto, entendeu Hobsbawm, fosse uma extrapolação da situação real de conflito entre as superpotências, podia ser resumido naquilo que o autor chamou de “*histrionismo radiofônico*” do Ocidente¹⁹:

Gerações inteiras se criaram à sombra de batalhas nucleares globais que, acreditava-se firmemente, podiam estourar a qualquer momento e devastar a humanidade [...] À medida que o tempo passava, mais e mais coisas podiam dar errado, política e tecnologicamente, num confronto

¹⁹ Nas palavras de Hobsbawm (1995, p. 226): “*A URSS sabia [...] que os apelos americanos para “fazer retroceder” o comunismo não passava de histrionismo radiofônico [...].*”.

nuclear permanente baseado na suposição de que só o medo da ‘destruição mútua inevitável (adequadamente expresso na sigla MAD, das iniciais da expressão em inglês – *mutually assured destruction*) impediria um lado ou outro de dar o sempre pronto sinal para o planejado suicídio da civilização. Não aconteceu, mas por cerca de quarenta anos pareceu uma possibilidade diária (HOBSBAWM, 1995, p. 224).

A crença na possibilidade de ocorrer o “MAD” tornou o confronto nuclear um jogo político. Ao mesmo tempo em que havia o medo do acontecimento, este sentimento possibilitava as potências nucleares, tanto EUA quanto URSS, de se aproveitarem política e economicamente. Fizeram pressão para negócios, acordos unilaterais e, especialmente no caso norte-americano, forçaram a sociedade do país a aceitar um estado permanente de alerta contra um inimigo externo. Assim, criava-se a impressão de uma guerra nuclear iminente, que poderia ter início a qualquer momento, e dependia apenas do gesto do inimigo ou de seus aliados. Para Hobsbawm, entretanto, isto não passava de um blefe que, mesmo ao servir para esses diversos fins, acabou por abalar “[...] os nervos de várias gerações [...]” (HOBSBAWM, 1995, p. 227).

Um contexto em que a visão apocalíptica de um mundo devastado pelas armas nucleares acaba incluída como parte constante da política. Para Hobsbawm, a Guerra Fria era uma crença do Ocidente que servia aos seus propósitos políticos, mas que estava inserida na cultura e cotidiano da população dos países do bloco capitalista. A possibilidade do apocalipse nuclear penetrou nos lares estadunidenses e também nos laboratórios e mesas de trabalho dos cientistas (HOBSBAWM, 1995). Compreendemos que o TTAPS e o inverno nuclear foram parte desse medo presente em um mundo a beira de uma guerra nuclear.

A eleição de Ronald Reagan como presidente dos EUA na década de 1980 aprofundou este cenário de medo²⁰. Segundo o historiador estadunidense Daniel Rodgers (2011), em “*The Age of Fracture*”, Reagan teria sido um dos responsáveis por abrir as negociações com a URSS, a partir de 1985, junto ao secretariado de Mikhail Gorbachev²¹. Uma postura que, segundo o autor, apontava para a flexibilização das relações entre ambos os países e com isso a amenização dos conflitos indiretos e das hostilidades militares, porém sem a diminuição da produção de armamentos e a redução de nações sob a influência direta de ambos os lados.

²⁰ Ronald Reagan foi eleito presidente dos Estados Unidos da América por dois mandatos, governando de 1981 até 1988.

²¹ Mikhail Gorbachev foi eleito Secretario Geral do Partido Comunista em 1985, substituindo Konstatin Chermenko, permanecendo no cargo até a derrocada do bloco socialista em 1991.

Tudo indicava, pela análise de Rodgers (2011), que se caminhava para o entendimento político e militar entre os blocos antagônicos, com a possível quebra das barreiras ideológicas e econômicas. No entanto, afirma o autor, Reagan manteve o discurso anti-URSS que marcou todo período anterior ao dele. Uma atitude que levou à intensificação, no cenário interno dos EUA, das hostilidades entre as superpotências e do histrionismo sobre a existência de um inimigo poderoso fora das fronteiras do país e de uma guerra de grandes proporções a qualquer momento. Ainda segundo o autor, o “império do mal”, como Reagan chamava a União Soviética, tinha que ser detido e para isto os EUA manteriam a postura belicosa.

Fechamos esse quadro geral novamente com Hobsbawm (1995), quando entende que o *histrionismo radiofônico* levava os EUA a ter como ideologia da Casa Branca um “*anticomunismo apocalíptico*”, que era útil ao governo e seus aliados. Por um lado criava uma histeria coletiva, mantida e divulgada por Washington com fins eleitorais claros; por outro, deixava a sociedade americana sob o cabresto de uma iminente catástrofe, em que apenas o sistema ideológico dominante poderia garantir a sua segurança.

Ao mesmo tempo, a exigência esquizoide, feita por políticos sensíveis ao voto, de uma política que ao mesmo tempo fizesse retroceder a maré de “agressão comunista”, poupasse dinheiro e interferisse o mínimo possível no conforto dos americanos, comprometeu Washington e, com ele, o resto da aliança, não apenas com uma estratégia voltada mais para as bombas nucleares que para os homens, como também com a sinistra estratégia de “retaliação em massa” anunciada em 1954 [...] Em suma, os EUA viram-se comprometidos com uma posição agressiva, de mínima flexibilidade tática (HOBBSAWM, 1995, pp. 232-233).

Nos discursos dos governantes estadunidenses, a posição agressiva, portanto, era direcionada para garantir a segurança nacional, com propostas e estratégias de defesa do território, da economia e do estilo de vida norte-americano e de seus aliados (TARR, 1968). Não podemos esquecer que, apesar de o inimigo ser externo (a URSS), era para a opinião pública, os eleitores dos EUA, que deveria estar visível o combate ao comunismo. Basta lembrar, como fez Hobsbawm (1995), que a “caça às bruxas” ou o *macarthismo*, foi um grande jogo no cenário do país, ao servir para alimentar a crença na necessidade de destruição do comunismo.

Ressaltamos que, ao final da Segunda Guerra Mundial em 1945, tanto EUA quanto URSS sabiam o papel de cada um na nova ordem mundial que surgia. Mesmo

com o discurso catastrofista, ambos os blocos antagônicos sabiam que tinham aceitado uma divisão desigual do planeta, mas não houve contestação de sua essência (TARR, 1968; HOBBSAWM, 1995).

Segundo Hobsbawm (1995), ao longo das décadas pós-guerra, ficava cada vez mais nítido que não havia a possibilidade de um confronto nuclear de grandes proporções, pois o poder era desigualmente equilibrado, já que os EUA eram militar e economicamente superiores aos soviéticos e o comunismo russo não pretendia expandir-se além daquilo que já havia conquistado. Isso tornava o período entre os anos 1945 e final da década de 1960, para o historiador, de relativa “*paz fria*”.

Ainda, afirma o historiador, no cenário dos EUA, a estratégia para a defesa da nação, ou seja, sua sobrevivência no contexto da Guerra Fria, foi de utilização, em larga escala, das ogivas atômicas como uma política externa de segurança. Esta política provocaria fora de suas fronteiras, pela força militar, uma dissensão nas disputas com outras nações, uma espécie de diplomacia nuclear. Ao mesmo tempo, internamente, o país utilizou a estratégia como forma de conquistar uma coerência no meio social, em que a luta pelo país seria definida pela quantidade de armas atômicas disponíveis (HOBBSAWM, 1995).

Uma coerência que só poderia ser mantida pelo medo de uma guerra nuclear de grandes proporções. Tal postura simbolizava a lógica da estratégia de defesa na década de 1980, quando os afrouxamentos do comunismo soviético davam uma nova dimensão ao conflito entre os blocos. Os EUA continuavam a investir nessa lógica, com a continuidade da estratégia político-ideológica. O sociólogo David Tarr, que escreve sobre a Guerra Fria em 1968, compreendeu que esta postura, naquele momento, era “*[...] caracteristicamente mais ‘política’ do que ‘racional’. O sistema é predominantemente destinado a fazer escolhas políticas e executá-las na base do ajustamento dos valores conflitantes e dos grupos identificados com aqueles valores [...].*” (TARR, 1968, p. 18).

Este ajustamento permaneceu na política de segurança nacional dos EUA por vários anos e ainda podemos observá-lo durante a década de 1980. Nesse período, apesar das mudanças no cenário militar e econômico, como vimos acima, a partir da abertura soviética ao diálogo com o ocidente capitalista, a ideologia de combate ao comunismo e o incentivo ao aumento do poderio militar permanecia como a racionalidade guia dos formuladores das estratégias de defesa estadunidense.

Na década de 1980, a administração Reagan incentivou fortemente as atividades militares. Uma atitude que levou à quebra dos tratados de não proliferação de armas atômicas assinados na década anterior, os planos SALT I e II, um rompimento que ocorreu nos dois lados, EUA e URSS²². Eram acordos bilaterais que pretendiam controlar a produção de armas nucleares e promover sua redução paulatinamente nas décadas seguintes. As duas tentativas de estabelecer o SALT nos anos 1970 e suas respectivas quebras pelas nações nos mostra a necessidade de manutenção deste poderio.

Alguns observadores dessa situação à época viam a responsabilidade de tais atos belicosos como parte das ações políticas de ambas as superpotências. Isso nos mostra uma perspectiva diferente daquela analisada por Hobsbawm anos depois, mas também revela que o clima de preocupação com uma possível guerra de grandes proporções fazia parte do cotidiano.

Cornelius Castoriadis, por exemplo, em 1980, escreveu sobre esta escalada armamentista das superpotências, com destaque aos fatos militares que caracterizaram esse momento, tal como a invasão ao Afeganistão e o apoio dado pela URSS à tomada de poder no Irã pelas oligarquias religiosas, além das guerras indiretas entre as potências no Vietnã e na Coreia. Este cenário em formação levou Castoriadis a inferir que:

A instabilidade e as dilacerações internas do sistema mundial de dominação são de tal ordem que nos encontramos novamente situados na perspectiva de uma guerra mundial [...] No presente, e certamente nos anos futuros, a situação mundial não poderá ser pensada sem se levar em conta – e em primeira linha – a perspectiva da guerra (CASTORIADIS, 1982, p.16).

A perspectiva da guerra se fazia presente no cotidiano do ocidente. Castoriadis (1982), ao levar adiante sua análise do contexto militar nos primeiros anos da década de 1980, caracterizou tanto a URSS quanto os EUA como incentivadores do medo e do alarmismo social pela escalada armamentista que promoviam. O sistema de dominação mundial empreendido por esses dois países estimulava e requeria a permanência de um estado de guerra e isto colocava, para Castoriadis, o conflito direto como o resultado final.

²² Tratado de Não Proliferação de Armas Estratégicas (SALT na sigla em inglês). O primeiro, assinado em 1972 e o segundo, no ano de 1979.

O historiador E. P. Thompson (1985) também escreveu sobre a situação da Guerra Fria e definiu os então recentes avanços na tecnologia militar como o estágio final do exterminismo, ou seja, o conjunto dos elementos presentes em uma sociedade “[...] *que a impelem em uma direção cujo resultado dever ser o extermínio de multidões [...]*” (p. 43). Uma situação resultante, conforme o mesmo escreveu, dos atos políticos, dos avanços tecnológicos e da “[...] *estruturação de sociedades inteiras de modo a estarem dirigidas para este fim [...]*” (p. 43). Para ele, a Guerra Fria seria uma caminhada rumo a autodestruição dos países, pois trazia consigo todos os elementos necessários a esse destino trágico para a humanidade: a presença de dois atores para que houvesse um conflito de grandes proporções, no caso, EUA e URSS, e ambos buscavam a aniquilação do adversário, portanto, provocariam sua própria destruição.

Neste ponto, com o mundo dividido em dois blocos, podemos levar a interpretação do historiador além. A política exterminista das nações líderes dos blocos antagônicos levaria a ideia de extermínio a todas nações do planeta, alinhadas seja com uma ou outra superpotência. Isso fica evidente na leitura de Thompson (1985), pois o mesmo entendeu que a situação do planeta seria causada quase que exclusivamente pelo escrutínio das decisões do imperialismo, caracterizado tanto pelos EUA quanto pela URSS: um impulso para o militarismo, que polarizava o mundo e criava um campo de força que fazia os países gravitarem em torno dele.

Criou-se uma estrutura, segundo Thompson (1985), baseada no armamento nuclear. Esse engenho bélico provocou a necessidade de uma nova categoria de análise do mundo, o exterminismo. Em sua análise, foi enfático no uso desse conceito, ao caracterizar os elementos que constituíam o contexto no qual vivia. O crescimento das armas tinha ultrapassado a simplista, em suas palavras, análise que coisificava as bombas. Para ele estas tinham um lugar como agente histórico.

A escalada armamentista, com a recorrente busca por bombas aperfeiçoadas no intuito de manutenção da supremacia, tinha alcançado uma “autonomia relativa”. Thompson (1985) afirma que elas não dependiam mais da vontade dos agentes humanos, como as elites dirigentes e sua intencionalidade, para continuarem num constante crescimento. Isso ocorria em ambas as superpotências da época. Para o historiador, essa pressão no contexto dos EUA tinha um impulso maior pela “[...] *dinâmica da gigantesca empresa capitalista [...]*” onde existia uma “*Vontade Geral capitalista coletiva para a sobrevivência e expansão [...]*” (p. 35).

Essas características do período da Guerra Fria davam ao historiador inglês a perspectiva de um futuro (não muito distante) catastrófico. Uma visão que era agravada pela nova tecnologia dos mísseis balísticos, conhecida como MX. Um armamento que poderia dar um grande impulso ao exterminismo e com ele, a destruição da humanidade. Sua descrição disso era carregada de muitos simbolismos: “*Muitos milênios depois, arqueólogos visitantes de outro planeta escavarão entre os resquícios ainda radioativos e discutirão a função do grande templo [...].*” (THOMPSON, 1985, p. 33), o templo a que se refere Thompson era uma alusão aos enormes complexos que seriam construídos para abrigar os silos dos mísseis MX. Sua previsão (p. 33) termina da seguinte forma: “*A discussão será inútil. Pois o templo será levantado para celebrar a disfunção final da humanidade: a autodestruição*”. Para ele, a humanidade deixaria de existir por conta de suas ações e só restaria aos seres alienígenas tentarem desvendar o mistério do que teria acontecido com os habitantes deste planeta.

A possibilidade de uma catástrofe era uma constante naquele momento. O alarmismo estava presente em vários segmentos sociais, seja nos EUA ou em países alinhados. Cientistas, religiosos, intelectuais, políticos abordavam essa questão. O enunciado científico do inverno nuclear é, sem dúvidas, para nós, um dos chamados “*Doomsday Scenarios*”. Carl Sagan e o restante do grupo TTAPS vivenciavam esse momento político e dificilmente podemos compreender esses pesquisadores fora das discussões políticas da época.

Entendemos que o grupo de Sagan conhecia os riscos da escalada militar por que os EUA passavam; estavam cientes e frequentemente criticavam os planos governamentais para a defesa do país, e ainda, depois de anos de investigação dos efeitos de uma guerra nuclear, estavam certos das consequências para todo o planeta que as armas termonucleares ofereciam. A questão era que, para eles, não poderia haver ganhadores em uma guerra de proporções nucleares. E os planos da administração Reagan estavam baseados na possibilidade de vencer um conflito deste porte. O projeto SDI era a marca dessa estratégia militar.

Eram maciços, de ambos os lados, os investimentos em novas tecnologias de mísseis nucleares e, no caso específico dos EUA, existia a proposta do SDI (*Strategic Defense Initiative*) – também conhecida como projeto Star Wars (Guerra nas Estrelas). Um plano de construir um escudo espacial que defenderia o território estadunidense ao destruir os mísseis soviéticos poucos segundos após seu lançamento. O sistema poderia

ser de satélites que lançariam raios laser sobre as ogivas inimigas ou então mísseis que interceptariam a trajetória dos alvos (ACKLAND e MCGUIRE, 1987).

Uma ideia que provocou protestos tanto do lado soviético, que ameaçava com o aumento de seu arsenal, quanto do lado estadunidense, com cientistas, políticos, especialistas em estratégia militar posicionados contra o SDI. A justificativa vinha da possibilidade de elevar o perigo de uma guerra declarada entre os países, gerada pela ameaça direta que o escudo espacial colocava para a URSS. Segundo Frank von Hippel (1987), físico e especialista em relações internacionais, “*De fato semelhante sistema tem muito mais sentido como parte do primeiro ataque do que como um escudo contra um primeiro ataque [...]*” (p. 189)²³. Portanto, um escudo espacial que funcionaria também como uma espada, por atacar com maior eficiência o inimigo do que se defender dele. Assim, o projeto dava uma vantagem estratégica, que seria obtida pelos EUA tanto pelo valor defensivo do SDI quanto pelo valor de ataque.

Embora trouxesse um fio de esperança àqueles que ficavam temerosos frente a uma iminente guerra nuclear por ser divulgado como um equipamento que colocaria os EUA em um patamar superior no que tange a defesa da nação, o projeto era questionável em sua eficiência. Muitos técnicos e cientistas duvidavam da capacidade real de destruir as forças de ataque do inimigo. O projeto se mostrava uma utopia científica, cuja capacidade de deter os mísseis inimigos era ínfima e talvez mesmo inexistente, conforme os especialistas diziam na época (ACKLAND e MCGUIRE, 1987).

Devemos entender, antes de mais nada, que a tecnologia do SDI foi uma aposta da gestão Reagan na administração dos EUA. A tecnologia vinha carregada com uma retórica belicista e, como vimos na análise de Daniel Rodgers, a política de Reagan apostou na disseminação da permanente ameaça ao estilo de vida estadunidense pelo “Império do Mal”, pelo comunismo soviético. O projeto Star Wars, procurou atender aos anseios de defesa contra os mísseis da URSS, mas havia também uma questão mais profunda que esta.

Para Naomi Oreskes e Eric Conway, em *Merchants of Doubt*, livro sobre a contrainformação²⁴ científica nos EUA, Reagan provocava, com este plano de defesa,

²³ “[...] de hecho, semejante sistema tiene mucho más sentido como anexo a una capacidad de primer ataque que como escudo contra un primer ataque [...].”

²⁴ Contrainformação é um conceito utilizado por Oreskes e Conway para indicar a argumentação científica que tinha como objetivo contradizer um enunciado ou uma hipótese. Normalmente, conforme os autores, utilizada por grupos que pretendiam barrar ou obscurecer uma determinada controvérsia, no

seus opositores, especialmente o movimento social que era contra as armas nucleares. Os autores definem o SDI como uma “[...] *resposta direta ao movimento de paralização nuclear, o qual teria se cristalizado em oposição à retórica belicista da administração Reagan [...]*.” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 43)²⁵. A oposição de cientistas engrossava o coro daqueles que questionavam o valor estratégico do projeto e também os imensos gastos com uma tecnologia cuja eficiência era duvidosa. Em meio a estes estava Carl Sagan que, segundo Lawrence Badash (p. 64), “[...] *se opôs à Iniciativa de Defesa Estratégica [SDI] como sendo uma pobre política de defesa, e como cientista espacial, ele procurou manter o ‘espaço acessível para fins exploratórios’ [...]*.”²⁶.

Uma postura de Sagan que o fez entrar em discussões, durante toda a década de 1980, com outros cientistas dos EUA, principalmente os físicos Edward Teller, Fred Seitz, Robert Jastrow, todos atuantes na disseminação da política neoliberal de Reagan e o seu projeto Star Wars. Cientistas, segundo Oreskes e Conway (2010), que procuravam defender posições conservadoras e, junto a elas, amparavam o livre mercado, ao criticarem qualquer tentativa de regulação e de legislação que se colocasse como um impedimento à ideologia pregada pelos republicanos.

Como veremos, as críticas que partiam desses especialistas direcionadas à hipótese científica do TTAPS sobre o inverno nuclear utilizavam as táticas de contrainformação. Conforme Oreskes e Conway (2010), ao provocarem a manutenção das controvérsias a respeito do tema, não abriram espaço para o avanço ou a concretização de ações políticas de maior peso, como por exemplo a redução dos arsenais de armas nucleares, ou mesmo o abandono do projeto SDI.

Como defensores das políticas republicanas e conservadoras do governo dos EUA, esses cientistas estariam em uma cruzada anticomunista. Acusavam os membros do TTAPS de se posicionarem contra o país e auxiliarem o bloco soviético a superá-los no poderio militar. Ainda conforme Oreskes e Conway (2010), esses cientistas, organizados sob a tutela do *George Marshall Institute*, promoviam a defesa do

que levavam os debates para outras questões, de forma a criar incertezas sobre a validade da pesquisa científica ou mesmo sobre a capacidade dos cientistas em formular tal hipótese.

²⁵ “[...] *direct response to the nuclear freeze movement, which had crystallized in opposition to the Reagan administration’s bellicose rhetoric [...]*.”

²⁶ “*He opposed the Strategic Defense Initiative as poor defense policy, and, as a space scientist, he wanted to keep ‘space accessible for exploratory purposes’ [...]*.”

capitalismo nos moldes neoliberais²⁷. De forma geral, eles criticavam todas as teorias e hipóteses científicas que de alguma forma iriam provocar prejuízo à indústria e ao comércio dos EUA. O grupo de Sagan era visto por esses cientistas, segundo os autores, como uma espécie de marionete nas mãos da URSS, promotores de uma fraude científica e representantes de “[...] *grupos ambientais liberais*” (p. 61)²⁸. Contudo, este tipo de crítica pouco encontramos nas revistas científicas utilizadas aqui; normalmente eram encaminhadas a jornais e revistas populares, aparentemente para atingir a parcela da população que estava fora dos debates nos meios científicos especializados.

O TTAPS, ao trazer à tona a hipótese do inverno nuclear, não conseguiu escapar da discussão política, mesmo porque, analisamos isso mais a frente, Sagan não queria fugir dela e até mesmo a incentivava. Todos esses elementos combinaram-se na pesquisa divulgada pelo TTAPS em 1983 e acabaram por torná-la um alvo de críticas por ser vista como uma hipótese que continha um teor político maior que seu papel como pesquisa científica. Esta vinculação marcou a imagem que o grupo de Sagan adquiriu na mídia do país, ou seja, de cientistas que apresentavam em suas pesquisas uma posição política que contrastava com os rumos da administração republicana de Ronald Reagan. Como veremos adiante, ocorreram controvérsias que giravam em torno de debates sobre as incertezas da teoria do inverno nuclear e a credibilidade científica do grupo de Sagan.

2 - 1983: ano da divulgação e publicação do inverno nuclear

O ano de 1983 concentrou grande parte das atividades realizadas pelo TTAPS na promoção de sua hipótese científica sobre o inverno nuclear. Ao longo daquele ano organizaram conferências e publicaram artigos e no restante do período de discussão sobre o tema nas revistas utilizadas aqui apenas responderam as críticas, não apresentando nenhum novo estudo até 1990, quando lançaram uma atualização de seus dados, frente aos diversos grupos que questionaram e refizeram seus cálculos, cenários, simulações e conclusões.

²⁷ Instituto criado por Robert Jastrow com a intenção de congrega cientistas que se preocupassem com a segurança nacional e que vissem a tecnologia como uma forma de assegurar isso. Recebeu apoio da indústria estadunidense e do governo do país, inclusive atuaram como conselheiros científicos do presidente Reagan (ORESKEs e CONWAY, 2010).

²⁸ “[...] *liberal environmental groups*”.

O argumento que move a análise, de forma geral, é que as ações do grupo de Sagan foram enviesadas por uma forte conotação política. Apesar de adaptarem a distintos públicos o discurso científico, mantiveram a sua estrutura e os elementos marcantes; em todos os textos teremos o teor político, por vezes direto e outras de forma indireta, escondida em meio à suposta neutralidade da linguagem científica. O tom catastrófico foi uma das marcas desse discurso, que trazia por vezes o alarmismo.

Esta nossa interpretação das atividades de 1983 se sustenta a partir das fontes. A única presença sobre o tema na *Science* foi exatamente o artigo principal do TTAPS e que deu suporte para todas as discussões que viriam a seguir sobre o tema. Este texto foi publicado no dia 23 de dezembro, última edição da revista no ano. Junto a ele saiu também o texto de um grupo liderado pelo biólogo de *Stanford* Paul Ehrlich, que ampliou o quadro do inverno nuclear proposto pelo TTAPS, ao juntar a perspectiva biológica ao enunciado. Ambos os artigos, assim entendemos, devem ser lidos em conjunto com a conferência realizada por Carl Sagan e também por Paul Ehrlich dois meses antes, entre 30 de outubro e 01 de novembro, em Washington, evento em que apresentaram publicamente a hipótese científica, numa antecipação aos artigos que sairiam na *Science*.

Entretanto, um dia antes do início das atividades desta reunião, saiu na revista *Parade Magazine*, popular e não científica, um artigo de Sagan sobre o tema. E meses mais cedo, entre os dias 22 e 26 de abril de 1983, o grupo TTAPS promoveu uma reunião fechada em Cambridge/Massachusetts/EUA, que teve como função angariar novas ideias e críticas sobre suas teorias em relação às consequências atmosféricas da Guerra Nuclear.

Essa cronologia inversa que fizemos mostra que, no ano de 1983, as atividades do TTAPS se concentraram no final do ano na conferência e nas publicações que promoveram neste momento. O evento de abril, de forma geral, foi apenas um prelúdio ao que aconteceria depois, quando focaram nos tipos de público que queriam atingir durante a divulgação da hipótese. Podemos considerar que os trabalhos do TTAPS tiveram como alvo: a sociedade dos EUA, representantes de diversas categorias (políticos, cientistas, jornalistas, militares, burocratas) e depois a comunidade científica. As consequências desta escolha analisamos mais adiante, mas nos permitem perceber antecipadamente a preocupação do TTAPS, especialmente Sagan, com o impacto político que um estudo sobre as explosões nucleares poderia ter naquele momento.

2.1 - Expondo os resultados do inverno nuclear

A reunião organizada pelo TTAPS em Cambridge no mês de abril de 1983 contou mais de cem participantes, mas era composta por um público restrito: a maioria físicos e biólogos. Foram convidados aqueles que poderiam contribuir com a pesquisa do TTAPS, em uma espécie de *peer review* antecipado dos resultados²⁹. Uma preparação que, segundo Sagan e Turco, foi estimulada por um grupo de ambientalistas preocupado com as consequências ambientais de uma guerra nuclear e que pediu a eles que realizassem uma conferência para mostrar os resultados do trabalho. A equipe achou necessário que houvesse a crítica de especialistas antes de expor publicamente a pesquisa e promoveram o encontro fechado em Cambridge. Somente meses depois, no final de outubro e início de novembro, foi que realizaram a conferência maior, como veremos a seguir (SAGAN e TURCO, 1990).

O encontro foi a primeira divulgação do TTAPS sobre o enunciado. Mas não foi a primeira tentativa. O grupo de cientistas enviou uma proposta para apresentar seus resultados em uma reunião da *American Geophysical Union* (AGU) em 1983. Inicialmente eles teriam sido aceitos, mas posteriormente foram retirados do evento pela administração do *Ames Research Center* – laboratório da NASA que empregava três membros do grupo. Mesmo assim publicaram na revista *EOS*, editorada pela própria AGU, um sumário do artigo (SAGAN e TURCO, 1990)³⁰.

O motivo do impedimento de participar do evento da AGU, segundo contam Carl Sagan e Richard Turco na obra que publicaram sobre o inverno nuclear em 1990, “*A Path Where no Man Thought*”, teria sido o possível impacto da hipótese científica, sua implicação política e o caráter preliminar das argumentações. Sagan e Turco revelam ainda a conversa que tiveram com o diretor da *Ames*, Clarence Cyverston. Este lhe falou que deveriam tomar cuidado com a questão política, devido ao momento delicado em que a administração Reagan apresentava seu plano militar. Segundo os dois autores, a postura do diretor indicava que inverno nuclear poderia trazer consequências ao centro de pesquisa, já que o mesmo era um órgão governamental ligado à NASA (SAGAN e TURCO, 1990).

²⁹ *Peer Review* é um termo do inglês cujo equivalente em português seria “revisão pelos pares”. Procedimento de revistas e congressos científicos em que um artigo é submetido à análise de outros especialistas na área, em que são apontados erros e sugeridas revisões, aceitando ou não o texto para publicação ou apresentação.

³⁰ A AGU é uma entidade dos EUA criada em 1919, fazendo parte da *National Academy of Sciences*.

Entretanto, houve implicações por conta dessa tentativa de divulgação do enunciado. Os membros do TTAPS que trabalhavam para o Ames, Pollack, Toon e Ackerman, sofreram com uma censura interna do centro de pesquisa. O estudo teve de ser submetido a sessões de revisão por outros cientistas do laboratório e a NASA reduziu o orçamento de pesquisa disponível para eles. Apenas conseguiram manter a permissão para continuarem o trabalho e de acesso ao computador do instituto (SAGAN e TURCO, 1990).

Apesar das limitações impostas, o TTAPS, mesmo assim, continuou motivado em pesquisar o inverno nuclear. Como tinham a preocupação em submeter o trabalho à crítica de especialistas, veio a possibilidade do evento fechado em Cambridge. Um espaço que também serviu para fortalecer o trabalho. O encontro de abril teve como base um documento que continha as conclusões parciais da pesquisa, intitulado “*Global Consequences of Nuclear War*”, mas que ficou conhecido como “*Blue Book*”. O texto foi submetido a mais de 150 cientistas, que avaliaram as conclusões e propuseram alterações. Foi neste documento que o termo “inverno nuclear” aparece pela primeira vez para caracterizar o fenômeno que estudavam (SAGAN e TURCO, 1990; BADASH, 2009).

De forma geral, o documento inicial escrito para a reunião de Cambridge expôs os principais pontos da hipótese científica aos seus pares e continha grande parte da argumentação que viria nas demais publicações e conferências realizadas pelo TTAPS. É possível observar que teremos a mesma estrutura neste texto e no que foi publicado na *Science* no final do ano de 1983. As diferenças são poucas, voltadas para a magnitude do fenômeno, quando os autores aumentaram ou diminuíram a escala dos problemas que o inverno nuclear provocaria no planeta. Isso mostra que as críticas que receberam dos revisores do “*blue book*” e também durante o encontro de Cambridge foram aceitas e corrigidas para o artigo final e a conferência do fim de outubro.

Segundo Badash (2009), as críticas recebidas durante o evento foram todas direcionadas às incertezas nas argumentações, dados e equações. Algo que se tornaria uma constante nos debates sobre o tema. No geral, ainda conforme o autor, o TTAPS considerou o encontro de Cambridge como um passo importante na evolução das posições que apresentaram, mesmo não tendo sido um teste difícil para o enunciado, pois os participantes, em grande parte, concordaram com as afirmações do grupo.

Meses depois, em 30 de outubro de 1983, Sagan inicia a divulgação das pesquisas da equipe TTAPS sobre o inverno nuclear para um público amplo. Utilizou

para isso o espaço que tinha na *Parade Magazine*, uma revista popular dos EUA, com um texto sobre o tema³¹. Badash (2009) afirma que esta atitude deixou a sociedade do país estarecida com as revelações do renomado astrofísico. Internamente, na comunidade científica, a escolha de Sagan pela *Parade* como primeira exposição pública do enunciado, em lugar de um periódico científico, gerou críticas a ele e a todo grupo TTAPS. Críticas, segundo o autor, por ter difundido para o público não especializado uma pesquisa que ainda não havia passado pelo crivo da comunidade científica. Ainda mais por ter dado um tom político a uma hipótese ainda não debatida, já que a academia dos EUA não teria ainda validado as afirmações do grupo.

Para Badash (2009), como o *peer review* de Cambridge não foi considerado válido pela comunidade científica, portanto, não servia como um justificativa para Sagan apresentar o enunciado em um revista popular. Assim, ele teria subvertido a ordem tradicional de publicação dos resultados científicos, o que deixou outros cientistas, segundo o autor, desconfiados de suas intenções e aumentou as críticas ao trabalho do TTAPS.

A conferência de Cambridge, somada ao artigo da *Parade*, teve como consequência uma movimentação, tanto científica quanto política, em torno do inverno nuclear. Serviu como um primeiro passo do grupo às ações que viriam depois: uma grande conferência, com cobertura da mídia, participação de cientistas e membros do governo dos EUA e a publicação de um artigo na *Science*. Ambas as ações atendiam às expectativas de Sagan de levar a discussão para o maior número de pessoas possíveis e talvez provocar uma mudança nos rumos da escalada armamentista e da ampliação das bombas nucleares que ameaçavam, segundo ele, toda a humanidade (SAGAN e TURCO, 1990; BADASH, 2009).

O enunciado do inverno nuclear entrou, assim, de forma brusca no meio social do país. Isso porque Carl Sagan, no artigo da *Parade*, tornou compreensível aos leitores as equações e dados científicos obtidos na pesquisa do TTAPS, mas não amenizou os cenários catastróficos que eram uma marca da hipótese. Essa atitude alimentou, portanto, o sentimento de medo e as preocupações que faziam parte da sociedade dos

³¹ Devemos lembrar que Sagan já gozava, na época, da condição de celebridade científica, o que lhe abriu as portas do contato com o público fora da academia e dos laboratórios, permitindo que atingisse várias camadas da população dos EUA e também do restante do planeta. Conforme Badash (2009), Sagan ganhou diversos prêmios ao longo de sua carreira. Nem todos estavam relacionados diretamente a sua profissão; cita, para ilustrar, um Emmy e o *Peabody Awards* pela série *Cosmos*. Além desses, um *Public Service Award*, quando foi considerado como o “*Mais valioso membro da comunidade científica do Planeta Terra*”. Ao mesmo tempo, foi rejeitado em 1992 para as eleições da *National Academy of Science* dos EUA.

EUA no início dos anos 1980, derivadas, principalmente, da dinâmica política e ideológica da Guerra Fria, tal como se configurou no período.

2.2. - A grande divulgação no dia das bruxas de 1983

A “*Conferência sobre o mundo depois da guerra nuclear*” (*The Conference on the Long-Term Biological Consequences of Nuclear War*), realizada entre os dias 31 de outubro e 01 de novembro de 1983, contou com aproximadamente 600 participantes. Entre eles cientistas de vinte países, políticos, oficiais militares, especialistas em relações internacionais, repórteres etc. Foi promovida pela *Kendall Foundation*³² e patrocinada por mais de 31 instituições científicas e ambientalistas; teve lugar no *Sheraton Hotel* de Washington. Abriam, inclusive, um canal de videoconferência com cientistas climáticos da URSS, para que houvesse a interação sobre o assunto entre as superpotências da época.

A conferência resultou em um livro, “*The Cold and the Dark: the world after nuclear war*”, publicado nos Estados Unidos em 1984 e com tradução publicada no Brasil no ano seguinte, em 1985, com o título “*O inverno nuclear*” (SAGAN et al., 1984; SAGAN et al., 1985)³³. O livro é a transcrição das falas apresentadas no evento. Também constam nove ilustrações de Rob Wood, que dão o visual para a narrativa dos cientistas, com cenas de destruição urbana, agrícola, pessoas em sofrimento devido ao frio e à fome, além de cenários marinhos e florestais. Imagens que combinavam perfeitamente com o clima montado por Sagan: escuridão, frio e morte. A introdução do livro foi assinada por Donald Kennedy, então presidente da *Stanford University* e que depois viria a ser editor-chefe da *Science Magazine*.

A historiografia a respeito do inverno nuclear trata a conferência como um dos principais momentos de publicização dos resultados do TTAPS. Segundo Lawrence Badash (2009), Sagan estava estimulado em tornar o enunciado uma questão científica e política. Um caráter político que ficou evidente no evento devido ao fato que grande parte das instituições que o patrocinaram tinha uma posição clara contra as armas nucleares, afirma o autor.

³² Conforme afirma Lawrence Badash (2009), esta fundação auxiliou com aproximadamente cem mil dólares para despesas de publicidade para a conferência.

³³ Utilizamos aqui como referência a edição brasileira, por não haver diferenças entre ambas; o texto é uma tradução fiel da versão original.

A análise que Oreskes e Conway (2010) fazem da conferência traz a conexão com a publicação, um dia antes, do artigo de Sagan na revista *Parade*. Para os autores, apesar de não estar fora dos protocolos científicos fazer uma conferência de grande porte para submeter a pesquisa a uma revisão, a publicação de Sagan um dia antes dava ao momento um clima de publicização da hipótese fora do comum. Uma tentativa de ganhar ao máximo a atenção do público em geral. Para estes autores, o destaque ganho com o artigo da *Parade* e o renome de Sagan conduziram o evento à publicização pretendida pelo astrofísico³⁴.

De forma geral, a intenção de Sagan era de conduzir uma reunião estritamente científica, em que os debates deveriam ser encaminhados dentro dos padrões das ciências, uma maneira de evitar que fossem acusados de se preocuparem mais com política do que com ciência. O cunho científico, portanto, deveria prevalecer antes de tudo. Como veremos, essa intenção não se consolidou. Entendemos de antemão que essa decisão de Sagan era estratégica, pois ele sabia que vincular a reunião a uma discussão política retiraria todo o peso que pretendia dar ao enunciado e também que, de qualquer maneira, a política viria a tona.

A fala de Sagan foi intitulada “*A atmosfera e as consequências climáticas da Guerra Nuclear*”. O astrofísico inicia com o caminho percorrido pelo enunciado desde o surgimento da ideia, quando em seu trabalho na NASA teve a oportunidade de acompanhar a chegada da sonda *Mariner 9* em Marte no ano de 1971 (SAGAN, 1985).

Segundo Sagan, o equipamento espacial enviado para a órbita de Marte havia sofrido as intempéries de uma nuvem de poeira que cobriu o planeta pouco tempo após sua chegada. Ao término desta tempestade, com duração de três meses, a sonda pode colher informações consideradas importantes pelos cientistas sobre o planeta. Devido a algumas semelhanças entre as atmosferas da Terra e de Marte, Sagan e seus colegas James B. Pollack e O. Brian Toon fizeram simulações que reproduziriam a experiência marciana para nossa atmosfera.

Essas tempestades de poeira são comuns em Marte, e por mais de um século têm sido observadas da Terra. Caracteristicamente, elas surgem sempre nos mesmos poucos locais do planeta, propagam-se primeiro em longitude, depois em latitude, e em questão de poucas semanas no máximo cruzam tipicamente o equador marciano, passando ao outro

³⁴ De fato, devido ao impacto midiático, os demais membros do TTAPS foram desencorajados pela NASA, segundo contam Sagan e Turco no livro de 1990, a participarem do evento (SAGAN e TURCO, 1990).

hemisfério [...] Mas pareceu-nos que a experiência marciana podia ser relevante para a Terra (SAGAN, 1985, p. 38).

Não havia referentes neste momento, década de 1970, na história de nosso planeta, de um evento de grandes proporções climáticas que tivesse sido iniciado de forma brusca, tal como ocorreu em Marte. Assim como a ciência não conhecia nenhum mecanismo natural que pudesse gerar um evento de tal magnitude. Sagan e os demais membros do TTAPS partiram em busca de algo que fomentasse tal evento climático. Analisaram os efeitos das erupções vulcânicas, mas essas não tinham o impacto sobre a atmosfera terrestre com a força suficiente para uma comparação com o acontecido em Marte³⁵. O *insight* veio somente na década de 1980, quando as publicações da equipe de Alvarez e de Crutzen e Birks circularam no meio científico (SAGAN, 1985).

Esses trabalhos e sua importância científica para o grupo de Sagan já mostramos aqui, mas o teor político que trouxeram para TTAPS fica evidente a partir desta conferência. Na comunicação de Sagan, junto às explicações técnicas do inverno nuclear, apresentava uma série de cenas que remontavam a um desastre de grandes proporções.

Hoje é o Dia das Bruxas do ano que precede 1984, e sinceramente eu gostaria que o que irei dizer-lhes em seguida fosse apenas uma história de fantasmas, apenas algo inventado para assustar crianças por um dia. Infelizmente, não é uma simples história. Nossas últimas pesquisas revelaram o fato surpreendente de que uma guerra nuclear pode arrastar em sua esteira uma catástrofe climática, a que damos o nome de ‘inverno nuclear’, sem precedentes durante a ocupação da Terra pelo homem (SAGAN, 1985, p. 37).

Quando abordou os efeitos sobre a atmosfera que as explosões nucleares provocariam, Sagan somou a ideia de extinção da vida no planeta com o impacto atmosférico das explosões nucleares. Esboçou, dessa forma, um quadro em que haveria mortes de milhares de pessoas tanto pelas detonações atômicas quanto pelas consequências aos ecossistemas do planeta oriundas do escurecimento da atmosfera. O resultado dessa somatória, política e ciência, ultrapassava o campo da hipótese científica. As equações e modelos de computador utilizadas pelo TTAPS permitiram a Sagan prever os rumos da sociedade ocidental caso a guerra nuclear acontecesse:

³⁵ Lembramos aqui as pesquisas já mencionadas, feitas pelos membros do grupo e que foram publicadas ao longo da década de 1970.

É possível, portanto, que algo como a metade da população do planeta fosse morta ou seriamente lesada pelos efeitos diretos de uma guerra nuclear [em torno de 1,1 bilhão de pessoas]. Anarquia social; falta de eletricidade, combustíveis, transportes, abastecimento de alimentos, comunicações e outros serviços civis; ausência de atendimento médico; interrupção de medidas sanitárias; multiplicação de doenças e de distúrbios psíquicos graves – fariam sem dúvida um número considerável de vítimas a mais. Mas uma série de outros efeitos – alguns inesperados, alguns inapropriadamente analisados em estudos precedentes, alguns por nós só recentemente descobertos – torna o quadro ainda muito mais sombrio (SAGAN, 1985, p. 42).

A fala de Sagan, a partir de nossa compreensão, buscava imagens comuns na sociedade dos EUA e de grande parte do Ocidente. Imagens de destruição, mortes e desorganização social, em sua maioria provenientes da própria ciência, por exemplo, pela recente teoria da extinção dos dinossauros por uma catástrofe climática. E o astrofísico mesclou isso com as histórias de fantasma da época.

Podemos notar que o autor combina o discurso científico a camadas de figuras metafóricas ao trazer à tona a ideia de destruição. Atingia o público presente com uma narrativa que se enquadrava no contexto da Guerra Fria e com todos os elementos políticos e militares expostos acima: as escolhas políticas, e no caso, as estratégias militares, os programas de aumento da quantidade de armamentos, de escudos espaciais, de novas tecnologias militares etc., vistos por Sagan como uma opção irracional em nome da defesa das nações aliadas, fosse de uma superpotência ou outra.

A suposta objetividade do cientista, assim entendemos, cedia ao seu contexto, à ideologia dominante e ao histerismo que tomou conta da sociedade ocidental, notadamente dos EUA. Tanto é que ao final de sua exposição, afirma que: “*De qualquer modo, se devêssemos realizar esta reunião numa data de significado simbólico, o Dia das Bruxas parece-me uma boa escolha [...] O Dia das Bruxas em sua forma original combinava três elementos capitais do cenário TTAPS: fogo, inverno e morte*” (SAGAN, 1985, p. 62). Elementos que se enquadravam perfeitamente nos aspectos técnicos (e políticos) traçados por Sagan em sua exposição.

Segundo o cientista, quando escreveu sobre o inverno nuclear em 1997, a confiança na ciência e tudo aquilo que ela representava e poderia significar ultrapassava as decisões políticas (SAGAN, 1997), mesmo que significasse apresentar ao mundo uma teoria que era baseada em uma extrapolação dos modelos explicativos, em uma série de incertezas, tal como os críticos do inverno nuclear não se cansaram de apontar nos anos seguintes. Carl Sagan chega a tocar nesse ponto durante a sua fala, ao

considerar que “[...] *esses cálculos não são, nem poderiam ser, prognósticos seguros de todas as consequências de uma guerra nuclear [...]*.” (SAGAN, 1985, p. 58). O astrofísico acreditava, assim, que os aperfeiçoamentos dos modelos matemáticos, a tecnologia e a entrada de novos elementos de análise seriam suficientes para traçar um cenário pós-nuclear seguro o suficiente para conclusões definitivas e racionais.

Consideramos que o apelo político era um elemento chave da hipótese científica sobre o inverno nuclear. Não se tratava somente de uma exposição sobre a pesquisa. A conferência por si mesma mostrava o interesse em divulgar publicamente os perigos das armas nucleares e da corrida armamentista da época, sendo praticamente impossível, segundo compreendemos, a dissociação entre ciência e política. Sagan procurou colocar os argumentos políticos como uma conclusão dos dados científicos. Paulo Ehrlich, biólogo de *Stanford*, que apresentou uma fala sobre as consequências biológicas do inverno nuclear, por sua vez preferiu o catastrofismo como tema principal de sua conferência.

Ehrlich apresentou as “*Consequências biológicas de uma guerra nuclear*”, tema que foi também o mote de seu artigo na *Science*, junto ao publicado pelo TTAPS. O cenário que constrói para o público era ainda mais desastroso do que o elaborado por Sagan. A fala Ehrlich foi toda marcada por conclusões que mostravam um quadro pós-guerra nuclear que beirava o apocalipse bíblico (EHRlich, 1985). A destruição iminente de toda a vida no planeta era parte de seu discurso; Ehrlich era um conhecido “alarmista” ambiental nos EUA desde a década de 1960, quando publicou “*The Population Bomb*” em 1968³⁶.

Na conferência de 1983, o biólogo logo no início fez referência à credibilidade das informações que iria passar ao público presente. “*É um privilégio, ainda que melancólico, poder apresentar-lhes o consenso de um grande e ilustre grupo de biólogos sobre os efeitos biológicos prováveis de uma guerra nuclear em grande escala [...]*.” (EHRlich, 1985, p. 75). Criava assim a perspectiva de que não estava sozinho em suas afirmações, pois ao menos cinquenta biólogos de certo renome acadêmico endossaram as conclusões que iria apresentar. Ao contrário de Sagan, Ehrlich não apresentou dados, nem métodos e muito menos os detalhes da teoria de onde retirou as informações que transmitia, apenas revelou os resultados do trabalho. Ao mesmo tempo

³⁶ Livro que apresenta a tese neomalthusiana de que o planeta estaria no limite populacional, causando grande parte dos problemas ambientais, sugerindo um rígido controle da população (MCCORMICK, 1992).

mostrava a melancolia contida em seu discurso sobre as consequências aos ecossistemas após uma guerra nuclear. Um sentimento que não o exime, logo em seguida, de revelar o sentido de sua fala:

O ambiente que a maior parte dos seres humanos e dos outros organismos depois de um holocausto nuclear terá de enfrentar será tão modificado, e tão maligno, que danos extremos e generalizados aos sistemas vivos são inevitáveis. Por exemplo, é perfeitamente possível que os impactos biológicos de uma guerra, sem contar os diretamente resultantes de explosão, fogo e radiação instantânea, viessem a ocasionar o fim da civilização no Hemisfério Norte [...] (EHRlich, 1985, p. 75).

O foco de Ehrlich eram as consequências para os ecossistemas; assim, o fim da civilização na parte norte do planeta seria apenas o início dos problemas a serem enfrentados pelos sobreviventes dos ataques nucleares. Ele aposta na visão apocalíptica do inverno nuclear. O número de mortes durante e após as explosões, segundo ele, chegariam a em torno de dois bilhões de pessoas, somente no Hemisfério Norte, e um pouco mais de um bilhão pela série de efeitos biológicos que aconteceriam. O biólogo extrapolou a perspectiva apresentada na fala de Sagan quanto as mortes provocadas pelas implicações sobre os ecossistemas, que, segundo Ehrlich, seriam diversas:

[...] teríamos incêndios florestais; neblina tóxica (que poderia engolfar todo o Hemisfério Norte); enriquecimento da luz solar (quando voltasse a penetrar) em comprimentos de onda da faixa perigosa do ultravioleta (UV-B), que, entre outras coisas, danificam o material genético (ADN); níveis acrescidos de radiação nuclear; chuvas ácidas; contaminação por substâncias tóxicas de águas subterrâneas, superficiais e litorâneas; assoreamento e poluição por resíduos de lagos, rios e orlas marítimas e tempestades violentas em regiões costeiras (EHRlich, 1985, p. 79).

Consequências em larga escala que alterariam o funcionamento de todos os ciclos naturais. Ehrlich descreveu durante sua fala cada um desses efeitos biológicos, com destaque para a relação entre eles e os seres humanos. Ou seja, apresenta uma situação de fome e doenças, geradas sempre pela falta de alimentos, pois as condições da natureza e dos meios agrícolas não dariam mais suporte para a sobrevivência dos seres humanos. O autor (p. 87) foi categórico ao afirmar que *“As pessoas que sobrevivessem aos outros efeitos da guerra logo estariam morrendo de fome [...]”*. Ainda segundo ele, como a agricultura fornecia uma quantidade maior de alimentação do que a disponível no meio natural, e o mesmo tipo de impacto no inverno nuclear

ocorreria para ambos, a disponibilidade de alimentos seria muito restrita. Ele não via a população sobrevivente dependente da caça e da coleta para viver, especialmente em um ambiente degradado tanto socialmente quanto ambientalmente (EHRlich, 1985).

Ehrlich manteve na sua fala a junção dos efeitos biológicos aos sociais para explorar a visão catastrófica do mundo pós-guerra nuclear: “[...] *os sistemas sociais, econômicos e de valores serão completamente esfacelados. O estado psicológico dos sobreviventes não é fácil de imaginar[...]*.” e dadas as circunstâncias naturais e sociais encontradas após o holocausto nuclear, “[...] *não há como excluir a possibilidade de uma guerra nuclear acarretar a extinção do **Homo Sapiens** [...]*.” (EHRlich, 1985, p 91) (grifo do autor).

Compreendemos que a visão catastrófica de Ehrlich se encaixou perfeitamente na perspectiva do TTAPS, ao continuar com a ideia apocalíptica do inverno nuclear e ao levá-la ao extremo. Se Sagan tinha feito uso das pesquisas de Crutzen e Birks e aquela da equipe de Alvarez para ilustrar e dar força ao argumento, Ehrlich as tornou parte do cenário de destruição, ao falar em extinção da espécie humana pelas consequências da guerra nuclear.

Podemos observar também que os elementos científicos do enunciado ficaram em segundo plano ao longo da fala dos dois cientistas. Entendemos que, se a conferência deveria ter primado por um tom estritamente técnico, o lado político foi de grande importância. A opção de fazer uma reunião de cunho apenas científico ficou marcada pela nuance catastrófica, o que revela que os limiares entre ciência e política não poderiam ser demarcáveis, tal como os participantes do evento pretendiam. O discurso de Sagan não estava distante de uma discussão de cunho político. Ao que nos parece, Ehrlich tampouco se preocupou em disfarçar essas intenções durante sua fala.

Quanto à repercussão do evento nas revistas, na *Science* encontramos uma matéria sobre a conferência de Sagan. A jornalista Constance Holden, em 18 de Novembro de 1983, fez um resumo do evento para os leitores da revista intitulado “*Scientists Describe ‘Nuclear Winter’*”. O fator político “evitado” pelos participantes foi notado pela repórter, quando levanta duas questões presentes nos discursos: “[...] *uma seria o único ataque nuclear de contra força, mesmo que unilateral, poderia ser suicida para a nação que o realizou. E outro seria que ninguém ficaria de fora dos efeitos de tal evento [...]*.” (HOLDEN, 1983, p. 822)³⁷.

³⁷ “One was that a single nuclear counterforce strike, even if unilateral, would be suicidal to the nation launching it. The other was that no one in the world would be unaffected by such an event [...].”

A reportagem informa que buscou comentários dos membros do governo estadunidense e que um burocrata do *Department of Defense* teria dado a resposta que ela mais ouviu “*E daí?*” (*So What?*). Também questionou a tese da “dissuasão nuclear” e se seria afetada pela hipótese divulgada por Sagan e Ehrlich; a resposta era que “*Se os Russos acreditam que nós acreditamos que um primeiro ataque seria suicida, eles podem relaxar um pouco e não colocar tanta fé em sua capacidade de um primeiro ataque [...]*” (HOLDEN, 1983, p. 823)³⁸. Conforme Holden, para o governo dos EUA, seus burocratas e militares, o inverno nuclear inicialmente não importava tanto, ou mesmo, poderia servir como uma ferramenta para manter os ânimos pouco exaltados, por não incentivar uma guerra de grandes proporções entre ambos os blocos.

Em nosso entendimento, o papel político do inverno nuclear estava neste momento definido. Sagan, os demais membros do TTAPS além de Paul Ehrlich tinham alcançado o cerne da questão que envolvia a discussão sobre a hipótese científica: o problema das armas nucleares era global, todo o planeta seria afetado pelas explosões. Abriam, assim, espaço para a discussão sobre o desarmamento, o projeto SDI, a política internacional, a dissuasão nuclear e quase todo o vocabulário que envolvia a disputa de força entre as superpotências e seus aliados durante a Guerra Fria.

A conferência foi a exposição pública dos resultados do TTAPS em se procurava tornar o assunto inverno nuclear uma questão discutida pela sociedade dos EUA e no restante dos países, certamente obteve êxito. Por outro lado, a divulgação e o debate no meio científico, que teve início dois meses depois com a publicação do artigo na *Science* ao final de dezembro de 1983, mostrou que não seria fácil para o grupo vencer as discussões científicas. O artigo, como veremos, procurou dar o suporte científico ao argumento político utilizado durante a conferência. O espaço para as controvérsias estava aberto.

2.3 - O artigo do TTAPS na *Science*

Em 23 de dezembro de 1983, foi publicado na *Science* o artigo do TTAPS sobre o inverno nuclear (TURCO et al., 1983). O texto apresentava os mesmos resultados, cálculos e quase todos os cenários que Sagan utilizou em sua fala na conferência. Entretanto, havia outra forma de narrativa, que fazia uso dos termos e da escrita que

³⁸ “[...] if the Russians believed that we believed a first strike would be suicidal, they might relax a little and not put so much into their own first strike capabilities [...].”

caracterizariam um texto científico, referenciado e que procurava ser o mais claro e neutro possível. Junto a essa publicação, também temos o texto sobre as consequências biológicas do pós-guerra nuclear, assinado por Paul Ehrlich, Carl Sagan, S. Jay Gould (biólogo de Harvard) e outros cientistas que contribuíram com as pesquisas nesta temática (EHRLICH et al., 1983)³⁹.

Como dissemos, o artigo do TTAPS procurou ficar estritamente dentro do formato científico de escrita, argumentação e análise das informações utilizadas. Procuravam seus autores estabelecer o diálogo com a comunidade científica. Para o historiador Lawrence Badash (2009), o artigo do grupo de Sagan serviria para responder as dúvidas e demais incertezas que o meio científico já expressava sobre o inverno nuclear. Questões estas surgidas durante os eventos promovidos pelo grupo ou pelo artigo de Sagan na *Parade*. Conforme o historiador, teve o efeito contrário: “*Invés de trazer uma ordem para a crescente controvérsia sobre o IN [inverno nuclear], o artigo da Science esquentou o debate [...]*” (p. 75). O texto provocou a comunidade científica a discutir a hipótese formulada pelo TTAPS sem, ainda segundo Badash, fomentar a discussão política do enunciado: “*Em vista das implicações políticas das consequências climáticas, os crentes de ambos os lados do espectro político não estavam dispostos a admitir suas avaliações da pesquisa do TTAPS [...]*”⁴⁰. Para o historiador, portanto, não teria havido uma discussão política oriunda do artigo do TTAPS, devido às dúvidas científicas terem permanecido em aberto, algo que impossibilitava que houvesse manifestações de apoio ou repúdio.⁴¹

A nossa interpretação do artigo e das suas consequências vai em outra direção. Em primeiro lugar, o texto, apesar de utilizar uma linguagem científica para apresentar a parte técnica da hipótese do inverno nuclear, não subtraiu os elementos políticos que

³⁹ Os nomes dos demais colaboradores estão na primeira nota de rodapé do artigo: “*John Harte, University of California, Berkeley; Mark A. Harwell, Cornell University; Peter H. Raven, Missouri Botanical Garden; George M. Woodwell, Marine Biological Laboratory, Woods Hole; Joseph Berry, Carnegie Institute of Washington; Edward S. Ayensu, Smithsonian Institution; Anne H. Ehrlich, Stanford University; Thomas Eisner, Cornell University; Herbert D. Grover, University of New Mexico; Rafael Herrera, IVIC, Venezuela; Robert M. May, Princeton University; Ernst Mayr, Harvard University; Christopher P. McKay, National Research Council Associate; Harold A. Mooney, Stanford University; Norman Myers, Oxford, England; David Pimentel, Cornell University; and John M. Teal, Woods Hole Oceanographic Institution*”.

⁴⁰ “*Instead of bringing a sense of order to the growing controversy over NW [Nuclear Winter], the Science paper fueled the debate [...]*” e “*In view of the political implications of the climatic consequences, true believers at both ends of the political spectrum were not about to concede their evaluations of the science that had gone into the TTAPS publication [...]*”.

⁴¹ Retomando o contexto da época, o inverno nuclear colocou em discussão os planos de defesa militar do republicano Ronald Reagan, então presidente dos EUA, e o movimento que era favorável à redução das armas nucleares, ligados ao Partido Democrata.

compunham a tônica do enunciado. E segundo, os debates sobre o tema que seguiram esta publicação traziam um apelo político, sem que houvesse por parte do TTAPS ou de seus críticos a tentativa de esconder suas posições a este respeito.

A intenção do artigo era clara. Os cientistas pretendiam apresentar um estudo científico sobre as consequências atmosféricas, em longo prazo, das explosões nucleares. Uma pesquisa ampla e que abrisse a oportunidade de discussão e incentivasse outras pesquisas a fechar os “buracos” presentes nos trabalhos. Ou seja, compreendemos que tinham noção das limitações e suas implicações. Sabiam que iriam fomentar controvérsias científicas. E certamente conheciam a dimensão política do tema.

O texto publicado pela *Science* foi dividido em várias partes: “Cenários” (*Scenarios*), “Simulações” (*Simulations*), “Transporte Inter-hemisférico” (*Interhemispheric Transport*), “Testes de Sensibilidade” (*Sensitivity Tests*), “Outros Efeitos” (*Other Effects*), “Perturbações Meteorológicas” (*Meteorological Perturbations*) e “Discussão e Conclusão” (*Discussion and Conclusion*), além da introdução. Essas partes apresentaram os resultados específicos obtidos a partir da construção de diversos cenários que eram introduzidos no programa de computador de simulação da atmosfera escolhido para a pesquisa.

Quase uma centena de cenários foi construída pelo TTAPS para abarcar as diversas possibilidades de reações atmosféricas para o inverno nuclear, mas apenas dez deles foram utilizados no artigo, por o grupo acreditar que estes seriam os mais prováveis de ocorrerem. Cenários baseados nas estimativas do total de arsenais nucleares disponíveis no mundo naquele momento, principalmente nos EUA e URSS. Algo por volta de 12.000 megatons ou 17.000 ogivas, que seria equivalente a um milhão de explosões como a de Hiroshima, acontecida em 1945⁴².

O caso-base utilizado por eles foi o de explosões equivalentes a 5.000 megatons e os demais cenários variaram entre 100 e 25.000 megatons; este último seria a pior das hipóteses. O menor cenário, de 100 megatons, era justificado pela possível ocorrência de ataques “cirúrgicos” a determinados alvos estratégicos: urbanos, industriais e militares. Os autores estabeleceram, inclusive, os limites na interpretação dos cenários, já que estes “*são complexos e controversos*” (TURCO et al., 1983, p. 1284)⁴³. Variáveis

⁴² Esta quantidade também foi utilizada durante a conferência de outubro de 1983, porém, no artigo o grupo TTAPS pôde apresentar mais detalhadamente suas escolhas para os cenários.

⁴³ “[...] are complex and controversial [...]”

estas que consideram os três fenômenos que concentravam suas análises: poeira, incêndios e fumaça, elementos que configuravam a maioria dos estudos então realizados sobre explosões nucleares⁴⁴, especialmente os incêndios, que poderiam ser provocados mesmo pela forte luz que seria emitida pela bola de fogo criada na explosão.

Como conclusão geral das simulações, os autores citam uma barreira formada pela poeira e fumaça na atmosfera que diminuiria a incidência de luz solar e o consequente resfriamento da superfície terrestre. Já o efeito estufa (o aquecimento do planeta) não foi constatado “[...] *devido a radiação solar ser depositada acima da altura em que a energia infravermelha é irradiada ao espaço [...]*” (TURCO et al., 1983, pp. 1286-1287)⁴⁵. Além do efeito de resfriamento, a falta de luz solar também afetaria a fotossíntese e com ela a média de crescimento das plantas, a luminosidade ficaria muito baixa por pelo menos 40 dias (Idem).

O tom alarmista, apesar de mais sutil que na fala de Carl Sagan durante a conferência de outubro de 1983, estava presente. As simulações, todas relatadas por figuras, tabelas e a linguagem científica, eram permeadas pelo constante alerta da catástrofe iminente. Os diversos efeitos da guerra nuclear estudados pelo TTAPS, centrados na fumaça, nos incêndios e na poeira gerados pelas explosões dos mísseis nucleares, provocariam problema em qualquer um dos cenários (TURCO et al., 1983).

As simulações e os cenários utilizados, com suas características próprias, eram os principais elementos do artigo e auxiliavam também naquilo que o TTAPS queria que ficasse marcado para seus leitores especialistas: a diferença de seus estudos para os anteriores: “*Ao contrário de estudos anteriores [...] nós entendemos que uma guerra nuclear total pode ter um grande impacto sobre o clima [...]*” (p. 1290)⁴⁶. O tom político do artigo incidiu principalmente sobre três questões: o transporte inter-hemisférico, ataques nucleares em pequena escala e as incertezas sobre muitas dos prognósticos feitos por eles.

O “Transporte Inter-hemisférico” (*Interhemispheric Transport*) ocupou um item do artigo. Nele o TTAPS considerou a probabilidade de a poeira e fumaça levantadas pelas explosões nucleares atravessarem o globo e também atingirem o Hemisfério Sul. Estudos anteriores sobre o assunto davam uma dimensão diferente daquilo que o grupo

⁴⁴ Notadamente o trabalho de Crutzen e Birks de 1982.

⁴⁵ “[...] *because solar energy is deposited above the height at which infrared energy is radiated to space [...]*.”

⁴⁶ “*Unlike most earlier studies [...], we find that a global nuclear war could have a major impact on climate [...]*.”

de Sagan conseguiu: “*No passado, efeitos no HS [Hemisfério Sul] foram entendidos como menores [...]*.” (p. 1290).⁴⁷ As informações que utilizaram para concluir pela possibilidade de um obscurecimento de todo o planeta foram baseadas na observação da atmosfera de Marte. Especificamente no evento de 1971, que instigou Carl Sagan e demais membros do TTAPS estudarem o inverno nuclear, tal como mostramos no item anterior. A partir do exemplo de Marte, o TTAPS concluiu que a transmissão da poeira de um lado a outro deste planeta era impulsionada pela altura que essas partículas atingiam na atmosfera e o total de calor recebido. No caso marciano, dez dias seriam suficientes para que a nuvem abrangesse ambas as partes do planeta (TURCO et al., 1983).

Na Terra, apesar das analogias com Marte, haveria dois fatores que deveriam ser levados em conta e que modificariam o tempo de espraçamento da poeira e da fumaça: a altura da nuvem nuclear alcançaria uma altitude maior e o fato de nosso planeta receber o dobro de calor solar. No entanto, a estas equações devia ser incluída a modificação causada pela chamada “Onda Planetária” (*Planetary Wave*)⁴⁸: “*Perturbações nas amplitudes da onda planetária podem ser críticas no transporte dos detritos da guerra nuclear entre as latitudes médias e baixas [...]*.” (p. 1289)⁴⁹. A nuvem atômica poderia sofrer alterações por explosões nucleares ocorridas em alvos no próprio Hemisfério Sul, pelas monções existentes na região do Equador e pelo calor solar na região da alta atmosfera. Ao observamos a utilização de Marte, podemos entender que não havia tantas semelhanças assim, tal como apontou o TTAPS. O argumento tornava-se mais um pretexto político do que científico, para alavancar a discussão sobre a abrangência da nuvem de poeira atômica por todo o planeta.

O transporte inter-hemisférico traria à tona a necessidade de cooperação internacional para o estudo sobre o inverno nuclear e também agiria como forma de pressão aos governos dos países que detinham armas nucleares ao não restringir a discussão para os EUA e URSS. O problema tornava-se uma questão mundial, onde todos se envolveriam de alguma forma. Esta questão, assim compreendemos, era uma das alavancas políticas do grupo, pois no restante do artigo, os estudos do TTAPS se

⁴⁷ “*In the past, SH effects have been assumed to be minor [...]*.”

⁴⁸ A onda planetária é a dinâmica da atmosfera, na qual a circulação das massas de ar movimenta as partículas suspensas nesta região por todo o planeta.

⁴⁹ “*Perturbations of planetary wave amplitudes may be critical in the transport of nuclear war debris between middle and low latitudes [...]*.”

concentram apenas nos efeitos da guerra nuclear que ocorreriam no hemisfério Norte, o Sul ficou em segundo plano.

Para o grupo, outra questão crucial revelada pelas simulações e cenários estava relacionada com os extensos efeitos climáticos oriundos de explosões de menor potência, entre 100 e 1000 megatons. Estas seriam tão graves quanto os ataques de larga escala, “[...] *se as áreas urbanas forem severamente atingidas, pois mesmo 100 MT são suficientes para devastar e queimar muitas centenas dos maiores centros urbanos do mundo [...]*” (p. 1290)⁵⁰. Além da nuvem de fumaça e poeira, gerada pelas explosões, haveria incêndios nas florestas, nas pradarias, em centros urbanos e industriais, sendo os dois últimos os mais perigosos, pois a quantidade de combustíveis nas áreas urbanas superaria a combustão das florestas. E, por fim, o sinergismo de um longo período de inverno nuclear, que provocaria outros efeitos e levaria a fatalidades adicionais e o esgotamento do ecossistema global.

No artigo o TTAPS se contrapôs indiretamente a dois elementos que eram considerados nos planos estratégicos de defesa dos EUA: um relacionado à possibilidade de sobreviventes à guerra nuclear e o outro era referente ao projeto SDI. Mesmo sem apontar diretamente para estas duas questões, a análise que fizemos encontrou elementos que argumentavam contra essas noções estratégicas.

O primeiro ponto vinha com o fato de que a equipe trouxe um cenário de baixa potência nuclear que mostrava que seus efeitos seriam tão graves quanto um ataque total dos arsenais disponíveis. Isto, conforme nossa compreensão, era também um argumento político, por haver naquele momento a crença entre estrategistas, militares, políticos e até mesmo parte da população, de que haveria um ganhador na guerra nuclear entre os blocos antagônicos. Este vencedor sofreria poucos danos se fosse o primeiro a atacar, ao provocar a diminuição da quantidade de mísseis de contra-ataque enviado pelo inimigo. O cenário de menor escala mostrava que, mesmo assim, a explosão geraria um impacto atmosférico e não livrava os possíveis vencedores dos efeitos climáticos catastróficos (TURCO et al., 1983).

A probabilidade de sobreviventes em uma guerra nuclear tinha sido exposta por Hermann Kahn em seu livro “*On Thermonuclear War*” de 1960. Kahn era um pesquisador especializado em criar cenários futurísticos para o governo dos EUA em várias áreas estratégicas, principalmente no campo militar. O inverno nuclear mostrava

⁵⁰ “[...] *if urban areas were heavily targeted, because as little as 100 MT is sufficient to devastate and burn several hundred of the world's major urban centers [...]*”

que isto talvez se confirmasse num período imediato às explosões, entretanto, no longo prazo, esses sobreviventes estariam fadados à morte pelas intempéries climáticas.

Outro fator estratégico colocado em questão pelo enunciado do TTAPS era o projeto SDI. O escudo espacial de Reagan previa, em sua formulação, a defesa do território dos EUA de ataques em larga escala provenientes do bloco comunista. Uma lógica defensiva que partia do princípio de diminuir os danos no país, pela destruição da maior parte dos mísseis inimigos. O cenário do TTAPS mostrava que, para tal, o SDI deveria ter uma eficiência máxima, ao não deixar que nenhuma ogiva atingisse os EUA. Pois, como eles analisaram, apenas uma ogiva nuclear, devido aos efeitos sinérgicos causados pela explosão, seria suficiente para desencadear uma mudança atmosférica e com ela a alteração no clima.

Por fim, o lado político do artigo trazia, em seu último parágrafo, o argumento mais sintomático de toda a discussão. Algo que teve continuidade nas discussões ocorridas nos números seguintes da *Science* e que repercutiu também na *Nature*. Os cientistas do TTAPS deixaram para o fim – apesar de mencionadas ao longo do texto, escondidas entre uma afirmação e outra – a série de restrições de seus cenários, cálculos e resultados.

Nossas estimativas dos impactos físicos e químicos de guerra nuclear são necessariamente incertas, porque usamos modelos unidimensionais, porque a base de dados é incompleta e porque o problema não é passível de investigação experimental. Nós também somos incapazes de prever a natureza detalhada das mudanças na dinâmica atmosférica e meteorológica implícita em nossos cenários da guerra nuclear ou o efeito de tais mudanças sobre a manutenção ou a dispersão da poeira e nuvens de fumaça iniciais. No entanto, as magnitudes dos efeitos de primeira ordem são tão grandes e as implicações tão graves, que nós esperamos que as questões científicas levantadas aqui sejam analisadas criticamente e com rigor (TURCO et. al., 1983, p. 1290)⁵¹.

As incertezas, a informação complexa, os limites dos modelos computacionais eram elementos que, para o TTAPS, tornariam a pesquisa realizada um caminho inicial para que outros pesquisadores pudessem contribuir com novos dados, reformulações

⁵¹ “Our estimates of the physical and chemical impacts of nuclear war are necessarily uncertain because we have used one-dimensional models, because the data base is incomplete, and because the problem is not amenable to experimental investigation. We are also unable to forecast the detailed nature of the changes in atmospheric dynamics and meteorology implied by our nuclear war scenarios, or the effect of such changes on the maintenance or dispersal of the initiating dust and smoke clouds. Nevertheless, the magnitudes of the first-order effects are so large, and the implications so serious, that we hope the scientific issues raised here will be vigorously and critically examined.”

dos modelos e outras teorias. Mas estavam satisfeitos com o fato de, pela grandeza do objeto que estudaram e pela dimensão dos efeitos previstos, terem conseguido uma argumentação que deveria ser discutida por outros cientistas.

Entendemos que esta é a tônica de todo o artigo. Uma série de incertezas permeadas por afirmações, referências a outros estudos, a outros cientistas e exemplos de acontecimentos que permitiam que chegassem ou se aproximassem de conclusões, que serviam de bases para simulações etc. O TTAPS não procurou fechar o assunto, não deu ao público, cientistas ou não, uma teoria completa e sim um estudo que levantaria questões, problemas e preocupações a serem refletidas em um contexto onde a guerra nuclear era uma ameaça cotidiana.

2.4 - Ehrlich et al. e as consequências biológicas

A divulgação da hipótese científica do inverno nuclear na *Science* trouxe também um artigo assinado por vários cientistas, sendo Paul Ehrlich o autor principal de “*Long-Term Biological Consequences of Nuclear War*” (EHRlich et al., 1983). A sua estrutura não difere da utilizada em sua palestra no já referido evento de outubro. Assim como no texto do TTAPS, os autores deste artigo procuraram desenvolver os temas e conclusões com a descrição dos dados utilizados no estudo e seus resultados. O texto tem um apelo político maior do que o do TTAPS pois também focou naqueles que eram responsáveis pela tomada de decisões, os políticos (BADASH, 2009).

A historiografia sobre o inverno nuclear pouco tratou do artigo de Ehrlich e seus colegas. Badash dedica pouco mais de um parágrafo em todo seu livro apenas para descrever em linhas gerais o conteúdo do texto. Oreskes e Conway não fizeram nenhuma referência. Em David Fisher também não aparece. Paul Edwards segue essa linha e não escreve nada em relação ao artigo (FISHER, 1990; BADASH, 2009; ORESKES e CONWAY, 2010; EDWARDS, 2010).

Para nós o motivo desse pouco interesse historiográfico a respeito do texto de Ehrlich e seus colegas talvez venha do fato de que pouco debate houve sobre o seu conteúdo. Na *Science* e *Nature* não temos nenhuma repercussão a respeito e poucas pesquisas feitas após esta divulgação seguiram a perspectiva dos efeitos biológicos do inverno nuclear⁵². Por outro lado, esse debate mínimo sobre as consequências biológicas

⁵² Apenas o estudo desenvolvido pelo SCOPE teve uma preocupação na investigação desta questão.

do enunciado poderia vir do fato de que a maior parte dos especialistas existentes na questão já havia endossado o texto (vide acima), tornando assim o debate fraco, dado o peso que eles tinham nos estudos biológicos ao redor do mundo.

Entretanto, entendemos que o artigo do grupo de Ehrlich tem um lugar importante na divulgação do enunciado sobre o inverno nuclear no ano de 1983, fazendo parte da movimentação científica promovida pelo TTAPS em torno do papel político que a hipótese continha. Foi no artigo de Ehrlich e seus colegas que o catastrofismo ganhou contornos mais drásticos, apresentando a tese da extinção da humanidade como consequência dos estudos que fizeram a respeito.

Em um contexto marcado pelo alarmismo e o medo real de uma guerra nuclear de grandes proporções entre as superpotências, se o texto do TTAPS fazia os cálculos, o artigo sobre as consequências biológicas do inverno nuclear trazia as imagens do que seria o mundo pós-guerra. Os cenários construídos pelo TTAPS foram o alicerce da análise, mas Ehrlich e seus companheiros consideraram como caso-base unicamente as explosões de 10.000 megatons, valor entendido por eles como mais impactante e que sensibilizaria políticos para que tomassem decisões a respeito (EHRlich, 1983; BADASH, 2009). Segundo os autores escreveram logo no começo do artigo:

Nós acreditamos, entretanto, que os tomadores de decisões devem ser plenamente informados das potenciais consequências dos cenários que mais provavelmente iniciariam os efeitos a longo prazo. Por esta razão nós iremos concentrar este artigo no pior caso de 10.000 MT em lugar dos 5.000 MT utilizados como base do TTAPS (EHRlich et al., 1983, p. 1293)⁵³.

Entendemos que, dada a intenção de provocar os governantes, políticos, burocratas, militares e a sociedade civil, o cenário com as piores consequências foi a escolha certa para trazer o catastrofismo e o alerta aos leitores do artigo. Ao abrirem as argumentações trouxeram o cálculo do número de mortes pelas explosões e o pós-guerra, um total em torno de três bilhões de pessoas. Grande parte disto ocorreria no Hemisfério Norte (EHRlich et al., 1983).

No entanto, a preocupação dos autores não foi com esses valores, mas com a população sobrevivente e as condições de manutenção da vida no planeta: *“Nossa preocupação neste artigo é com as 2 ou 3 bilhões de pessoas que não serão mortas*

⁵³ “We believe, however, that decision-makers should be fully apprised of the potential consequences of the scenarios most likely to trigger long-term effects. For this reason we have concentrated in this article on the 10,000-MT severe case rather than the 5000-MT nominal baseline case of TTAPS [...]”

imediatamente, incluindo aqueles nas nações distantes do conflito nuclear[...].” (EHRlich et al., 1983, p. 1293)⁵⁴. Portanto, com quase cinquenta por cento da população mundial morta ou com sérios problemas de saúde, restaria estabelecer a situação dos ecossistemas terrestres, tal como o tropical, florestal, marinho, atmosférico e da agricultura para mostrar as circunstâncias a que estariam submetidos os seres humanos que restassem.

Neste sentido, o texto estava marcado também pela questão das incertezas, informações incompletas, estudos a serem realizados. Mas o artigo do grupo de Ehrlich apresenta-se com uma conotação diferenciada daquela encontrada no artigo do TTAPS, ao afirmar que *“Isto não está além do reino das possibilidades, entretanto, um evento que abarcaria ambos os hemisférios, com subsequente prejuízo para os organismos que realizam fotossíntese, pode causar um repentino aumento da concentração de CO₂ e assim mudanças climáticas em longo prazo [...].”* (EHRlich et al. 1983, p. 1297)⁵⁵. Em lugar de apontar os limites da análise, Ehrlich e seus colegas fizeram uso direto das probabilidades do evento ocorrer no futuro; as situações ficaram condicionadas a uma série de efeitos sinérgicos que poderiam acontecer, com destaque também aos problemas globais.

Neste modelo de catástrofe de Ehrlich são considerados três fatores: a diminuição da luz visível, a radiação iônica e a radiação dos raios ultravioleta-B (UV-B). Segundo os autores, com a redução da quantidade de luz que atingiria a superfície, as plantas não poderiam, ou então seria reduzida sua capacidade de, realizar a fotossíntese, o que levaria à morte destes organismos. A exposição dos seres humanos à radiação iônica gerada diretamente pelas detonações atômicas ocorreria em poucos dias, um elemento letal para grande parte dos atingidos e alguns tipos de plantas. Caso usinas nucleares, estoque de lixo radioativo e áreas de processamento de combustível fossem atingidos, uma quantidade maior de radiação iônica seria injetada na atmosfera. As mortes por conta deste efeito poderiam não acontecer rapidamente, mas isso apenas significava que muito sofrimento iria acometer os sobreviventes; esses por estarem *“[...]desprotegidos poderiam ficar doentes por semanas e estariam mais inclinados ao*

⁵⁴ “Our concern in this article is with the 2 billion to 3 billion people not killed immediately, including those in nations far removed from the nuclear conflict [...].”

⁵⁵ “It is not beyond the realm of possibility, however, that an event encompassing both hemispheres, with the ensuing damage to photosynthetic organisms, could cause a sudden increase in CO₂ concentration and thus long-term climatic changes [...].”

câncer pelo restante de suas vidas. O número total de pessoas atingidas superaria 1 bilhão [...].” (EHRlich et al., p. 1296)⁵⁶.

Também argumentaram que, nas primeiras semanas depois das explosões, os raios UV-B não seriam uma ameaça, pois a poeira e a fuligem que cobriria a atmosfera iriam absorvê-los. Todavia, meses depois que esses dois compostos sumissem, os raios UV-B entrariam livremente pela atmosfera, pois a camada de ozônio estaria parcialmente destruída. O fluxo desses raios permaneceria constante por cerca de um ano, com implicações para os ecossistemas naturais, quaisquer que fossem os níveis de UV-B que atingissem as plantas e animais⁵⁷. Para os seres humanos, a exposição aos raios ultravioleta causaria a diminuição do sistema imunológico; casos de cataratas e danos nas córneas seriam um dos efeitos e mesmo a cegueira⁵⁸.

Os efeitos das alterações na atmosfera sobre agricultura e os ecossistemas terrestres (tropicais e temperados) e aquáticos fizeram parte do estudo de Ehrlich e sua equipe. Para cada um procurou-se demarcar os principais problemas ambientais que as explosões causariam. De forma geral, eles provocariam a modificação no funcionamento desses sistemas ou então a perda de toda sua atividade. Os diversos elementos químicos que seriam lançados na atmosfera prejudicariam o crescimento de nova vegetação, devastada pelas detonações, e elevaria os níveis de CO₂ atmosférico, devido à diminuição da fotossíntese (EHRlich et al., 1983).

Ainda, segundo os autores, na agricultura, o maior problema viria da dificuldade de produzir os alimentos em grandes quantidades. Com a guerra nuclear, os subsídios químicos que as sociedades humanas incluíam na agricultura acabariam, o que reduziria de forma drástica as plantações; não haveria alimentos suficientes para atender a demanda dos sobreviventes.

Além disso, as nações que agora precisam de grandes importações de alimentos, incluindo aquelas distantes das detonações nucleares, sofreriam uma interrupção imediata do fluxo de alimentos, forçando-os a confiar apenas em seus ecossistemas agrícolas e naturais. Isso seria muito

⁵⁶ “*The unprotected survivors would be ill for weeks and more prone to cancer for the remainder of their lives. The total number of people afflicted would exceed 1 billion.*”

⁵⁷ Conforme escreveram no artigo: “*In large doses, UV-B is very destructive to plant leaves, weakening the plants and decreasing their productivity. Near-surface productivity of marine plankton is known to be depressed significantly by contemporary ambient UV-B levels; even small increases in UV-B could have ‘profound consequences’ for the structure of marine food chains [...].*” (EHRlich et al., 1983, p. 1296-1297).

⁵⁸ “[...] *may be among the most serious unanticipated consequences of nuclear war [...].*” (EHRlich et al., 1983, p. 1297).

grave para muitos países menos desenvolvidos, especialmente aqueles nos trópicos (EHRlich et al., 1983, p. 1297-1298)⁵⁹.

Os autores do artigo consideraram que cada nação sofreria de forma diferente com a falta de alimentos, notadamente aquelas cujos estoques não estavam consolidados. Os países pobres, da zona tropical, seriam os mais atingidos pela deficiência na produção de alimentos para sua população e dependeriam de ajuda externa. O mesmo valia para aqueles que necessitassem importar grandes quantidades de produtos alimentícios de outros países. A variedade de sementes seria afetada e diminuiria os estoques de países como EUA e URSS, assim como a água necessária para irrigar os campos estaria indisponível, congelada durante meses. Dessa maneira, a agricultura seria uma atividade de complicada realização e os pesquisadores chegaram a cogitar o seu fim no pós-guerra nuclear (EHRlich et al., 1983).

Os sistemas terrestres nos trópicos e nas regiões temperadas passariam por uma diminuição das populações de plantas e animais que, somada aos prejuízos na agricultura, não poderiam suprir a alimentação dos sobreviventes: “*A diversidade de muitas comunidades naturais seriam reduzidas quase que certamente e várias espécies de plantas, animais e microrganismos seriam extintas [...]*” (EHRlich et al., 1983, p. 1298)⁶⁰. Tal problema nas zonas tropicais intensificaria a fome da população sobrevivente e também elevaria a quantidade de fuligem na atmosfera. Os autores acreditavam que haveria a queima de áreas florestais, na tentativa da produção de alimentos por parte dos sobreviventes.

A este cenário desolador deviam ser incluídas as consequências para os ecossistemas aquáticos. Para os autores, apesar de a ciência considerar a existência de certo mecanismo de inércia térmica da água, que atrasaria os efeitos do inverno nuclear, grande parte da água fresca disponível para os seres humanos estaria toda congelada. A escuridão diminuiria as cadeias de produção dos organismos marinhos. Ainda, e contrário à opinião dos especialistas de que o ecossistema marinho iria prover o sustento dos sobreviventes, para Ehrlich e seus colegas, os efeitos combinados dos vários outros

⁵⁹ “*After a nuclear war, in short, the available potential supplies of food in the Northern Hemisphere would be destroyed or contaminated, located in inaccessible areas, or rapidly depleted. For nations experiencing the nuclear war directly, food resources would become scarce in a very short time. Further, nations that now require large imports of foods, including those untouched by nuclear detonations, would suffer an immediate interruption of the flow of food, forcing them to rely solely on their local agricultural and natural ecosystems. This would be very serious for many less-developed countries, especially those in the tropics.*”

⁶⁰ “*The diversity of many natural communities would almost certainly be substantially reduced, and numerous species of plants, animals, and microorganisms would become extinct*”.

efeitos colocava em dúvida esta previsão⁶¹. No caso de uma guerra nuclear de grandes proporções, como previam Ehrlich, Sagan, Mayr, Gould e os demais cientistas que assinam o artigo, não haveria condições para alimentar a população que sobrevivesse aos ataques.

Nas conclusões, os autores reafirmam as posições assumidas ao longo do artigo, porém realçadas agora com a ideia de extinção da humanidade. Para eles, os efeitos em longo prazo da guerra seriam “[...] *o bastante para destruir a atual civilização ao menos no Hemisfério Norte [...]*.” (EHRlich et al., 1983, p. 1299)⁶². A extinção da civilização ainda teria como companhia a eliminação da maior parte dos animais e plantas de todo o mundo. Em resumo, a guerra nuclear, tal como desenhada pelos autores, seria o fim da vida no planeta.

O artigo sobre as consequências biológicas, conforme entendemos, dava as cores finais ao enunciado científico do inverno nuclear. Seu teor apresentava a catástrofe planetária e a extinção da humanidade como os resultados da guerra nuclear. O quadro científico construído pelo TTAPS sobre o enunciado se fechava com esta abordagem de Ehrlich e seus colegas.

3 - Um microcosmo de discussões: *Science e Nature* (1983-1988)

Fora das revistas *Science* e *Nature*, as controvérsias após a publicação do TTAPS tiveram lugar em vários meios de comunicação. De fato, segundo Badash (2009), tanto antes quanto depois da publicação dos artigos houve movimentações em torno do enunciado científico. Ações que envolviam os membros do TTAPS e Carl Sagan, o principal articulador entre eles, como também outros atores que se posicionavam seja criticamente ou então como divulgadores da hipótese científica. Para o historiador, as controvérsias tomaram diversas matizes, transformando-se em uma coqueluche para a mídia dos EUA por muitos anos depois de 1983. Sagan escreveu artigos para diversas revistas não científicas, como a *Foreign Affairs* ou a *Parade*, participou de reuniões científicas e de programas de televisão, produziu documentários ou então debateu com outros cientistas sobre o enunciado.

⁶¹ “[...] *the combined effects of darkness, UV-B, coastal storms, destruction of ships in the war, and concentration of radionuclides in shallow marine systems, however, cast strong doubt on this [...]*.” (EHRlich et al., 1983, p. 1299).

⁶² “*It seems unlikely, however, that even in these circumstances Homo sapiens would be forced to extinction immediately [...]*.” e “[...] *enough to destroy the current civilization in at least the Northern Hemisphere [...]*.”

Sobre esta divulgação, Naomi Oreskes e Eric Conway (2010) escreveram que a comunidade científica ficou apreensiva com a dimensão que o inverno nuclear conquistou em pouco tempo. Para eles, Sagan estava embasado em evidências científicas e na crença de desempenhar seu papel de cidadão ao explicar o enunciado ao público. Atitude que provocou no meio científico, e também fora dele, certo incômodo com a forma de publicização dos resultados do TTAPS levada a cabo pelo astrofísico. A sua iniciativa de “ir a público” com o inverno nuclear, segundo os autores, teria prejudicado a sua imagem, de seu grupo de cientistas e da hipótese. Os críticos viram-se armados para questionar a credibilidade científica destes atores e da pesquisa que desenvolveram (ORESQUES e CONWAY, 2010).

Entretanto, ainda dentro da análise feita por Oreskes e Conway (2010), esta relação explícita em Sagan de um cientista como formador de opinião pública foi uma estratégia válida. Os historiadores revelam que foi um sucesso a publicização do enunciado tal como idealizada por Sagan. Isto se deu pela adesão de cientistas na continuidade das pesquisas sobre o tema, que aperfeiçoaram o estudo do TTAPS: “*Os cientistas levaram a sério a hipótese do inverno nuclear e trabalharam na avaliação e melhora das questões, dados e modelos que lhe davam suporte [...].*” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 52)⁶³.

Essa adesão, simbolizada pelo aumento das pesquisas relacionadas, teria provocado ao longo do tempo um consenso científico em torno da hipótese. Mesmo que os grupos de cientistas envolvidos tivessem divergido sobre certos aspectos do enunciado, consideraram que houve o entendimento de que uma guerra nuclear provocaria efeitos climáticos importantes (ORESQUES e CONWAY, 2010). Compreendemos que o acréscimo de pesquisas fortaleceu a argumentação sobre o inverno nuclear. Os novos estudos aos poucos reduziram muitas incertezas em relação ao tema e como consequência também aumentou o papel político dos mesmos, dado o volume maior de cientistas envolvidos na comprovação da hipótese.

A ampliação da discussão em termos políticos levou a outros atores entrarem em cena. Meios jornalísticos de caráter mais conservador da sociedade estadunidense passaram a acusar o TTAPS de fraude científica. Segundo David Fisher (1990), eles utilizavam as críticas de cientistas que se posicionavam contra os resultados obtidos pelo grupo de Sagan e atacavam o fato de que a pesquisa não teria passado por um *peer*

⁶³ “*Scientists took the nuclear winter hypothesis seriously, and worked through it, evaluating and improving the assumptions, data, and models supporting it [...].*”

review de especialistas na área. Esta atitude de vilificar conteúdos científicos polêmicos e que colocavam em risco a ideologia dominante, afirma Fisher, era comum neste tipo de mídia. Mas nos mostra o impacto que o enunciado da equipe de Sagan atingiu junto ao público do país.

Nas revistas *Science* e *Nature*, essas questões também estiveram presentes e caracterizaram, conforme entendemos, um microcosmo dos debates que tomaram corpo fora dessas duas publicações. Discussões, porém, que ficaram na maioria das vezes encobertas pelos argumentos de cunho técnico. Nas páginas das revistas, as dúvidas a respeito dos artigos procuraram questionar os autores a partir das incertezas da hipótese científica em questão. Essas argumentações vieram tanto na forma de correspondências, matérias, editoriais ou em artigos sobre pesquisas científicas que buscavam validar ou então corrigir o estudo do grupo de Sagan.

Na *Science*, o editorial, a seção de cartas e algumas matérias trouxeram à tona o lado político da hipótese científica, enquanto na *Nature*, a linha editorial, conduzida pelo editor-chefe na época, John Maddox, teve a coluna *News and Views* como o principal espaço para expressar a opinião da revista, além das correspondências publicadas.

No setor das revistas reservado para a publicação de pesquisas, seja em artigos ou relatórios, dúvidas maiores sobre a quantidade e alcance da fumaça gerada pelas explosões e incêndios se mantiveram na pauta de discussões. Esta questão foi uma dúvida e uma preocupação entre os cientistas, pois seu cálculo poderia ter diversas variações e isso alteraria os resultados principais da hipótese do TTAPS. Essa e outras incertezas deram o mote principal das discussões científicas sobre o inverno nuclear.

No geral, na *Science*, notamos nas argumentações uma mistura entre os conteúdos científicos e políticos. Os autores fizeram a relação entre as incertezas das pesquisas do inverno nuclear com a questão estratégica das armas nucleares. Não existiu, assim, uma modificação no centro das discussões, as incertezas de um lado e o desarmamento de outro. Nesta publicação, os debates tiveram início logo nas primeiras edições de 1984, com editoriais e cartas que chamavam a atenção para o enunciado e os elementos políticos que suscitava. Nos anos seguintes houve uma mudança significativa de postura. Aparentemente, certa prudência em relação às afirmações científicas tomou conta das páginas da revista. Poucos textos apareceram, a maioria de notícias sobre

novas pesquisas ou então reportagens que traziam os estudos publicados em outras revistas⁶⁴.

A *Nature* manteve a linha editorial por todo o período e proporcionou, também, a presença das duas perspectivas sobre o assunto. Houve, ao longo dos anos, uma intensificação desse diálogo nas correspondências enviadas para a revista inglesa, em sua maioria endereçadas ao TTAPS. A revista divulgou as ações políticas dos EUA em torno da questão, tal como a reação da Casa Branca e seus órgãos às novas pesquisas. Na *Nature*, o encaminhamento dos debates sobre o inverno nuclear, de 1986 em diante, teve uma sobrevida maior do que encontramos na *Science*.

3.1 - Editoriais e opiniões dos leitores

Nas páginas da *Science*, a repercussão dos artigos do inverno nuclear teve início na edição de dezembro de 1983, em que saíram os artigos do TTAPS e de Ehrlich e demais cientistas. Este número trouxe o inverno nuclear como seu destaque, com um editorial dedicado ao tema que o abordou a partir de uma das questões direcionadoras dos debates que vieram na sequência: o discurso político da hipótese científica (CAREY, 1983)⁶⁵.

Este editorial, escrito pelo *Publisher*⁶⁶ da *Science*, William D. Carey, foi sintomático, pelo lado político que trouxe, ao chamar atenção para a relação clara entre a ciência e a política envolvidas no enunciado do TTAPS. Intitulado “*A Run Worth Making*”, o texto não faz apenas a apresentação dos artigos do TTAPS e de Ehrlich e seu grupo, mas questionava o papel social dos cientistas. Para Carey, exemplos como o grupo de Sagan mostravam que os cientistas se tornavam conscientes de sua atividade, daquilo que inventam, propõem e “descobrem” (CAREY, 1983).

Considerou que a consciência científica até então residente em outra dimensão servia como desculpa para que eles ignorassem a violência, que muitas vezes era resultante do conhecimento científico. Inseridos nesta consciência, que cada vez mais se preocupava com o mundo ao seu redor, Carey (p. 1281) escreveu que a forma como a pesquisa do inverno nuclear estava sendo discutida era “[...] uma coisa muito boa para

⁶⁴ A *Science*, durante o período recortado para a pesquisa, exibia uma seção na qual um de seus editores destacava aos leitores algumas pesquisas que foram publicadas em outras revistas científicas.

⁶⁵ Além deste texto de Carey também foi publicada uma matéria sobre o tema, na qual questionava um relatório do governo dos EUA (FOX, 1983).

⁶⁶ O “*Publisher*” seria o equivalente ao diretor de uma revista.

*a integridade da ciência e um sinal de coragem, que algo em torno de 40 cientistas de altos cargos venham a público com suas considerações sobre os efeitos atmosféricos globais e as consequências de longo prazo da guerra nuclear [...].*⁶⁷. A postura do TTAPS e dos demais cientistas que endossavam o artigo sobre as consequências biológicas do inverno nuclear era vista pelo autor como uma atitude de responsabilidade sobre os enunciados, os fatos, as pesquisas e tudo aquilo que estava ligado ao trabalho do cientista e que, de certa maneira, “[...] *a ciência vagarosamente vai ganhando vida*” (CAREY, 1983, p. 1281)⁶⁸.

A nosso ver, Carey parece ter tido a noção exata do significado das pesquisas e da sua importância no contexto da Guerra Fria. As ciências serviriam como um alerta contra a escalada armamentista das superpotências da época, que podia servir como uma forma de argumentação para os governos que não avançavam nos tratados de não proliferação atômica. Os artigos publicados eram, para o editor, uma mostra de que ciência, sociedade e política eram cúmplices e que a primeira deveria ter um lugar fundamental nas decisões das duas últimas “*Por tudo isto é obvio que a ciência é uma força universal, um verdadeiro parceiro nos trabalhos da sociedade e de governos [...].*”. Enquanto tal as ciências deveriam agir responsavelmente e fazer a diferença em assuntos importantes, mas na questão armamentista isto não estava ocorrendo: “*Pode supostamente a ciência não fazer diferença em uma questão que transcende as demais? Os cientistas não irão engolir isto.*” (CAREY, 1983, p. 1281)⁶⁹. A discussão política foi escancarada no editorial de Carey, por não levantar somente questões pertinentes ao meio acadêmico; o inverno nuclear ultrapassava determinadas barreiras e influenciava diretamente o meio social em um assunto de tamanha importância na época, o desarmamento.

Em fevereiro de 1984 aparece outro editorial sobre inverno nuclear na *Science*: “*Mutual Deterrence or Nuclear Suicide*”, por Herbert A. Simon, um cientista político da *Carnegie-Mellon University* dos EUA. No texto, o autor, com uma atitude mais cética que a de Carey, trouxe um elemento para o debate sobre o desarmamento e o inverno nuclear – os usos políticos que tal enunciado poderia ter. Para ele, havia a possibilidade

⁶⁷ “*It has been a very good thing for the integrity of science, and a sign of courage, that some 40 scientists of high standing have gone public with their considered estimates of the global atmospheric effects and long-term biological consequences of nuclear war [...].*”

⁶⁸ “*The conscience of science comes, a step at a time, to life.*”

⁶⁹ “*For all that is obvious about science as a universal force, as a trusted partner in the Works of society and governments [...].*” e “[...] *can it be supposed that science cannot make difference in the one matter that transcends all the others? This is not a conclusion that scientists will swallow.*”

de um suicídio das nações que fizessem uso das armas nucleares, como constatado pelas pesquisas do TTAPS; considerou que a *dissuasão nuclear* era uma política falha e que era um dever dos governantes encontrar uma alternativa para ela. Entretanto, o autor não aceitava completamente a afirmativa da não sobrevivência humana no pós-guerra presente nos resultados do inverno nuclear (SIMON, 1984)⁷⁰. Simon afirma que isto não deveria ser levado tão precipitadamente em conta, pois

Nem a base científica para o inverno nuclear, nem as suas implicações estratégicas foram examinados na profundidade exigida. É muito cedo para tirar conclusões definitivas sobre o que deve reger a estratégia de implantação de uma arma supostamente suicida [...] Seria temerário proceder sobre isto, sem uma análise mais aprofundada do inverno nuclear, que ainda não foi feita, e um cuidadoso estudo de estratégias alternativas (SIMON, 1984, p. 775)⁷¹.

Para Simon (1984), as conclusões sobre o enunciado ainda eram muito simplistas. Mesmo assim, ainda se caracterizava como uma questão que modificava o panorama do uso das armas nucleares. Ao final do editorial, afirma que uma avaliação pormenorizada do inverno nuclear deveria ser feita, de modo que as estratégias militares pudessem ser redirecionadas no sentido de conter um ataque suicida dos EUA e o medo deste mesmo tipo de ataque vindo da URSS.

Pelas páginas da *Nature*, o possível alarmismo social gerado pelo conteúdo do enunciado do TTAPS também era uma questão tratada, principalmente pelo grande interesse de John Maddox (então editor-chefe da revista) no tema. Seus comentários aparecem em 1984, normalmente nas mesmas edições em que pesquisas relacionadas ao tema eram publicadas. O teor de seus textos, em sua maioria, pregava a cautela ao se tomar o inverno nuclear como algo comprovado cientificamente. Para o editor da revista seria necessário existir um volume maior de estudos, de forma que o tema não fosse utilizado erroneamente, segundo seus termos, como uma ferramenta política. O enunciado poderia provocar um alarmismo social sem que tivesse ocorrido o consenso científico sobre o mesmo.

⁷⁰ “Nuclear weapons, by their guarantee of suicide, become their own deterrent [...]”

⁷¹ “Neither the scientific basis for the nuclear winter nor its strategic implications have been examined in the depth that they require. It’s too early to draw firm conclusions about what strategy should govern the deployment of a presumptively suicidal weapon [...] It would be rash to proceed on it without a more thorough analysis of the nuclear winter than has yet been made and a careful study of alternative strategies.”

Destacamos dois comentários que fez na seção *News and Views* que tratam desse problema: “*Nuclear Winter and Carbon Dioxide*” e “*Where Now with Nuclear Winter?*”, ambos de 1984 (MADDOX, 1984c; MADDOX, 1984d). Em ambos Maddox questiona as conclusões do TTAPS e aquilo que politicamente estava sendo feito com elas. Para o editor-chefe da *Nature*, mais e mais pesquisas, melhores ou com uso de programas computacionais de maior abrangência, teriam o mesmo efeito de gerar maiores expectativas e provocar certo pânico na sociedade (MADDOX, 1984c).

Esta política acaba por fluir profundamente no segundo texto, em 20 de dezembro de 1984, quando Maddox mostra as divergências entre os relatórios da *National Academy of Sciences* (NAS) dos EUA e o documento de dois volumes, mencionado no início deste capítulo, desenvolvido pelo SCOPE –; apesar de sua divulgação estar marcada para o ano seguinte, algumas conclusões foram expostas em seminários. A NAS mostrava um tom de precaução em suas análises e não utilizou o termo “*inverno nuclear*”, detalhe comemorado por Maddox pelo que chamou de questão “gráfica” da expressão; o relatório ainda dizia que as consequências das detonações nucleares seriam menores do que as apresentadas pelo TTAPS. Nas palavras de Maddox isso era uma questão importante pois o “*Inverno nuclear [...] pode quase que certamente ser menos severo, com menor amplitude e duração que Turco et al. declararam originalmente e pode mesmo ser indistinguível de um verão nuclear (que não é também uma perspectiva interessante) [...]*” (MADDOX, 1984d, p. 696)⁷². A intenção do editor-chefe da revista era chamar a atenção para os efeitos a que determinadas posturas poderiam levar. Para ele, a prudência nas afirmações seria o melhor caminho e assim “[...] *isto pode ajudar as pessoas a dormirem melhor em suas camas.*” (1984d, p. 696)⁷³.

Temos outro texto de Maddox, intitulado “*Nuclear Winter Not Yet Established*” publicado em 1984. Neste comentário o editor-chefe da *Nature* fez alusão a uma pesquisa publicada na revista, que veremos adiante, e critica o TTAPS por questões técnicas, portanto, um comentário diferente do teor daqueles expostos acima. A questão é que o editor refere-se aos problemas do enunciado publicado pelo TTAPS. Apesar de reconhecer que era um estudo preliminar, considerava haver dois motivos que o tornavam menos convincente: por um lado, pela falta de um artigo do grupo que

⁷² “*Nuclear winter [...] would almost certainly be less severe, less widespread and shorter-lasting than Turco et. al. originally declared and might even be indistinguishable from nuclear summer (which is not a pleasant prospect either) [...]*”

⁷³ “[...] *it might help people to sleep more easily in their beds.*”

detalhasse questões inacabadas do texto inicial e, por outro, a fragilidade do modelo unidimensional que utilizaram. Para Maddox, muita pesquisa deveria ser feita para que houvesse a plausibilidade incontestável da hipótese do inverno nuclear. No estado em que se encontrava, a possibilidade de refutação levaria ao enfraquecimento dos argumentos (MADDOX, 1984a).

Maddox escreveu algo relevante sobre o inverno nuclear somente quatro anos depois, em 1988, quando novamente trouxe a questão política⁷⁴. Em “*What Happened to Nuclear Winter?*” retomou com maior ênfase a questão política e as incertezas sobre o tema, ao considerar que a revisão realizada por outras pesquisas havia provado que o enunciado tinha atingido maturidade para ser aceito como um estudo científico: “*Quando chegar a hora, esperamos que os cientistas deem respostas com maior confiança sobre a questão do inverno nuclear, com opiniões devidamente cobertas com certa qualidade em relação aos caminhos nos quais os modelos são incorretos [...]*.” (MADDOX, 1988a, p. 203)⁷⁵. Como analisamos mais a frente, a afirmação de Maddox sobre a maturidade científica do enunciado veio em um momento no qual o próprio tema se esvaía do meio científico e político e perdia espaço para outros debates, como o relacionado ao buraco na camada de ozônio.

Maddox, tal como compreendemos, assumiu uma postura de cautela sobre o inverno nuclear em todo o período de duração do debate. Mas, apesar dessa relutância em apontar para um lado das discussões, procurou mostrar que hipóteses científicas deste calibre eram polêmicas. Ao serem divulgadas ao público sem a devida comprovação acadêmica, teriam a tendência a alarmar a população e não contribuiriam para o progresso científico. O editor-chefe da *Nature* cobrou, a sua maneira, uma consciência política mais madura dos cientistas, diferentemente daquilo que Carey, na *Science*, escreveu quando exaltava a entrada das ciências na vida política.

3.2 - O debate nas correspondências científicas

As correspondências trocadas entre os cientistas através das páginas das revistas também foram um meio de debates políticos para o enunciado do inverno nuclear. Esta

⁷⁴ Neste meio tempo seus comentários sobre o tema estavam ligados a pesquisas publicadas na *Nature*, veremos isto adiante.

⁷⁵ “*When the time comes, it is to be hoped that they will respond more confidently than to the issue of nuclear winter with opinions properly hedged with specific qualifications about the ways in which the models are incorrect [...]*.”

seção promovia o contato direto entre os críticos e aqueles que divulgavam o inverno nuclear. De forma geral, os temas levantados pelos autores diziam respeito ao desarmamento nuclear e ao papel social dos cientistas, algo muito semelhante ao que vimos nos editoriais. Seleccionamos algumas dessas correspondências que ilustram o teor político que balizou essa seção das revistas ao longo do período recortado.

Na *Science*, em janeiro de 1984, sai a primeira correspondência que faz menção aos artigos de dezembro do ano anterior. O meteorologista e então vice-presidente da *Atmospheric Sciences of the International Council of Scientific Unions* (ICSU) Thomas F. Malone escreveu “*Preventing Nuclear War*”. Este autor, que participou ativamente da conferência de outubro, elogia a posição do editor da *Science*, Carey, em incitar os cientistas em favor do desarmamento (MALONE, 1984).

Para Malone era importante haver a cooperação entre os grupos científicos, especialmente na relação entre EUA e URSS, com o intuito de estimular o fim das armas nucleares: “*Se a cooperação na ajuda à prevenção do holocausto nuclear obtiver um sucesso pequeno, talvez o terreno fique aberto de forma positiva para outras questões globais que precisam ser resolvidas para se conseguir um mundo harmonioso [...]*.” (MALONE, 1984, p. 340)⁷⁶. Malone não cogita, em nenhum momento, a possibilidade de que os resultados das pesquisas fossem invalidados, mas, como integrante dos esforços para a divulgação dos enunciados, tinha a convicção de que o papel que desempenhavam era crucial para resolver o problema das armas nucleares e construir um mundo melhor.

Na *Nature*, a presença quase que constante das duas visões sobre o inverno nuclear, tanto daqueles que apostam no enunciado quanto dos que o desqualificam, não estava representada apenas nos textos de Maddox. Esse balanço da disputa científica aparece em todas as seções da revista. A seção de correspondências da revista deixava evidente a vinculação do tema com as questões políticas. As desavenças entre os que concordavam com o enunciado do TTAPS e aqueles que o criticavam apareciam nas páginas da revistas mais constantemente que na *Science*, com a troca de argumentos muitas vezes direcionada ao editor-chefe John Maddox e seus comentários.

Em “*Nuclear Winter to be taken seriously*”, de 1984, o grupo de Sagan se mostra consternado com as críticas de Maddox a suas pesquisas sobre o inverno nuclear. A

⁷⁶ “*If cooperation in helping to prevent nuclear holocaust achieves a modicum of success, perhaps the groundwork will have been laid for addressing in a positive fashion those global issues that must be resolved to achieve harmonious world [...]*.”

argumentação do TTAPS mostrava o valor de seus trabalhos e tentava fortalecer seu ponto de vista ao trazer outros cientistas que endossaram e apoiaram suas conclusões. Uma das formas de entender a importância do enunciado, segundo o grupo, estaria no fato de que milhões foram investidos em pesquisa e que laboratórios governamentais, tanto dos EUA quanto da URSS, estariam desenvolvendo estudos nesta área e também que “*O porta-voz do Departamento de Defesa recentemente testemunhou que eles veem o inverno nuclear com muita seriedade [...]*.” Assim, a validade do enunciado passava por quanto a Casa Branca se interessava pelo assunto; como estava em andamento uma pesquisa sobre o assunto pelo Departamento de Defesa (DOD), como relatamos no início do capítulo, para eles isto significava um amparo político importante e que o trabalho era válido (TURCO et al., 1984, p. 307)⁷⁷.

Em resposta, Maddox afirma que seus objetivos eram de lembrar aos leitores das incertezas dos trabalhos publicados tanto na *Nature* quanto na *Science*. E realmente, entendemos que ele promoveu essa espécie de debate, ao apresentar os dois lados dos argumentos. O que incomodava Maddox era a perspectiva unilateral que poderia provocar o público a entender a catástrofe nuclear como algo real e iminente. Provavelmente, por estar fora do contexto político militar dos EUA, o editor da *Nature* não percebia no mesmo nível o medo que fazia parte da sociedade deste país neste momento de plena Guerra Fria (MADDOX, 1984b).

Maddox afirmou também que não acredita que o TTAPS estaria politicamente motivado, mas que não compreendia como puderam, no caso Sagan, divulgar tal enunciado em jornais e revistas, como a *Parade Magazine* e a *Scientific American*, que nitidamente poderiam provocar a “*imaginação pública*” mesmo que tivessem utilizado uma “[...] *linguagem sóbria sem alertar os potenciais leitores das armadilhas que pode haver [...]*” e que seriam ingênuos em não verem como o inverno nuclear poderia ser utilizado pelos políticos (MADDOX, 1984b, p. 307)⁷⁸. Maddox, assim, manteve a mesma postura de seus comentários anteriores: pregou cautela e o incentivo a novas pesquisas.

Em 1985 as cartas mudam ligeiramente de teor. A questão política ainda era um problema questionado por outros cientistas, a diferença era que, neste momento, devido ao número maior de pesquisas sobre o inverno nuclear, as correspondências traziam os

⁷⁷ “*Spokesmen for the US Department of Defense have recently testified that they take nuclear winter very seriously*”.

⁷⁸ “[...] *sober language without a warning to all potential reader of the pitfalls there must be [...]*.”

novos elementos científicos que estavam sendo relacionados ao tema, tanto para criticar quanto para dar suporte ao enunciado.

A edição da *Science* do dia 25 de janeiro de 1985 trazia duas cartas, a do físico atmosférico e professor da *University of Virginia* S. Fred Singer e a de Cresson H. Kearny, pesquisador de defesa civil do *Hudson Institute*, além da réplica do TTAPS. A carta de Singer foi a primeira apresentada. Segundo o cientista, algumas prerrogativas assumidas pelo TTAPS estariam equivocadas e assim os cenários por eles desenvolvidos poderiam ter diferentes conotações, como os equívocos em relação ao tipo de espriamento do material particulado (poeira e fumaça) e a duração destas na atmosfera (SINGER, 1985).

Nos últimos parágrafos vem à tona o lado político das afirmações de Singer, quando passa a dizer que as conclusões de Sagan e seus colegas haviam sido tomadas sem precaução. Exemplificou este ponto com o texto do grupo de Ehrlich, que estava baseado nas conclusões do TTAPS e isto, segundo ele, gerava um problema ético. Por conta de duas questões que levanta: “*Primeiro, a previsão de um holocausto global faz a guerra nuclear menos provável? E segundo, poderiam os cientistas, portanto, ignorar os cenários que produzissem resultados menos severos?*” (SINGER, 1985, p. 356)⁷⁹. De falhas na pesquisa até um problema ético, a questão de Singer vai direto à controvérsia política que envolve todo o inverno nuclear. Seus questionamentos dizem respeito à credibilidade dos cientistas, por propagarem a ideia de uma catástrofe com um estudo que, a seu ver, era direcionado para mostrar o desastre.

A carta de Kearny vai no sentido contrário de Singer, ao dizer que o TTAPS teria montado cenários sobre as consequências das bombas nucleares que subestimariam a quantidade de combustível presente nas cidades, principalmente as soviéticas. Ou seja, que os dados do grupo não levariam em conta o pior cenário, pois não haviam calculado adequadamente este fator (KEARNY, 1985).

Kearny apresenta em sua argumentação as possíveis estratégias militares da URSS com sua concentração nas cidades dos principais centros de comando, além da necessidade soviética de utilizar os meios urbanos como pontos principais de reabastecimento e rearmamento de seus submarinos e aviões. Para ele, os cientistas ocidentais “[...] *deveriam dar prioridade ao desenvolvimento de cenários de ataque realísticos baseados nos conceitos soviéticos para a guerra moderna e nos tipos de*

⁷⁹ “*First, does prediction of a global holocaust make nuclear war less likely? And, second, should scientists therefore ignore scenarios which produce less severe global outcomes?*”

incêndios e sua extensão que poderiam ser iniciados por um ataque nuclear soviético” (KEARNY, 1985, p. 357)⁸⁰. Kearny inferia que o TTAPS teria se baseado no método ocidental de guerra e esqueceu detalhes do arsenal soviético e suas concepções de confronto armado. O autor previa que todas as cidades seriam incendiadas em um ataque nuclear. A preocupação estava no fato de os líderes soviéticos não darem a devida importância aos perigos do armamento, assim como os líderes dos EUA, o que poderia ser um desastre para a paz mundial (Idem).

A réplica do TTAPS foi longa, tomou quase quatro páginas da revista. Mas não trouxe nada de novo em seus argumentos, apenas uma reafirmação da validade de suas pesquisas. Refutam os argumentos de Singer em apenas poucos parágrafos, por estes já terem sido comentados “extensivamente” em outros momentos e em outros fóruns e que *“Muitos de seus pontos são formulados inadequadamente ou são um simples erro [...]”* (TURCO et al., 1985, p. 358)⁸¹. Para eles, Singer representaria um desentendimento comum de suas pesquisas e seu problema ético era um comentário *“[...] obscuro e não relacionado ao nosso trabalho publicado. Cientistas não ignoraram os cenários que produziram resultados menos severos [...] todos os tipos de cenários foram examinados sem o reconhecimento antecipado de um desastre como o inverno nuclear [...]”* (Idem)⁸². Singer não merecia, assim, uma resposta mais detalhada; sua tentativa de desacreditar ou diminuir as pesquisas do TTAPS era entendida por eles como comum e já muito respondida.

Nossa compreensão disto é que o TTAPS se concentrou apenas em desmontar a argumentação de Kearny, pois, de certa maneira, ele também desacreditaria o trabalho publicado, mas diferente de Singer, ele trazia problemas significativos para serem discutidos. Ponto a ponto, o argumento de Kearny foi debatido, desde a questão estratégica dos soviéticos que, para o TTAPS, seria fundada em uma crença do autor sobre a política externa da URSS e não na realidade de um conflito das proporções que previam. A hipótese de Kearny sobre o extenso incêndio urbano, que aumentaria em muito os efeitos da fumaça e poeira, não era levada em conta pelo grupo de Sagan, por não ser compreendida como realista dentro das situações militares previstas em caso de guerra: *“É muito provável que as cidades serão prejudicadas e incendiadas nos ataques*

⁸⁰ “[...] should give priority to developing realistic attack scenarios based on Soviet concepts of modern war and on the types of fires and the extent of fires that would be ignited by a Soviet nuclear attack [...]”

⁸¹ “Many of his points are either inadequately formulated or simple mistaken [...]”

⁸² “[...] obscure and unrelated to our published work. Scientists are not ignoring scenarios that produce less severe global outcomes [...] all types of scenarios had been examined without recognition of the disastrous contingency of a global nuclear winter [...]”

contra alvos militares e industriais próximos [...].” (Idem)⁸³. Portanto, para o TTAPS, a catástrofe não seria tão devastadora quanto entendia Kearny, pois a dimensão dos incêndios seria menor, desde que se acreditasse nos especialistas estadunidenses em lugar dos documentos militares soviéticos.

Nos anos seguintes, poucas foram as correspondências trocadas entre os cientistas sobre o tema. A expectativa por novos estudos, tal como aqueles descritos no início do capítulo, acalmou os ânimos das controvérsias nesta seção. E assim, como nos editoriais, abriu-se uma lacuna de debates que não foi preenchida nos anos seguintes pelos cientistas.

Por fim, a seção de cartas, em nosso entendimento, foi um espaço no qual a vinculação entre o contexto e a hipótese científica era direta. Observamos que, em qualquer situação levantada, os argumentos eram pautados pela questão política e a científica. A presença do acontecimento histórico foi marcante tanto na elaboração do enunciado e como de toda a polêmica que ele gerou nos anos seguintes. A Guerra Fria foi um fato que tornou ainda mais evidente as redes traçadas pelas ciências.

3.3 - *As incertezas nos artigos científicos*

As dúvidas no conteúdo científico tornavam a aceitação da hipótese algo difícil no meio acadêmico e, apesar de estarem diretamente relacionadas a problemas de cunho técnico, elas fomentavam também o debate político. Ao longo de todo o período de maior intensidade da controvérsia (1983-1986), as pesquisas publicadas em ambas as revistas traziam certo grau de suspeitas, seja ao tentar resolvê-las ou por expô-las para serem discutidas posteriormente.

O artigo de maior repercussão publicado após os trabalhos do TTAPS saiu na *Nature* em 1984. “*Global Atmospheric Effects of Massive Smoke Injections from a Nuclear War: Results from General Circulation Model Simulations*” foi assinado por C. Covey, S. Schneider e S. Thompson, cientistas atmosféricos que atuavam no *National Center of Atmospheric Research* (NCAR) dos EUA (COVEY et al., 1984). O texto publicado tinha como objetivo analisar a hipótese do inverno nuclear a partir de um modelo computacional diferente daquele utilizado pelo TTAPS. Assim, poderiam ser

⁸³ “*It is much likely that the cities would be damaged and burned in attacks against nearby military and industrial targets [...].”*

analisadas uma maior quantidade de fatores e informações que nas pesquisas realizadas pelo TTAPS e seu modelo unidimensional⁸⁴.

O ponto principal deste estudo era a possibilidade de colocar na análise um complexo Modelo Geral de Circulação da Atmosfera, que permitiria dar um passo adiante nas pesquisas do grupo de Sagan: “*Neste estudo nós investigamos, usando um modelo geral de circulação (MGC) tridimensional, as consequências para a atmosfera devido a semanas de fumaça gerada em uma guerra nuclear – a saber, perturbações na atmosfera e na temperatura da superfície, ventos etc.*” (COVEY et al., 1984, p. 21)⁸⁵. A grande questão era determinar a capacidade de espreadimento e a altitude que fumaça e poeira atingiriam na região estudada e assim verificar as possíveis quedas de temperatura e sua duração. O estudo se baseou nas quantidades de explosões que o TTAPS aferiu em seu artigo e seus resultados acabam por confirmar que as detonações nucleares levariam a “[...] *reduções dramáticas na temperatura da superfície [...]*.” (Idem, p. 24)⁸⁶.

Essas diminuições, porém, não seriam da mesma monta que as apresentadas pelo grupo de Sagan. Esta foi a maior divergência entre ambos e depois utilizada como argumento político. Para Covey, Thompson e Schneider a temperatura não cairia para em torno de -30°C e -40°C, mas sim uma queda em torno de 10°C a 20°C em relação à temperatura média. Os seus resultados ficaram conhecidos no meio científico como “outono nuclear”, um efeito climático que, apesar de brando, ainda seria suficiente para a derrocada dos sistemas de agricultura do planeta e as posteriores sinergias (COVEY et al., 1984).

Covey e seus colegas, apesar de interpretarem os dados de forma diferente do grupo TTAPS, não discordaram de forma geral dos problemas relacionados ao enunciado. O outono nuclear deles, comemorado por alguns críticos porque mostraria o erro nos cálculos de Sagan, não descaracterizava o problema político em pauta. Para eles, Covey, Thompson e Schneider, a discordância em relação à temperatura que o planeta teria com a nuvem atômica não diminuía a importância do enunciado; ao

⁸⁴ O TTAPS utilizou um modelo unidimensional em que poucas informações climáticas eram inseridas com resultados específicos dentro de apenas uma ótica (altitude, latitude, longitude etc.), assim era limitado espacialmente. O modelo tridimensional que estes outros cientistas usaram valia-se de uma capacidade maior de processamento de dados e os inseria em uma base mais ampla na qual as informações eram integradas segundo várias perspectivas de latitude, longitude e altitude.

⁸⁵ “*In this study we investigate, by using a three-dimensional general circulation model (GCM), the atmospheric consequences over a few weeks of smoke generated by a nuclear war – that is, perturbations in atmospheric and surface temperature, winds, etc.*”

⁸⁶ “[...] *dramatic reductions in land surface temperature [...]*.”

contrário, apenas ressaltava a necessidade de mais pesquisas, em seu cerne a questão permanecia intacta (COVEY et al., 1984).

Os demais cientistas que refizeram os estudos do TTAPS tiveram como preocupação maior a análise da fumaça gerada após os eventos nucleares. Para a maioria deles a questão era primordial para se entender as consequências climáticas em longo prazo das explosões. O espriamento e a altura atingida pela fumaça se tornaram o nó górdio das discussões, pois determinar esses fatores era estabelecer ou não todo o enunciado do inverno nuclear.

A *Nature* publicou em 1986 um relatório de pesquisa que fazia considerações sobre a fumaça: “*Importance of Local Mesoscale Factors in Any Assessment of Nuclear Winter*”, do grupo do climatologista B. W. Golding, que atuavam no *Meteorological Office* em Londres. O texto apresentou a análise da fumaça gerada a partir de uma perspectiva climática em menor escala (mesoescala). Nesta dimensão, os autores chegam à conclusão de que a fumaça na atmosfera seria limpa pela chuva que se seguiria aos eventos, com poucos efeitos sobre o clima global. Um resultado que alteraria significativamente os estudos sobre o inverno nuclear, pois estes estariam baseados em modelos climáticos de grande escala e não considerariam, portanto, as modificações regionais que a fumaça sofreria. Os autores entendiam que os estudos ainda não tinham o nível desejável de apuramento e de proximidade com a realidade climática e eram necessárias novas pesquisas para atingir esse objetivo (GOLDING et al., 1986).

Na *Science*, a fumaça teve uma repercussão significativa. Dois artigos de 1985 nos permitem ter a dimensão do problema: “*Smoke Production from Multiple Nuclear Explosions in Non Urban Areas*”, publicado em agosto com autoria de R. D. Small e B. W. Bush, cientistas que atuavam na *Pacific-Sierra Research Corporation*. E em outubro, sai o texto do grupo do cientista R. C. Malone, pesquisador do *Los Alamos National Laboratory*, intitulado “*Influence of Solar Heating and Precipitation Scavenging on the Simulated Lifetime of Post-Nuclear War Smoke*”, que contou com a participação de Owen B. Toon, um dos membros do TTAPS.

Os dois trabalhos estão relacionados basicamente ao mesmo problema: a questão da fumaça gerada pelos incêndios. Também refletem a preocupação dos cientistas em resolver as incertezas dos estudos mais gerais produzidos pelo TTAPS e outros que seguiram, como o de C. Covey, S. Schneider e S. Thompson.

Os resultados deles contribuem para a controvérsia na medida em que compreendem as especificidades e limitações dos trabalhos até então realizados. Small e Bush, ao trabalharem os incêndios em áreas não urbanizadas, preveem que a quantidade de fumaça gerada seria bem menor do que aquela calculada por outras pesquisas, porém, afirmam em nota ao final do texto, consideraram apenas as áreas afastadas das zonas urbanas, especificamente a região rural (SMALL e BUSH, 1985)⁸⁷. Ou seja, seus cálculos eram representações de incêndios “puros” em áreas rurais, sem a participação dos sinergismos urbanos; por isso, a quantidade menor de fumaça gerada, algo que apenas reconheceram na última nota do texto.

No texto do grupo de Malone temos a mesma formulação de resultados. Na pesquisa, eles estudaram a interação entre a fumaça dos incêndios gerados pelas explosões nucleares e o calor solar que atinge a atmosfera. A conclusão dos cientistas era de que “[...] o aumento da duração da fumaça pelo calor solar implica um aumento na duração do efeito do inverno nuclear [...]” (MALONE et al., 1985, p. 318)⁸⁸. Analisaram, portanto, uma das discussões sobre a durabilidade da fumaça na atmosfera.

Logo em seguida, estes pesquisadores mostram que, devido à época do ano em que os ataques ocorressem, a interação calor-solar/fumaça-atmosférica seria diferenciada, “[...] efeitos climáticos menores, tanto como duração menor da fumaça, foram encontrados para menores quantidades de fumaça emitida [...]” (MALONE et al., 1985, p. 318)⁸⁹. Permanecia a dúvida quanto à quantidade de fumaça e sua duração, pois as certezas estariam acopladas a dados exatos, que só poderiam ser obtidos com estudos mais apurados.

Constatamos que não houve ao longo do período analisado uma definição a respeito dessas incertezas. As pesquisas que vieram na sequência destes trabalhos não avançaram em nenhum aspecto de maneira a resolver as dúvidas seja sobre a fumaça ou outras questões. O enunciado do TTAPS necessitava de provas empíricas para responder aos críticos, e tais provas só poderiam ser obtidas caso uma guerra nuclear ocorresse. Mesmo as explosões que serviam de testes para os militares tinham, dentro da perspectiva levantada pela equipe de Sagan, limitações nas informações e não poderiam auxiliar nesta questão.

⁸⁷ “[...] only rural fires such as may result from an Exchange in which cities are avoided. The amount of smoke produced by urban fires may be greater than the threshold level [...]” (p. 469).

⁸⁸ “The increase in smoke lifetime due to solar heating implies an increased duration of the nuclear winter effect [...]”

⁸⁹ “Smaller climatic effects, as well as shorter smoke lifetimes, are found for smaller amounts of injected smoke [...]”

4 - A Guerra do Golfo e o fim do inverno nuclear (1990-1992)

Em 1990, o TTAPS apresentou um novo artigo “*Climate and Smoke: an Appraisal of Nuclear Winter*”, publicado pela *Science*. Sem o mesmo alarde que o artigo de 1983, continha o apuramento dos modelos e métodos e reconstituíram o caminho das pesquisas desde aquele ano. Quanto à inovação do artigo, os autores trouxeram novos dados em relação às emissões de fumaça e os efeitos óticos, com uma preocupação maior relacionada à fuligem das explosões e incêndios (TURCO et al., 1990).

De maneira geral, o artigo, com doze páginas, maior então que o primeiro de 1983, não apresenta o mesmo tom catastrófico e o apelo político que vinha sendo a tônica do grupo, e de Carl Sagan, mais diretamente. A proposta, pautada pela linguagem científica aceita pela comunidade, traz uma sóbria análise de vários pontos que eram retirados de pesquisas realizadas por outros grupos de cientistas (TURCO et al., 1990).

Sem novas afirmações, argumentos diferentes e nem criticar aqueles que se mostraram céticos em relação ao inverno nuclear nos anos anteriores – na verdade esses foram “esquecidos” no artigo –, o TTAPS atuou neste momento como um compilador de informações, nada mais. Os autores fazem, inclusive, uma lista das incertezas em relação à fumaça nuclear, quando admitiram que “*No entanto, como em qualquer problema geofísico complexo, não existe uma metodologia quantitativa confiável para determinar a incerteza nas previsões climáticas existentes para o inverno nuclear [...]*.” (TURCO et al., 1990, p. 173)⁹⁰. Assim, para os autores, qualquer que fosse o método quantitativo escolhido, estaria também permeado de incertezas; assim, muitas das afirmações sobre o inverno nuclear não poderiam ser comprovadas pelos cenários e simulações elaborados, tal como dissemos acima.

Essa limitação da hipótese em relação a sua verificação não significava para o TTAPS que o estudo estaria fadado a cair no folclore científico: pelo contrário, “*Embora importantes incertezas persistam e mais trabalho é necessário a ser feito, a física básica do inverno nuclear aparentemente está firmemente estabelecida [...]*.” (TURCO et al., 1990, p. 174)⁹¹. Mesmo porque, no essencial, os estudos que sucederam a pesquisa do grupo desde 1983, e que os autores escolheram para comentar neste artigo

⁹⁰ “*Nevertheless, as in any complex geophysical problem, there is no reliable quantitative methodology for determining the overall uncertainty in existing climate forecasts for nuclear winter [...]*.”

⁹¹ “*Although important uncertainties persist and more work remains to be carried out, the basic physics of nuclear winter appear to be firmly established [...]*.”

de 1990, não divergiam das conclusões anteriores; no máximo, apresentaram uma atenuação dos resultados considerados por eles (Idem).

Pelo nosso entendimento, as incertezas geradas pela fumaça das explosões – sua altura, intensidade, espreadimento, duração etc. – serviram como um dos argumentos para enfraquecer o enunciado em uma controvérsia que durou pouco mais de seis anos. O artigo do TTAPS de 1990 não conseguiu reacender os debates sobre as armas nucleares, tal como havia conseguido anos antes. Porém, outro fato político-militar deu um raio de esperança à equipe de Sagan em sua tentativa de voltar com a discussão.

Durante a chamada Guerra do Golfo, entre os anos de 1990 e 1992, ocorrem incêndios nos poços de petróleo do Kuwait, provocados pelas tropas de Saddam Hussein em sua retirada do país. A fumaça gerada provocou, nas revistas, a retomada do debate sobre o tema inverno nuclear, pois teria proporcionado uma queda das temperaturas na região atingida pela nuvem.

Neste sentido, em dezembro de 1991, foi publicada na sessão de cartas da *Science* uma correspondência enviada por Carl Sagan – “*Kuwaiti Fires and Nuclear Winter*” (SAGAN, 1991). No texto, o cientista se mostrava indignado com uma matéria da própria revista, de autoria de Michelle Hoffman – “*Taking Stock of Saddam’s Fiery Legacy in Kuwait*” (HOFFMAN, 1991), na qual o cientista e seus associados eram desmentidos, por terem afirmado no *Los Angeles Times*, em janeiro de 1991 (SAGAN e TURCO, 1991), que os incêndios provocados por Saddam Hussein nos poços de petróleo do Kuwait ao fim da Guerra do Golfo iriam causar uma alteração climática global, nos moldes do inverno nuclear, e até mesmo um possível aumento no aquecimento global (HOFFMAN, 1991).

Essa reportagem da jornalista Michelle Hoffmann tinha como alvo Sagan. Segundo ela, os meteorologistas mostraram que os efeitos da fumaça gerada pelo fogo nos poços teriam apenas uma influência local e não uma catástrofe como afirmavam Sagan e Turco. Os problemas mais graves, segundo a autora, estariam direcionados à saúde da população da região atingida pela fumaça, uma faixa em torno de 800 a 1000 quilômetros. Não caracterizava, portanto, os “*cenários catastróficos*” do grupo TTAPS (HOFFMAN, 1991, p. 971)⁹².

Sagan, em sua resposta, afirmou que ele e R. P. Turco (no referido texto do *Los Angeles Times*) não teriam exagerado os efeitos dos incêndios no Kuwait. Ao contrário,

⁹² “*doomsday scenarios*”.

indicaram apenas que haveria uma diminuição pequena de 1°C ou 2°C na região e com efeito nulo para o aquecimento global. Na carta para a *Science*, Sagan ainda afirma que “*Os incêndios no Kuait podem ser considerados uma indicação em pequena escala do inverno nuclear, com as temperaturas regionais caindo algo em torno de 7°F (4°C) abaixo das médias regionais [...].*” (SAGAN, 1991, p. 1434)⁹³.

De fato, para ele, a diminuição de temperatura, embora pequena, era uma validação dos efeitos prováveis do inverno nuclear e não sua falsificação, sendo um erro não temer o mesmo, por não ter havido uma catástrofe climática global no Kuwait. Ao final de sua carta reafirma sua crença na possibilidade de ocorrer o inverno nuclear, ao escrever que “*Reduções massivas nos arsenais nucleares mundiais parece ser o caminho mais sensato para garantir que o inverno nuclear não ocorrerá [...].*” (SAGAN, 1991, p. 1434)⁹⁴. Entendemos que, de certa maneira, esta poderia ser a tão esperada comprovação empírica do enunciado, mesmo que vindo de uma forma diferente da original. De qualquer forma, foi através de uma guerra que tinha acontecido a fumaça e os incêndios e a diminuição das temperaturas; assim, o papel político, pacifista e contra os armamentos, se mantinha na opinião de Sagan.

O tema não tinha o mesmo simbolismo social neste momento. Com o desmantelamento da URSS a partir de 1989 e a queda do muro de Berlim, a Guerra Fria foi encerrada. Não havia no cenário mundial um antagonista ao capitalismo estadunidense e ao seu poderio econômico. Com isto, o medo das bombas atômicas perdeu seu sentido na sociedade e levou consigo o apelo político do inverno nuclear. O assunto foi obscurecido por outros temas científicos da época.

O inverno nuclear pode ser considerado uma controvérsia científica, datada entre os anos de 1983 e 1987. Mesmo que nos anos seguintes, até 1991, fossem ainda publicadas pesquisas e reportagens a respeito, os debates se realizaram e se encerraram neste período inicial. Além disso, as publicações mostraram formas diferentes de lidar com os grupos que rivalizaram sobre o enunciado. Existiram aqueles que colaboraram com o TTAPS e melhoraram os modelos e as conclusões, como também os que

⁹³ “*The Kuwait fires can be considered a very small-scale intimation of nuclear winter, with regional temperatures falling by about 7°F (4°C) below regional averages [...].*”

⁹⁴ “*Massive reductions in world nuclear arsenals appear to be the most reliable way to guarantee that nuclear winter will not transpire [...].*”

procuraram desacreditar o inverno nuclear, trazendo a questão para o domínio da política, ao tentar estabelecer a parcialidade dos cientistas envolvidos nestas pesquisas.

O fim dos debates por volta de 1986-1987 representou o esfriamento das pesquisas e o caminho sem saída que trilharam os pesquisadores ao debater intensamente alguns pontos que consideravam importantes, tal como a questão da fumaça – um problema para o qual nem mesmo as experimentações que foram feitas, com o incêndio controlado em regiões florestais, reduziriam as incertezas.

Redução de armas atômicas, nuvens de poeira e fumaça, chuvas radioativas, degradação ambiental e até mesmo a extinção da humanidade foram questões levantadas ao longo de quase dez anos de pesquisas sobre o inverno nuclear. O tema termina cientificamente com o fim da Guerra Fria em 1989 e tem seu fim político com a morte de Carl Sagan em 1996. Pouco se falou nisto depois deste período até recentemente, em 2011, quando foi publicado na *Nature* “*Nuclear Winter is a Real and Present Danger*”, artigo do meteorologista Alan Robock da *Rutgers University* de New Jersey. Apesar de sua intenção de retomar a questão, ao mostrar que as armas nucleares ainda apresentam uma ameaça significativa, o tema já estava encerrado, fora dos elementos que fizeram a polêmica da década de 1980 (ROBOCK, 2011).

Capítulo 4

Camada de Ozônio em Perigo (1970-1997)

No meio da estratosfera, uma das regiões que compõem a atmosfera do planeta, encontra-se a chamada camada de ozônio, uma região na qual ocorre uma grande quantidade desta substância. O ozônio é um gás com a coloração azulada e seria facilmente detectável a olho nu, quando nos aproximássemos do local onde fica concentrado. Apesar de se estender por toda a atmosfera, sua espessura é de difícil mensuração. Alguns especialistas afirmam que, se comprimida a faixa de ozônio na estratosfera, não teria mais que alguns milímetros (GRIBBIN, 1988; MAKHIJANI e GURNEY, 1995).

O ozônio é formado por fenômenos naturais, através de descargas elétricas como raios e trovões, e produzido também pelo ser humano pelo uso de equipamentos eletrônicos. A camada de ozônio atua como um filtro para a radiação solar e não permite que a totalidade dos raios ultravioletas emitidos pelo sol cheguem na superfície do planeta. Apresenta, portanto, um papel importante no equilíbrio térmico e climático e mesmo presta um auxílio na manutenção da vida do planeta (GRIBBIN, 1988; MAKHIJANI e GURNEY, 1995).

Ao mesmo tempo, o gás está presente em outra parte da atmosfera: a troposfera, camada mais baixa e que faz contato com a superfície terrestre. Embora em quantidade bem menor que na estratosfera, o ozônio ali é tido pelos cientistas como prejudicial à saúde humana, considerado um poluente. Em dias de forte calor nas cidades com altas taxas de poluição atmosférica, o ozônio se torna um aliado dos demais gases nocivos ao ambiente e eleva o dano ao ar que habitantes destes centros urbanos respiram. Em uma situação atmosférica normal, o ozônio tem seus mecanismos de controle dados pelos ciclos naturais, que mantêm o gás na estratosfera dentro de certos limites, entendido como seu volume médio anual (GRIBBIN, 1988; MAKHIJANI e GURNEY, 1995).

Se hoje se fala tanto deste gás é porque, nos anos 1970, alguns cientistas questionaram a possibilidade de que alguns compostos químicos fabricados pelos seres humanos afetassem de alguma forma o ozônio estratosférico. Várias pesquisas foram iniciadas e foram encontradas diversas substâncias que teoricamente agiriam como destruidoras do ozônio.

Anos mais tarde, na década de 1980, uma expedição científica na Antártida, ao realizar medições de rotina na camada de ozônio, percebeu que tinha havido uma diminuição considerável no total do gás previsto para aquele local. As pesquisas mostraram que um buraco havia-se formado no ozônio estratosférico e indicaram que algo estava errado. Novamente, os especialistas entraram em cena para tentar entender o que estava acontecendo, levar adiante as pesquisas da década anterior e talvez definir os processos que provocaram a diminuição do ozônio e as medidas para resolver o problema.

Isso tudo não passou sem controvérsias entre os cientistas. Havia dúvidas relacionadas aos produtos que seriam danosos ao ozônio, relacionadas aos cálculos envolvidos, aos mecanismos químicos ou físicos que caracterizariam a degradação do gás. Neste capítulo, analisamos essas controvérsias a partir do que foi publicado nas revistas do período. Para tal tivemos que romper com a sequência cronológica que tem direcionado a narrativa até aqui. Este procedimento se justifica pela necessidade de dar uma sequência à análise do tema, ao trazer as continuidades e rupturas do processo de construção científica do enunciado referente à degradação da camada de ozônio.

O capítulo está dividido em duas partes: primeiro voltamos à década de 1970 para lidar com os trabalhos científicos e as ações políticas sobre o tema. Depois, damos um salto até 1985 em diante, quando houve a retomada das discussões sobre a camada de ozônio, devido à observação de que um buraco se formou sobre o polo sul.

1 - Aviões supersônicos, foguetes e CFCs (1970-1979)

1.1 - Os aviões supersônicos e o ozônio

Nos primeiros anos da década de 1970, as revistas *Science* e *Nature* publicaram artigos científicos relacionados à atuação dos cientistas quanto aos possíveis efeitos do uso de aeronaves supersônicas na atmosfera. Nesse período havia a suspeita de que os gases emitidos pelos motores deste tipo de transporte aéreo, o vapor d'água, aerossóis, óxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂) – este dois últimos conhecidos pelos cientistas apenas como NO_x, prejudicariam de alguma forma a camada de ozônio durante o voo (GRIBBIN, 1988; MAKHIJANI e GURNEY, 1995).

Os aviões supersônicos, conhecidos em inglês como *Supersonic Transport* (SST), prometiam na década de 1970 reduzir o tempo das viagens aéreas para várias

partes do planeta. Essas aeronaves estavam sendo projetadas para voarem acima da velocidade do som como também em uma altitude maior que a maioria dos voos comerciais até então voavam, cruzando o planeta através da estratosfera (FISHER, 1990; GRIBBIN, 1988).

Desde 1966 empresas de aviação dos EUA, Inglaterra, França e URSS recebiam financiamento de seus países para desenvolver modelos supersônicos. Criava-se a expectativa de que centenas de aviões desse tipo seriam construídos e entrariam em funcionamento ainda na década de 1970¹. A possibilidade de iniciar uma nova era nos transportes aéreos baseados nesse conceito era uma aposta de muitos políticos e empresários do ramo (FISHER, 1990; GRIBBIN, 1988).

O que movia as indagações científicas iniciais a respeito dos gases emitidos pelos SSTs era se estes teriam a capacidade de provocar uma mudança climática em sua interação com a atmosfera, pois existia a desconfiança de que o efeito estufa seria potencializado pelos processos químicos gerados na interação entre os gases e a atmosfera. Nesse sentido, a *National Academy of Science* (NAS) dos EUA promoveu, ainda na década de 1960, estudos sobre a questão, mas os cientistas responsáveis pela pesquisa mostraram que haveria apenas um pequeno impacto, nada preocupante (GRIBBIN, 1988).

Em 1970 um grupo do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) ficou encarregado de estudar a ação humana no meio ambiente (conhecido como SCEP devido ao título em inglês do projeto *Study of Critical Environmental Problems*). Luther Carter, jornalista da *Science*, escreveu uma matéria a respeito dos resultados do SCEP, dizendo que a equipe era formada por mais de setenta cientistas com diversas especialidades e oriundos de dezenas de laboratórios, universidades e do governo estadunidense (CARTER, 1970a).

Conforme escreveu Luther Carter, entre uma variedade de temáticas desenvolvidas visando compreender o papel da tecnologia no ambiente, eles estudaram os compostos químicos gerados pelos SSTs em sua interação com a estratosfera. A conclusão a que chegaram era de que o ozônio não seria degradado pelo vapor d'água. Na verdade, para eles, a degradação existiria, mas seria menor que a ocorrida pela ação natural (CARTER, 1970a).

¹ Eram três as empresas que procuraram desenvolver o projeto dos SSTs, a Boeing nos EUA, com o modelo 2707, a Franco-Britânica Concorde e na URSS havia os planos para o então chamado Tupolev 144.

No entanto, a preocupação maior viria do fato de que os demais compostos químicos injetados pelas aeronaves poderiam poluir de alguma forma a estratosfera. A equipe teria comparado o impacto dos SSTs com uma erupção vulcânica, especificamente a ocorrida no Monte Agung (Bali/Indonésia) no ano de 1963. Assim, previam a queda das temperaturas abaixo da estratosfera e um aumento acima dela, com a formação de uma nuvem de poeira² que contaminaria a camada pelos gases que saiam dos motores das aeronaves (CARTER, 1970a).

O SCEP, então, sugeriu que fosse criado um sistema de monitoramento da estratosfera para melhorar a informação e controlar a ação desses gases na camada de ozônio. Ainda indicaram que não fossem realizados testes com o protótipo de SST da Boeing, previsto para acontecer em 1973, antes que essas incertezas fossem resolvidas, conforme escreveu Luther Carter em sua matéria: *“O grupo foi chamado para um programa de monitoramento e pesquisa visando resolver as ‘incertezas sobre a contaminação do SST’ da atmosfera e disse que nenhuma operação em larga escala dos SSTs deveria começar sem que fossem resolvidos tais questões [...]”* (CARTER, 1970a, p. 661)³. O jornalista escreveu também que o governo dos EUA planejava montar uma equipe para lidar com o assunto, mas não fornece maiores detalhes, como também não encontramos mais informações a respeito; provavelmente algo que ficou apenas no plano das intenções políticas.

Este início de debate nos mostra, entretanto, que, mesmo sendo o enunciado de pouco ou mesmo irrisório impacto, existia uma dificuldade em estabelecer um consenso científico sobre o assunto. Isso seria proveniente das muitas incertezas que então permeavam a compreensão científica sobre a estratosfera e suas propriedades químicas.

Além disso, os interesses em jogo eram vários, o que levaria a manter o tema em discussão por longo período, até que as dúvidas fossem sanadas, se é que seriam. Nesse sentido, a nosso ver, os interesses maiores vinham de duas frentes: política, com o valor simbólico de uma aeronave deste tipo de origem estadunidense frente à concorrência soviética e europeia, e econômica, pela possibilidade da Boeing liderar uma inovação no mercado de transporte aéreo, subsidiada por financiamento estatal.

Sobre esse financiamento, os cientistas Virginia D. Nuessle e Robert W. Holcomb, no comentário *“Will the SST Pollute the Stratosphere?”* que escreveram para

² Um efeito semelhante ao resfriamento global, tal como caracterizado no capítulo 2.

³ *“The group called for a program of monitoring and research aimed at clearing up the ‘uncertainties about SST contamination’ of the atmosphere and said that no large-scale operation of SST’s should begin until those uncertainties are resolved [...]”*

a *Science*, afirmam que o protótipo da Boeing tinha acabado de receber um novo financiamento do governo estadunidense de 290 milhões de dólares (NUESSLE e HOLCOMB, 1970). A mesma informação temos na *Nature*, na matéria (não-assinada) “*Booms in the Stratosphere*”, indicando que o valor era o dobro daquilo que a Boeing recebia em anos anteriores (NATURE, 1970d).

As duas matérias apresentaram contestações à continuidade do projeto. Por um lado, indica a *Nature*, a aprovação do orçamento pelo congresso dos EUA foi complicada, com uma margem apertada de votos favoráveis (NATURE, 1970d). Também passava por uma série de críticas na sociedade do país, quanto aos possíveis danos ambientais gerados. Segundo Nuessle e Holcomb: “*Um problema ambiental que tem surgido com força nas últimas semanas é a questão se os produtos adicionados pela exaustão do SST pode produzir mudanças ambientais profundas [...]*.” (NUESSLE e HOLCOMB, 1970, p. 1562)⁴. Como a discussão era sobre a possibilidade dos efeitos ambientais, alguns entendiam que o problema era real, enquanto outros (particularmente os membros do *Department of Transportation*) diziam que não havia base científica para afirmar isso. Assim, as conclusões foram pautadas pelos interesses de cada grupo em relação aos SSTs.

Para Nuessle e Holcomb, a informação científica disponível considerava que a exaustão dos motores dessas aeronaves jogaria na estratosfera uma quantidade enorme de diversos gases, ainda mais pela expectativa que entre quinhentos a oitocentos SSTs voariam diariamente em bem pouco tempo. Portanto, para eles, toneladas de vários compostos seriam injetados na atmosfera

Durante cada hora de voo em altitude de cruzeiro (na parte mais baixa da estratosfera, entre 16 e 22 quilômetros), os SSTs irão queimar um total estimado de 66 toneladas de combustível. Isso produzirá por volta de 83 toneladas de água, 72 toneladas de dióxido de carbono e aproximadamente 4 toneladas tanto de monóxido de carbono quanto de óxido nítrico (NUESSLE e HOLCOMB, 1970, p. 1562)⁵.

Ainda segundo os autores do texto, outros cientistas afirmavam que a maioria dos gases não provocaria uma alteração significativa na composição química da atmosfera, com exceção do vapor d’água. Por ter uma concentração baixa na

⁴ “*An environmental issue that has been intensifying in recent weeks is the question of whether exhaust products added to the stratosphere by the SST could produce significant environmental changes [...]*.”

⁵ “*During each hour of flight at cruising altitude (in the lower part of stratosphere at 16 to 22 kilometers) the SST’s will burn an estimated 66 tons of fuel. From this they will produce about 83 tons of water, 72 tons of carbon dioxide, and approximately 4 tons each of carbon monoxide and nitric oxide [...]*.”

estratosfera, o vapor d'água emitido pelos motores dos SSTs possivelmente desequilibraria de alguma forma a composição química desta camada. O resultado disso poderia ser: alteração do balanço energético do planeta, aumento da quantidade de nuvens e com isso o albedo refletiria grande parte da radiação solar para o espaço. A partir de estudos que já tinham sido realizados, Nuessle e Holcomb (1970) entenderam que o vapor d'água permaneceria por aproximadamente um ano e meio na atmosfera e sua presença levaria a uma queda das temperaturas na camada estratosférica de em torno de um grau e meio, o que facilitaria os processos de destruição do ozônio e levaria também ao aumento das temperaturas na superfície, um incremento ao efeito estufa.

Muitas das incertezas que permeavam os estudos sobre o tema acabavam por dar força à noção de que os SSTs não teriam um papel importante na química atmosférica. Nuessle e Holcomb (1970) apresentaram alguns cientistas que tinham feito testes laboratoriais sobre a reação entre o ozônio e o vapor d'água e que haviam concluído que, mesmo com um aumento significativo deste último na atmosfera, pouco efeito teria, o que, segundo eles, estava de acordo com os estudos anteriores da NAS e do MIT. A dificuldade de estabelecer um conhecimento seguro sobre as reações químicas atmosféricas vinha do fato de que, portanto, muito pouco se sabia sobre esta parte do planeta. Seu funcionamento químico era uma incógnita que os cientistas de várias áreas e climatologistas procuravam interpretar há muito tempo (EDWARDS, 2010). Essa falta de conhecimento sobre as propriedades químicas dos compostos que constituíam a atmosfera, especialmente a estratosfera, criava incertezas e controvérsias sobre a capacidade ou não dos SSTs prejudicarem a composição desta camada.

Em abril de 1970, Reginald Newell, meteorologista do MIT, divulgou um texto na *Nature* que também questionou a poluição gerada pelas aeronaves. Para ele o aumento significativo da quantidade de vapor d'água nesta região levaria a alterações em suas características, com o resultado principal da formação de nuvens e da elevação da temperatura da superfície (NEWELL, 1970). Assim, a preocupação científica era ampla e passava pela necessidade de uma percepção mais geral de como funcionava a camada estratosférica.

O foco na possibilidade de degradação do ozônio como o perigo maior dos SSTs veio meses depois do artigo de Newell, tal como compreendemos, a partir de dois momentos. O primeiro, relacionado ao testemunho de James McDonald no congresso dos EUA e o segundo, a publicação de um relatório de pesquisa assinado por Halstead Harrison, ambos em 1970.

Físico da *University of Arizona*, McDonald participou do grupo da NAS que trabalhou com a relação entre os SSTs e a atmosfera. Oreskes e Conway escrevem que, em 1970, ele foi convocado pelo congresso estadunidense para depor sobre a questão e acabou por reconsiderar as conclusões que seu grupo havia alcançado em meados de 1960 (ORESQUES e CONWAY, 2010). Quando refez os cálculos no ano de 1970, baseado nas indicações da Boeing de que mais de 800 aeronaves desse tipo iriam sobrevoar os EUA diariamente, ele concluiu que haveria uma degradação do ozônio de quatro por cento para sua concentração total na atmosfera (GRIBBIN, 1988). O que chamou a atenção para o trabalho de McDonald foi a afirmação de que cada 1% de redução deste gás na estratosfera significaria o acréscimo de cinco a dez mil novos casos de câncer de pele por ano. Um problema para a saúde pública que teria preocupado as autoridades dos EUA.

Meses depois, foi publicado pela *Science* o relatório de pesquisa “*Stratospheric Ozone with Added Water Vapour: Influence of High-Altitude Aircraft*” de um funcionário da Boeing, o climatologista Halstead Harrison, que discutiu a possibilidade de que a presença do vapor d’água dos SSTs prejudicaria a camada de ozônio. Segundo David Fisher (1990), Harrison partia dos estudos de John Hampson, um cientista da *Canadian Research Air Defense Establishment*, que em 1966, segundo David Fisher, teria escrito uma “nota técnica” em que previa que as centenas de SSTs iriam danificar a camada de ozônio devido a o vapor d’água reagir com este gás formando outro tipo de composto, ou seja, o ozônio seria destruído no processo.

Harrison quantificou aquilo que Hampson apenas teorizou, ao apresentar um valor concreto de redução da camada de ozônio pelo vapor d’água de em torno de quatro por cento “*Pode ser que com a atual projeção da frota de aeronaves de grande altitude, este modelo preverá uma mudança na coluna integrada em torno de 3,8 por cento [...]*.” (HARRISON, 1970, p. 735)⁶. O climatologista da Boeing afirmava que as aeronaves que ajudava a projetar poderiam prejudicar o ozônio. Segundo Fisher (1990), os resultados de Harrison eram inicialmente maiores, chegando a vinte por cento da degradação do gás pelo vapor d’água, mas, aparentemente pressionado pela companhia em que trabalhava, reduziu o total para um valor aceito pelos empregadores e que não jogaria um peso negativo no projeto de SST.

⁶ “[...] It can be seen that with currently projected fleets of high-altitude aircraft, this model predicts a change in the integrated column of about – 3,8 percent [...]”.

De forma geral, o trabalho de Harrison não trazia muita coisa além do que já havia sido dito sobre o problema. McDonald tinha chegado a um resultado parecido e também os especialistas diziam que os 3,8% que ele publicou não diferia em muito dos processos naturais que já destruíam o gás.

Algumas questões, entretanto, valorizaram o trabalho de Harrison. Primeiro, apesar de McDonald, anteriormente a Harrison, ter dado números concretos à degradação do ozônio pelo vapor d'água em frente ao congresso dos EUA, ele não gozava de boa reputação na comunidade científica, conforme revelou Fisher, por conta de sua vinculação com a ufologia “[...] *ele foi um entusiasta da pesquisa sobre discos voadores e de fato testemunhou anteriormente ao Congresso que as recentes quedas de energia na cidade de Nova Iorque estaria relacionadas aos seres extraterrestres [...].*” (FISHER, 1990, p. 43)⁷. Também, os resultados de Harrison, um funcionário da própria *Boeing*, que mesmo tendo adequado os números para não prejudicar a companhia, simbolizava que havia um problema real. Para Oreskes e Conway, o estudo de Harrison abriu caminho para outras pesquisas, ao estimular a investigação científica sobre os demais gases que saíam na exaustão dos motores dos SSTs (ORESQUES e CONWAY, 2010). A relação entre os SSTs e a degradação do ozônio também ganhou destaque nos estudos científicos e na mídia, o que possivelmente colocou a *Boeing* em uma situação desconfortável. As implicações dessa interação foram significativas para o andamento dos trabalhos no protótipo da companhia.

Em 1971, com a intenção de relativizar o problema, o cientista S. Fred Singer⁸ escreveu um texto para a *Nature*, “*Stratospheric Water Vapour Increase due to Human Activities*”, no qual tentou diminuir a importância dos SSTs na produção do vapor d'água que atingia a estratosfera e enfatizou a fonte humana do gás, principalmente a proveniente do uso do metano: “*Acredito que a produção de metano pode ser um processo importante hoje, talvez mais até que a hipotética frota de SSTs no futuro [...].*” (SINGER, 1971, p. 543)⁹.

Singer (1971) entendia que a quantidade de vapor d'água que as aeronaves produziram seria a mesma que as atividades humanas já injetavam na atmosfera; os

⁷ “[...] *he was a enthusiastic supporter of flying-saucer research, and in fact had previously testified to Congress that the thought recent power failures in New York City were related to UFOs*”.

⁸ O mesmo que também questionou o fator antropogênico na disputa entre resfriamento e aquecimento na década de 1970 (capítulo 2) e também se posicionou contra os estudos do TTAPS sobre o inverno nuclear (capítulo 3).

⁹ “*I believe that methane production may be an important process today, perhaps more so than the hypothetical SST fleet of the future [...].*”

dois iriam degradar o ozônio. Mas ele não diz nada sobre o que isto significava ou mesmo sobre a dimensão da degradação. O que o autor não discute é que essa semelhança entre ambas as fontes levaria a dobrar a quantidade do vapor d'água na atmosfera, com seus efeitos aumentados sobre o ozônio. Este procedimento de Singer, afirmam Oreskes e Conway (2010), era comum nesse cientista, que se posicionava contra os enunciados científicos e ambientalistas que de alguma forma prejudicassem a indústria ou o governo liberal dos EUA.

O texto de Singer, no entanto, chegou atrasado ao debate sobre os SSTs e sua capacidade de alterar quimicamente a camada de ozônio. Neste momento, em 1971, o foco dos cientistas mudava, indo em direção aos nitrogênios. A comunidade científica já tinha considerado o vapor d'água um problema menor e o NO_x aparentava ser uma discussão mais profícua. A questão era que os dois tipos de nitrogênio que os SSTs produziam por seus motores, conhecidos como NO_x , se revelaram, a partir das pesquisas de Harold Johnston, químico atmosférico da *University of California*, um perigo maior que o vapor d'água para a camada de ozônio (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; ORESKES e CONWAY, 2010).

Esta relação entre os efeitos do NO_x com o ozônio não era uma novidade científica quando Johnston publicou seu relatório em 1971. Ela tinha sido levantada por Paul Crutzen, um ano antes no *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*. O tema foi tratado por Crutzen de forma geral, ao definir somente os processos químicos ocorridos entre o NO_x e o ozônio estratosférico. O cientista tentou provar que os nitrogênios controlariam a distribuição do gás na camada: “*Analisaremos neste artigo a hipótese de as concentrações de NO e NO_2 terem como efeito um controle direto da distribuição do ozônio em grande parte da estratosfera e consequentemente nas taxas de produção do ozônio atmosférico [...]*” (CRUTZEN, 1970, 320)¹⁰. Ele, entretanto, não apontou as origens para este nitrogênio, indicou somente que era um elemento protagonista nos processos químicos da estratosfera.

Harold Johnston, por sua vez, trabalhou as implicações do NO_x gerado pelos SSTs na camada de ozônio. Seu relatório saiu na *Science* em Agosto de 1971 com o título “*Reduction of Stratospheric Ozone by Nitrogen Oxide Catalysts from Supersonic Transport Exhaust*” e trouxe novos ares para os estudos sobre a relação entre SSTs e o

¹⁰“As will be shown in this paper, on this hypothesis the NO and NO_2 concentrations have a direct controlling effect on the ozone distributions in a large part of the stratosphere, and consequently on the atmospheric ozone production rates [...].”

ozônio. Em seu parágrafo inicial evocou as pesquisas anteriores que apresentaram o NO_x como um perigo menor que o vapor d'água, tal como o relatório do SCEP e de Harrison, ambos publicados em 1970. Johnston considerou que estavam enganados nos cálculos que haviam feito em relação à capacidade de catálise que os nitrogênios tinham quando em um ambiente cheio de ozônio.

No argumento parece que o H_2O é um perigo maior que os óxidos de nitrogênio (SCEP) e como o efeito do H_2O não é muito sério, portanto, o SST não traria nenhum problema para o O_3 estratosférico. O postulado original que os óxidos de nitrogênio podem ser negligenciados é revisto aqui (JOHNSTON, 1971, p. 517)¹¹.

Como os estudos anteriores consideraram os efeitos do NO_x menores que aqueles que seriam gerados pelo vapor d'água, e como este último teria pouco impacto sobre a camada de ozônio, não existiriam motivos para se preocupar com os nitrogênios provenientes dos motores dos SSTs. Johnston então considerava necessário provar o engano e que estes efeitos deveriam ser levados a sério, mesmo porque seriam mais graves que os dos demais compostos.

O principal argumento contido no relatório de Johnston, como explicam Oreskes e Conway (2010), residia no entendimento de que a estratosfera (e o ozônio) era extremamente sensível aos dois tipos de nitrogênio (NO_x) dos SSTs. Assim, para Johnston, sua pesquisa tinha como função:

[...] afirmar se as concentrações de NO e NO_2 estão aumentando na estratosfera dentro do montante aceito pelo SCEP em seu relatório e pelas agências governamentais, então deveria haver uma redução maior no O_3 (por um fator duplicado, mesmo quando utilizadas emissões menores que a da SCEP) [...]. (JOHNSTON, 1971, p. 522)¹².

Um montante de redução do ozônio que não poderia ser calculado por ele, pois devido à falta de maiores estudos sobre o tema não haveria informações suficientes para uma quantificação. A dificuldade vinha do fato de que o relatório do SCEP, ao descartar essa possibilidade, levou os cientistas a tratarem de outros problemas e à consequente

¹¹ “The argument seems to be that H_2O is more of a threat than oxides of nitrogen (SCEP), that the effect of H_2O is not very serious, and therefore that the SST poses no serious threat to stratospheric O_3 . The original postulate that oxides of nitrogen may be neglected is reexamined here.”

¹² “[...] to point out that if concentrations of NO and NO_2 are increased in the stratosphere by the amounts accepted by the SCEP report and by governmental agencies, then there would be a major reduction in the O_3 (by about a factor of 2 even when allowance is made for less NO_x emission than SCEP used) [...]”

falta de dados. Dessa forma, pelos escassos trabalhos, Johnston reconheceu que “*É bem provável (e de fato muito provável) que eu tenha superestimado alguns fatores [...]*” algo que poderia tornar o “[...] *efeito do NO_x na camada de O₃ menor ou maior, que o indicado aqui.*” (JOHNSTON, 1971, p. 522)¹³. Essa dúvida não foi significativa a ponto de tornar seu trabalho menos reconhecido pela comunidade científica. A questão, como vimos, é que Johnston foi capaz de trazer o NO_x à tona como um problema relevante para ser estudado mais profundamente.

O texto de Johnston repercutiu na mídia estadunidense, ao “vazar” um sumário de seus resultados pouco tempo antes da publicação pela *Science*. Como escreveram Oreskes e Conway (2010), isso não significou que o relatório tivesse algum tipo de impacto no projeto de SSTs no país. A repercussão ocorreu também nos meios científicos e no governo dos EUA e levou à criação de um grupo de pesquisas, chamado de *Climate Impact Assessment Program* (CIAP) no *Department of Transportation*, para uma análise profunda dos cálculos de Johnston.

A agência governamental queria se aproveitar das dúvidas levantadas por Johnston, geradas pela falta de dados, para recuperar o prestígio dos SSTs frente ao Congresso do EUA. Os deputados e senadores estadunidenses haviam feito um corte no orçamento destinado ao projeto dessas aeronaves e colocava em risco a continuidade dos trabalhos.

Este corte do financiamento foi provocado, conforme a maioria dos autores que trataram do tema, por questões econômicas, quando o governo dos EUA procurou “enxugar” o orçamento federal. Podemos entender que este fato também foi estimulado pela opinião pública, que estava preocupada com os problemas de saúde (câncer de pele) que seriam causados pela degradação do ozônio, além dos demais problemas ambientais gerados pelos SSTs (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; ORESKES e CONWAY, 2010).

A *Nature*, em uma reportagem de Colin Norman, “*SSTs: It’s a Ill Wind...*”, de 1975, confirma nossa interpretação, quando relaciona ao público estadunidense e ao Congresso do país o temor no aumento dos raios ultravioletas e o crescimento dos casos de câncer de pele provocados pelos gases oriundos dos SSTs (NORMAN, 1975). Assim como, na sessão de cartas da *Science* de 1975, o cientista Alan Grobecker, quando considera que:

¹³ “*It is quite possible (and, in fact, highly probable) that I have overlooked some factors [...]*” e “[...] *effect of NO_x on the O₃ shield may turn out to be less, or greater, than that indicated here.*”

O alarme de 1971, criado por alguns temores que tal efeito fosse uma questão importante, foi um motivo importante para o cancelamento dos planos dos EUA para construir uma frota de SST e também resultou no estímulo às pesquisas estratosféricas e afins, para evitar tais medos (GROBECKER, 1973, p. 1145)¹⁴.

Assim, observamos que uma convergência de fatores levou ao corte no financiamento, tendo a demanda social como o principal argumento. Isto se fundamenta também no fato de que o *Department of Transportation*, ao criar o grupo de estudo CIAP, tinha como intenção reverter a opinião pública. Seu estudo seria realizado em um prazo de três anos e tinha como objetivo determinar os reais impactos das aeronaves no ozônio.

O CIAP contaria com uma verba de sete milhões de dólares anuais para estudar o assunto e centenas de cientistas atmosféricos estariam envolvidos no projeto. A importância de reverter a opinião pública sobre o tema era um dos objetivos da equipe; tanto foi que, segundo Oreskes e Conway, os resultados inicialmente obtidos foram relativizados pela agência. Os cientistas teriam concluído que o ozônio seria destruído pelos SSTs, num total que variava entre dez a vinte por cento da quantidade do gás na estratosfera¹⁵. Todavia, ainda segundo os autores, no relatório final, que foi a público em 1975, houve uma mudança no argumento principal: “[...] *este dizia que um SST melhorado, desenvolvido no futuro com o sêxtuplo de redução das emissões, não iria degradar a camada de ozônio [...]*.” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 110)¹⁶. Uma tentativa de alterar o sentido do problema, ao indicar que a tecnologia futura dos SSTs reduziria sua capacidade de destruição da camada atmosférica. De certa forma, o documento do CIAP confirmava os temores de que a camada de ozônio seria danificada, mesmo que isso tenha ficado subentendido em meio a outros argumentos que seriam menos perigosos para os SSTs.

¹⁴ “The alarm in 1971 created by fears of such an effect was an important consideration in causing cancellation of U.S. plans to build an SST fleet and has had a useful result in stimulating stratospheric and other researches necessary for such avoidance”.

¹⁵ Consideramos importante deixar claro que os autores Oreskes e Conway não indicam a referência na qual teriam obtido essa informação inicial dos resultados do CIAP. Encontramos, no entanto, referência a esta alteração no texto final do relatório do CIAP na sessão de cartas da *Science* em março de 1975, quando o climatologista Thomas Donahue da *University of Michigan* acusa o *Department of Transportation* (DONAHUE, 1975).

¹⁶ “[...] *it claimed that an improved SST, to be developed in the future with a sixfold reduction in emissions, wouldn’t deplete the ozone layer [...]*.”

O efeito do relatório final do CIAP foi quase nulo. Paul Edwards (2010) afirma que, devido ao fim do financiamento para o projeto da *Boeing*, a repercussão das afirmações contidas no relatório foi pequena na sociedade do país, já que isso não seria mais motivo de preocupação do público estadunidense.

Por outro lado, se o projeto da Boeing foi encerrado, o mesmo não ocorreu para os protótipos da URSS e do Concorde anglo-francês. Colin Norman (1975), na reportagem mencionada, afirma que o relatório do CIAP teria sido uma espécie de benção para os SSTs em fase de desenvolvimento, especialmente o Concorde. No entanto, um auxílio um tanto quanto ambíguo, pois ao mesmo tempo em que afirmava que a frota estimada de aeronaves não prejudicaria significativamente o clima terrestre, ela degradaria a camada de ozônio, com o acréscimo das quantidades de raios ultravioleta na superfície.

O relatório do CIAP afirmou que mesmo existindo alguma incerteza em partes dos cálculos, a relação entre causa e efeito entre a operação dos SSTs na estratosfera e o aumento da radiação ultravioleta alcançando a superfície terrestre, foi bem estabelecida. Em que medida o aumento da radiação ultravioleta provocará mais câncer de pele apresenta maiores incertezas, sugere o estudo, mas, novamente, estabeleceu-se a ligação (NORMAN, 1973, p. 1975)¹⁷.

Como escreveu Norman (1973), sem implicar uma mudança climática significativa, a ligação entre a degradação do ozônio e os SSTs, estabelecida pela pesquisa do CIAP teria sido a “pá de cal” nos projetos das aeronaves. Se as estimativas iniciais eram que centenas de veículos desse tipo cruzariam o planeta até o final da década de 1970, em 1975, a expectativa era que apenas dezesseis Concorde e quatorze Tupolev fossem produzidos nos anos subsequentes, o que colocava em questão também a continuidade desses programas (NORMAN, 1975).

Segundo Gribbin (1988), em 1977, outros estudos teriam provado, a partir de cálculos aperfeiçoados, que os SSTs não teriam efeito nenhum na atmosfera. Estes aperfeiçoamentos nos modelos de interpretação das reações entre o ozônio e o NO_x haviam mostrado aos cientistas que a altitude necessária para a catálise seria bem mais alta do que aquela na qual as aeronaves fariam seu voo na estratosfera.

¹⁷“The CIAP’s report states that although there is still some uncertainty in parts of the calculations, a cause-effect relationship between operation of SSTs in the stratosphere and increased ultraviolet radiation reaching the Earth’s surface has been firmly established. The extent to which a given increase in ultraviolet radiation will increase the incidence of skin cancer is more uncertain, the study suggests, but again, a link has been established.”

No final da década de 1980, Johnston retomou os cálculos de 1971 e novamente mostrou que os SSTs prejudicariam sim a camada de ozônio, embora em menor escala que a prevista anteriormente, caso fossem retomados os projetos (algo que estava em questão nos EUA). Conforme apontaram Makhijani e Gurney em 1995, a *World Meteorological Organization* (WMO) colocou os cálculos de Johnston em seu relatório de 1994, o que teria encerrado o assunto, mesmo que muitas incertezas sobre o tema ainda fizessem parte do conjunto de trabalhos e argumentos sobre o enunciado.

1.2 - Os foguetes da NASA e ozônio

Um tema que consideramos importante nos primeiros anos da década de 1970 refere-se à possibilidade de os foguetes da agência espacial estadunidense, a NASA, provocar algum tipo de dano à camada de ozônio em sua passagem pela estratosfera a caminho do espaço. Os estudos científicos deste tipo, em nosso entendimento, serviram de base para as pesquisas posteriores sobre a degradação da camada de ozônio.

Este assunto foi pouco tratado pelas revistas *Science* e *Nature*, devido talvez a sua pequena repercussão nos meios acadêmicos e sociais e por terem sido divulgados em outros periódicos científicos. Assim, a descrição do tema foi feita junto à historiografia que utilizamos aqui.

Segundo a historiografia, quase concomitante aos estudos sobre os SSTs da década de 1970, grupos de cientistas concluíram que o cloro, injetado na estratosfera pelos lançamentos espaciais da NASA, seria outro fator de degradação da camada de ozônio. As pesquisas relacionadas a isto, iniciadas em 1973, tiveram uma curta duração, poucos meses, e mesmo uma pequena repercussão científica, quando comparada ao problema dos SSTs (GRIBBIN, 1988; ORESKES E CONWAY, 2010).

Para Oreskes e Conway (2010), a discussão sobre a capacidade de danificar a camada de ozônio dos foguetes da NASA ficou restrita a alguns círculos internos da comunidade científica, sendo pouco ou quase nada discutida fora dela. Teve início quando a NASA readequou o sistema de lançamento de seus ônibus espaciais, por volta do ano de 1970. Uma reestruturação que requeria a análise do impacto ambiental que o novo sistema causaria na atmosfera, conforme a legislação estadunidense de 1970, a *National Environmental Policy Act*.

A NASA apresentou, em 1972, esse estudo, que, segundo Gribbin (1988), mostrava que o sistema de propulsão escolhido espalharia ácido clorídrico (HCl) na

atmosfera, algo que, pela expectativa da agência espacial naquele momento, faria com que cinco mil toneladas do composto fossem depositadas anualmente na estratosfera. Conta Gribbin que o estudo não levava em conta os possíveis efeitos da reação entre o ácido e o ozônio, por acreditarem que não seria um problema significativo para o impacto ambiental total, que foi considerado pequeno também.

Ralph Cicerone e Richard Stolarski, dois cientistas atmosféricos da *University of Michigan*, ficaram responsáveis por rever os cálculos deste estudo da NASA e para fornecer uma análise completa dos efeitos que o ácido clorídrico teria sobre a atmosfera, especialmente sobre a camada de ozônio. Eles concluíram que o HCl reagiria com o ozônio de forma a destruir este último e, devido à quantidade de cloro que seria depositada anualmente na estratosfera prevista pela NASA, isso representaria um impacto considerável para a camada (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010).

A bibliografia que tratou do tema nos diz que a NASA procurou esconder os resultados de Cicerone e Stolarski, pela possibilidade de o novo sistema de lançamento ser prejudicado pela informação. Inclusive os autores teriam sido rejeitados pela *Science* na tentativa que fizeram em 1973 de publicar um artigo sobre a pesquisa realizada. Também implicou que, durante uma conferência sobre química atmosférica em Kyoto no Japão neste mesmo ano, os autores alterassem a fonte de cloro na estratosfera, ocultando os resultados, tal como requeria a NASA, utilizando as erupções vulcânicas em lugar dos foguetes espaciais (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010).

A “revelação” do problema do cloro veio, entretanto, nos anais desta conferência, quando os cientistas enviaram o artigo completo (o mesmo que foi rejeitado pela *Science*) que colocava os foguetes da NASA como as fontes originais de HCl na estratosfera. Segundo Gribbin (1988), nestes anais também saiu um artigo de autoria de Michael McElroy e Steve Wofsy, ambos de Harvard, com o mesmo tema, mas que os autores, durante suas palestras na conferência de Kyoto, também trataram de outro problema atmosférico (GRIBBIN, 1988).

Curioso notar que a publicação do trabalho de McElroy e Wofsy junto ao de Cicerone e Stolarski causou um mal estar entre as duas equipes de pesquisadores, com a desconfiança de ambos os lados de uma fraude ou de espionagem (GRIBBIN, 1988). Como veremos adiante, este caso se repetiu entre eles, quando publicaram um artigo semelhante sobre os CFCs.

Segundo Gribbin (1988), o enunciado teve pouca repercussão na mídia estadunidense e na sociedade do país, mas levou a NASA a rever os compostos

químicos utilizados em seu novo sistema de lançamento, forçando a agência também a investir em estudos sobre a estratosfera. Foi contratada, conforme o autor, uma equipe de especialistas em química estratosférica, dando ênfase a este tipo de estudo, o que tornou a agência bem estruturada para realizar pesquisas sobre o tema.

O problema do cloro na estratosfera transportado pelos foguetes da NASA foi minimizado por estudos posteriores feitos pela *National Academy of Science* (NAS) e, também, pela NASA. Ambos teriam mostrado que o ozônio seria reduzido somente em 0,2% pelo cloro dos lançamentos, podendo chegar a 0,6%, ou mesmo ser menor, em torno de 0,07%, algo que a própria dinâmica do ozônio estratosférico recuperaria em alguns anos (GRIBBIN, 1988).

1.3 - CFCs e o Ozônio

Os CFCs, ao contrário dos NO_x ou do cloro, estavam sendo injetados na atmosfera por algumas décadas antes de 1970. Não existem fontes naturais desses gases, eles foram criados em 1928 por Thomas Midgley, químico da *General Motors*. São duas as substâncias principais que as indústrias utilizam sob a sigla CFC: CCl_2F_2 e o CCl_3F , respectivamente diclorofluorometano e triclorofluorometano. Ambos derivados do metano, foram considerados ideais para os processos envolvidos na tecnologia de refrigeração e de ar-condicionado, por não serem tóxicos e nem inflamáveis. Dez anos depois, em 1938, a *Du Pont*, uma indústria do ramo químico dos EUA, passou a produzir os compostos sob a denominação de fréon (FISHER, 1990).

Com a *Du Pont* produzindo em larga escala, os CFCs rapidamente ocuparam 15% do mercado de refrigeração. Ao final da década de 1940 foram usados pela primeira vez em latas, nos chamados tubos de spray, servindo de propelentes para inseticidas e depois, em 1950, para desodorantes corporais. Devido a sua estabilidade química, os compostos não entravam em combustão no contato com o oxigênio, dando a eles uma vantagem competitiva no mercado deste tipo de produto. Além disso, se mostraram eficientes como solventes, utilizados pela indústria de microchips para a limpeza de circuitos, e também integraram os extintores de incêndios e isolantes térmicos (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990).

A sua utilização em latas de spray potencializou a produção e comercialização dos fréons em 1947 nos EUA. Conforme dados fornecidos por David Fisher (1990), foram vendidos quarenta e cinco milhões de latas, somente de inseticidas. Em 1954,

com a entrada dos desodorantes, esse montante subiu para cento e oitenta e oito milhões, duplicando em 1958, chegando a meio milhão e, ao final da década de 1960, em 1968, a comercialização de latas com CFCs atingiu a marca de dois bilhões e trezentos milhões por ano somente no país. A estimativa é de que, no restante do mundo, este total tenha sido três vezes maior (SU e GOLDBERG, 1973).

Por conta de sua estabilidade como composto químico, os CFCs eram difíceis de serem destruídos em processos naturais e os cientistas acreditavam que pouco efeito tinham em relação aos demais elementos químicos da natureza. Essa grande quantidade de CFCs que anualmente foi lançado na atmosfera não foi motivo de preocupação por parte dos cientistas.

Este quadro começou a se alterar a partir de 1970, quando James Lovelock, cientista inglês independente¹⁸, que trabalhava em sua casa na cidade de *Wiltshire* na Inglaterra, desenvolveu um aparelho, chamado por ele de gás cromatográfico (*gaschromatography*). Ele teria a capacidade de rastrear alguns gases na atmosfera, entre eles os CFCs, podendo encontrar as substâncias em concentrações ínfimas no ar (em partes por trilhão). A função do equipamento era de, através da análise atmosférica, identificar a direção dos ventos e do movimento do ar, portanto, como explicou para a *Nature*: “[...] pode ser usado como indicador das massas de ar, as quais recentemente têm sido poluídas pelos dejetos industriais [...]” (LOVELOCK, 1971, p. 379)¹⁹. Uma preocupação que não era voltada exatamente para os clorofluorocarbonos, mas que acabou servindo para medir sua quantidade na atmosfera. Em um estudo preliminar, como teste do equipamento, fez a medição na região da Irlanda, onde encontrou altos índices de CFCs (LOVELOCK, 1971).

Lovelock, a partir de recursos provenientes da *Shell Research Ltd.* e da *Natural Environmental Research Council*, participou da expedição científica dos cientistas P. F. Baker e D. H. Griffins, ambos da *Birmingham University*, a bordo do navio *RSS Shackleton*, que durou dois anos, indo até a Antártida e voltando para a Inglaterra. Por todo este longo caminho coletou dados referentes às quantidades do composto e no retorno publicou, com o grupo de cientistas, um artigo na *Nature*, que saiu em 1973 (LOVELOCK et al., 1973; GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990).

¹⁸ Apesar de se considerar e ser considerado como um cientista independente, Lovelock assina seus artigos com a *University of Reading* como instituição sede.

¹⁹ “[...] can be used as indicators of air masses which have recently been polluted by industrial effluents [...]”

No texto “*Halogenated Hydrocarbons in and over the Atlantic*”, escrito em coautoria com R. J. Maggs da *University of Reading* e R. J. Wade da *University of Southampton*, foram expostos os resultados do trabalho de dois anos com o aparelho rastreador. Se, inicialmente, o objetivo do aparelho era a medição das massas de ar e a direção dos ventos poluídos pela ação humana, repetindo o sentido dado em 1971, o CCl_3F , um dos CFCs, se destacou na viagem de Lovelock e os outros cientistas até a Antártica. Apesar de outros gases terem sido rastreados também, os CFCs se tornaram interessantes para os cientistas, por sua origem antropogênica e ser facilmente identificável pelo aparelho: “*A única fonte e sua estabilidade no ar fazem que seja uma substância referencial excelente em relação a outras substâncias de origem humana que são lançadas no ambiente [...]*.” (LOVELOCK et al., 1973, p. 195)²⁰.

Com fins apenas de identificar e mensurar a presença do gás na atmosfera, o artigo de pouco mais de duas páginas não trouxe uma reflexão apurada sobre os dados coletados. Nem teve uma repercussão científica nas revistas *Science* e *Nature*; de forma geral, apenas confirmou alguns cálculos feitos por outros cientistas sobre a quantidade dos CFCs na atmosfera, algo que girava em torno de alguns megatons. Os números no artigo eram absolutos: um total de 49.6×10^{-12} seria a concentração do gás na atmosfera (LOVELOCK et al., 1973).

Além disso, segundo Gribbin (1988), Lovelock e seus colegas teriam cometido o erro de não reconhecer os CFCs como potencialmente danosos ao meio ambiente e particularmente à atmosfera. Algo de que o próprio Lovelock teria se arrependido depois, tal como confessa a Gribbin. Apesar disso, não consideramos que teria existido um erro. O que entendemos é que o cientista apenas manteve a linha de pensamento que orientava a comunidade científica a respeito dos compostos de CFC: “[...] *são química e fisicamente inertes; eles não prejudicam o ambiente [...]*”, repetindo as palavras usadas por Lovelock e seus colegas (1973, p. 195)²¹.

No mês de setembro de 1973, pouco depois da publicação de Lovelock, outro artigo aparece na *Nature*, baseado no aparelho desenvolvido pelo cientista inglês. Chih-Wu Su e Edward D. Goldberg, do *Scripps Institution of Oceanography* nos EUA, rastream os gases na região sudeste da Califórnia e obtiveram os mesmos totais de Lovelock no texto anterior. Também, não mencionam o fato de que essa quantidade de

²⁰ “*The unique source and its stability in the air make it an ideal reference substance against which man’s other emissions to the environment can be compared [...]*.”

²¹ “[...] *it is chemically and physically inert; it does not disturb the environment [...]*.”

CFCs na atmosfera podia causar prejuízos para a camada de ozônio (SU e GOLDBERG, 1973).

Assim, sem a intenção de rastrear compostos danosos ao meio ambiente, mas sim que poluíam a atmosfera, o estudo de Lovelock e colegas serviu para alertar os especialistas em clima e demais cientistas sobre a presença abundante de CFCs no ar, tal como as previsões anteriores concluía. A estimativa de Lovelock e seus colegas, em 1973, era de que o gás duraria mais de dez anos na atmosfera, enquanto Su e Goldeberg apontaram para uma permanência de trinta anos. O tempo de vida e a interação com o ambiente dos CFCs foi um dos motes do artigo de Molina e Rowland de 1974, intitulado “*Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: chlorine atom catalysed destruction of ozone*”, no qual os autores repetem, inicialmente, as informações e as propriedades gerais que já tinham sido identificadas para os gases.

[...] a inércia química e sua alta volatilidade que fazem com que tais materiais sejam ideais para usos tecnológicos também significam que eles permanecem na atmosfera por um longo período. Não existem escoadouros conhecidos para sua remoção e eles podem ser úteis como indicadores do movimento atmosférico. Nós focamos em calcular os prováveis destinos e o tempo de vida para essas moléculas [...] (MOLINA e ROWLAND, 1974, p. 810)²².

Também consideraram a estratosfera o meio no qual os CFCs se manteriam depois de lançados das latas de spray e dos outros vários produtos que faziam parte. A diferença para os demais trabalhos consistia em que Molina e Rowland (1974) fizeram os cálculos das reações químicas dos gases junto ao ozônio e que, a partir disso, foi possível compreender que “[...] *uma extensa cadeia catalítica leva a uma rede de destruição do O₃ e O na estratosfera [...]*.” (p. 810)²³. O ozônio, devido às cadeias de interação química, era destruído pelas moléculas de cloro presentes nos CFCs, liberadas no processo²⁴. Uma reação importante para um gás que anteriormente era visto pelas ciências como incapaz de causar qualquer dano ao meio ambiente.

²² “The chemical inertness and high volatility which make these materials suitable for technological use also mean that they remain in the atmosphere for a long time. There are no obvious rapid sinks for their removal, and they may be useful as inert tracers of atmospheric motions. We have attempted to calculate the probable sinks and lifetimes for these molecules [...]”

²³ “An extensive catalytic chain reaction leading to the net destruction of O₃ and O occurs in the stratosphere [...]”

²⁴ A fórmula química que representa as reações de catálise entre os CFCs e o ozônio é representado da seguinte maneira por Molina e Rowland (1974):

(1) $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
 (2) $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$

Para Molina e Rowland (1974), as reações químicas entre o ozônio e os CFCs seriam devastadoras, sendo mais eficientes que os processos envolvendo os NO_x. Ainda devido à pouca capacidade de absorção que a atmosfera tinha do cloro gerado na estratosfera, sua permanência por um longo período na camada de ozônio teria consequências para o total do gás que ainda não poderiam precisar e necessitavam de maiores cálculos: “[...] *estimativas com maior precisão desta capacidade de absorção necessitam ser feitas rapidamente de forma a determinar os níveis de um possível problema ambiental*” (MOLINA e ROWLAND, 1974, p. 812)²⁵.

Cálculos que mais tarde, por volta da metade dos anos 1980, Rowland sozinho fez e que mostraram que apenas uma molécula de cloro seria capaz de destruir cem mil de ozônio. (GRIBBIN, 1988). Isso devido a sua permanência atmosférica prolongada e às propriedades que faziam dos CFCs um gás estável e praticamente indestrutível pela natureza. No texto de 1974 os autores traziam a possibilidade de ocorrer a absorção pelos oceanos, mas de forma lenta e pouco eficiente. Os CFCs, conforme Molina e Rowland, só seriam eliminados pela radiação solar, através dos raios UV, que, ironicamente, o ozônio impedia de alcançar a superfície.

O tempo de sobrevivência do cloro na atmosfera beirava os trinta anos e com as estimativas do lançamento de oitocentos mil toneladas de CFCs anualmente, Molina e Rowland (1974) previram que aproximadamente quinhentas mil toneladas de cloro reagiriam com o ozônio ao final de três décadas. Esse volume de gás representava, segundo os cálculos dos cientistas, que entre 20% a 40% do ozônio estratosférico seria destruído.

A pesquisa de Molina e Rowland aconteceu por acaso, tal como a bibliografia especializada informa. A maioria dos autores diz que tudo teria partido do interesse de Rowland em mudar o caminho de pesquisa que tinha seguido até então, relacionada à radioquímica (*radiochemistry*). Instigado, após a participação em um seminário realizado na Flórida no ano de 1972, no qual James Lovelock apresentou os resultados de sua expedição até a Antártida, Rowland teria instruído Mario Molina, que recentemente havia entrado em sua equipe como pós-doutorando, a pesquisar a permanência dos CFCs na atmosfera (ROWLAND, 1995; GRIBBIN, 1988, FISHER, 1990).

²⁵ “*More accurate estimates of this absorptive capacity need to be made in the immediate future in order to ascertain the levels of possible onset of environmental problems.*”

O trabalho teve um grande impulso depois de obtidos os primeiros resultados. A surpresa com que reagiram a isto fez com que quase todo o tempo os dois tivessem ficado retidos na pesquisa. Rowland, no memorial que escreveu quando recebeu do prêmio Nobel, junto a Molina e Crutzen, em 1995, comentou esse momento:

Em três meses Mario e eu percebemos que isto não era apenas uma questão científica, desafiadora e interessante para nós, mas um problema ambiental potencialmente grave que envolvia a degradação significativa da camada de ozônio estratosférica. Uma grande parte de nossas carreiras, a partir de então, foi dedicada a esta análise (ROWLAND, 1995, s/p)²⁶.

Entendemos que a empolgação e a importância que Rowland deu à pesquisa foi um sentimento que veio depois, com a repercussão que o artigo teve no meio científico e político dos EUA e em grande parte do mundo. O tema era marginal nos estudos que seu grupo realizava na *University of California*, tanto que o trabalho todo com os CFCs levou apenas três meses e era relacionado a uma área em que tanto ele quanto Molina não tinham nenhuma experiência anterior: a química atmosférica (ROWLAND, 1995; MOLINA, 1995).

No memorial para o Nobel de 1995, Molina deixa claro esse desinteresse na pesquisa: “*No começo a pesquisa não tinha nada de interessante – eu levei adiante uma busca sistemática em todos os processos que destroem os CFCs na baixa atmosfera, mas nada parecia afetá-lo [...].*” (MOLINA, 1995, s/p)²⁷. Essa situação mudou radicalmente após os primeiros resultados mostrarem, como vimos, que a permanência desses gases na estratosfera teria graves consequências. E também os cientistas perceberam a importância do trabalho depois da troca de informações com Harold Johnston, como também com Ralph Cicerone (MOLINA, 1995). Assim, de uma simples ocupação de um pós-doutorando, recém-integrado na equipe de Rowland, a análise dos CFCs e o ozônio ganhou uma dimensão maior que imaginavam.

As revistas *Science* e *Nature* acompanharam a repercussão do artigo de Molina e Rowland em meio à comunidade científica. Podemos considerar que a partir deste texto iniciou-se uma espécie de corrida entre os cientistas, especializados ou não em clima,

²⁶ “*Within three months, Mario and I realized that this was not just a scientific question, challenging and interesting to us, but a potentially grave environmental problem involving substantial depletion of the stratospheric ozone layer. A major part of both of our careers since has been spent on the continuing threads of this original problem.*”

²⁷ “*At first the research did not seem to be particularly interesting - I carried out a systematic search for processes that might destroy the CFCs in the lower atmosphere, but nothing appeared to affect them [...].*”

em torno dos diversos problemas que essa possibilidade de degradação do ozônio levantava em termos de interpretação científica. Os cientistas precisavam comprovar os resultados de Molina e Rowland; foram publicados artigos que comparavam os dados coletados e refaziam as equações químicas utilizadas por eles. Além disso, outros estabeleceram as fontes de CFCs e demais gases que afetariam de alguma forma a camada de ozônio (além dos já conhecidos vapor d'água e do NO_x).

Nosso entendimento deste processo de pesquisa sobre a degradação do ozônio é de que foi um caminho longo a partir do artigo de junho. Por ser um trabalho que apresentava uma hipótese, baseado em cálculos químicos e na quantidade estimada de CFCs na atmosfera, eram grandes as incertezas relacionadas a quanto isto representava a realidade das reações químicas na estratosfera. O espaço para as controvérsias estava aberto e as revistas *Science* e *Nature* deram suporte ao debate, que foi publicado em uma variedade de artigos, notícias, comentários e correspondências.

Na sequência dos trabalhos sobre o tema, destacamos dois textos publicados pela *Science*. Ambos os artigos são muito semelhantes nos procedimentos e metodologias adotadas e também em suas conclusões a respeito da função dos CFCs na degradação do ozônio.

O primeiro trabalho saiu em setembro de 1974 e foi escrito por Ralph Cicerone, Richard Stolarski e Stacy Walters, os dois primeiros são os mesmos que desenvolveram os estudos sobre a relação entre os foguetes da NASA e o ozônio, e a última era uma cientista atmosférica também da *University of Michigan*. No texto, eles quantificaram a relação entre a degradação natural do ozônio, um processo que seria controlado pelo NO_x e o então recém descoberto papel dos CFCs. Esta integração lhes mostrou que a camada de ozônio era fortemente condicionada pelos CFCs. Um redirecionamento do processo químico atmosférico, pois a função dos óxidos de nitrogênio cederia ao maior impacto do cloro liberado pelos CFCs “[...] *independente da magnitude exata do efeito de aumentar as taxas de destruição no volume de O_3 , a produção de um átomo de cloro nos níveis atuais ou pelo crescimento exponencial da concentração de CF_xCl_y acabará por converter o controle da camada de O_3 de NO_x para ClO_x [...]*.” (CICERONE et al., 1974, p. 1166)²⁸.

²⁸ “[...] regardless of the precise magnitude of the effect of increasing destruction rates on O_3 content, chlorine atom production from present or exponentially increasing CF_xCl_y , concentrations will eventually convert the O_3 layer from NO_x to ClO_x control [...]”

A gravidade dessa informação era difícil de ser mensurada, apontavam os cientistas, pois as incertezas a respeito dos vários fatores que compunham o problema eram grandes; de qualquer forma, não alterariam as conclusões básicas.

Incerteza na compreensão inicial do CIX, suas taxas de conversão para cloro ou a eficiência catalítica, não alteram a conclusão básica de ser apenas questão de tempo o controle do Cl_x . Os estudos deveriam buscar os modelos fotoquímicos mais complexos e interativos para entender o impacto da previsão que haverá um grande aumento na destruição do volume de O_3 (CICERONE et al., 1974, p. 1166)²⁹.

Para estes cálculos montaram modelos que previam o total de destruição do ozônio a partir das estimativas da quantidade de CFCs que poderiam ser liberados nos anos seguintes, indo até o final da década de 1980, sempre com relação à degradação natural (CICERONE et al., 1974). Entendemos que o artigo de Cicerone, Stolarski e Walters, apesar de trazer uma informação nova, deu suporte ao texto de Molina e Rowland, pelo aumento das indagações e hipóteses do que aconteceria na camada de ozônio em vista à crescente quantidade de CFCs.

O apoio aos resultados de Molina e Rowland também veio em um segundo artigo, este publicado em fevereiro de 1975, de autoria de Steve Wofsy e Michael McElroy e agora com a participação de Nien Dak Sze, também cientista da *Harvard University*. O texto, como dissemos, não difere daquilo que Cicerone, Stolarski e Walters apresentaram: uma avaliação entre degradação natural e aquela provocada pelos CFCs. Também trouxeram uma análise do problema a partir de cenários variados, nos quais calcularam as possibilidades para a camada de ozônio a partir das expectativas do consumo futuro dos CFCs, num recorte temporal maior que o artigo de Cicerone, Stolarski e Walters, indo até 1995, além de trazer números concretos (WOFSY et al., 1975).

Essa semelhança entre as pesquisas, que curiosamente aconteceu pela segunda vez entre os dois grupos científicos, como afirma Gribbin (1988), aprofundou o mal estar entre eles, com acusações de ambos os lados de falta de ética profissional. A questão principal era que, apesar da diferença de meses entre uma publicação e outra, os trabalhos dos dois grupos tinham sido mencionados antes de saírem na *Science*:

²⁹“Uncertainties in the initial CIX profile, conversion rates to chlorine, or catalytic efficiency do not alter the basic conclusion, only the time of passage to ClO_x control. Studies should be pursued with more complex interactive photochemical models to assess the impact of these large predicted increases in O_3 destruction on the O_3 content” – O CIX a que se refere a citação é o conjunto dos compostos químicos Cl , ClO , and $HC1$. Todos derivados da reação química entre os CFCs e o ozônio.

McElroy e seu grupo pelo jornalista da *New York Times*, e Cicerone, Stolarski e Walters em um comentário pela *Nature*. Um debate que apenas aumentou as discussões envolvidas no tema e que davam suporte aos resultados de Molina e Rowland.

Os estudos sobre as consequências e variações dos perigos para a camada de ozônio tomaram um lugar importante nas revistas em todo o restante da década de 1970. Além de outros trabalhos que comprovaram as afirmações científicas já feitas, apareceram também aqueles que procuraram as relações indiretas do problema, que identificaram o ciclo dos CFCs na natureza, ou então, a partir de 1978, que trouxeram outros compostos com potencial de danificar a camada de ozônio.

Um movimento que entendemos ser característico das pesquisas em mudanças climáticas, pois a tendência será o espraio dos objetos e questionamentos que os cientistas fizeram sobre o assunto. Vimos isso acontecer com os debates entre resfriamento e aquecimento, nas controvérsias sobre o inverno nuclear e, de forma mais intensa, isto vai ocorrer com o aquecimento global, a partir de 1998, tema do próximo capítulo.

Dentro desta perspectiva, em 1975, surgiram os primeiros estudos que ampliavam a problematização. Se os danos à camada de ozônio seriam responsáveis diretamente, conforme o entendimento geral dos cientistas climáticos, por permitir que uma quantidade maior de raios ultravioletas atingisse o planeta, algo prejudicial à saúde humana, indiretamente existiriam outras consequências.

Veerhabadrhan Ramanathan, cientista atmosférico indiano que na época trabalhava na NASA, considerou, em 1975, em artigo publicado pela *Science*, a possibilidade de uma elevação da temperatura da superfície planetária ligada à diminuição da camada de ozônio. A degradação causada pelos CFCs contribuiria para intensificar o efeito estufa, ao modificar o chamado balanço energético planetário: “*Neste relatório examino outro aspecto importante do problema, o impacto sobre o balanço energético geral do sistema atmosférico tendo em vista aumento significativo das concentrações de clorofluorcarbono e clorocarbonos*” (RAMANATHAN, 1975, p. 50)³⁰.

Essa propriedade dos clorofluorcarbonos de atuar como um dos gases do efeito estufa, pelo incremento que dava a esta função atmosférica, também foi tema de

³⁰ “*In this report I examine another important aspect of the problem, the impact on the overall thermal energy balance of the earth-atmosphere system due to a significant buildup in the concentrations of the chlorofluorocarbons and chlorocarbons.*”

pesquisa de Ruth Reck, cientista atmosférica da *General Motors* que, preocupada com a modificação no albedo terrestre, publicou dois artigos em um período de um ano (entre maio e setembro de 1976) com este mesmo tema “*A proposta destes cálculos é de estimar a extensão dos efeitos térmicos para uma degradação limitada de O₃, baseados em mudanças na troca de radiação convectiva [...]*” (RECK, 1976a, p. 558)³¹. Os textos, um pela *Science* e outro pela *Nature*, não eram diferentes em teor, apenas traziam uma “melhora” dos cálculos, inclusive com conclusões semelhantes ao trabalho de Ramanathan, sendo, entretanto, representativos dos esforços científicos na época de compreender a dimensão do problema na camada de ozônio (RECK, 1976ab).

Tanto Ramanathan quanto Reck foram enfáticos ao considerar os graves efeitos que a perda da camada de ozônio teria para o clima. Para o cientista da NASA: “*A maior conclusão deste relatório é que este efeito sobre o balanço energético térmico terrestre deve também ser motivo de sérias considerações.*” (RAMANATHAN, 1975, p. 51)³². Reck apontou para as situações que o aumento dos CFCs provocariam na estratosfera e na temperatura do planeta:

Os resultados importantes que podem ser retirados desses cálculos são que (i) com a baixa absorção das partículas o aquecimento da superfície ocorre quando o O₃ estratosférico é degradado (em contraste com o resfriamento calculado para a degradação do O₃ estratosférico quando não há absorção de partículas) e (ii) o albedo da superfície afeta o volume de aquecimento ou resfriamento da superfície [...] (RECK, 1976a, p. 559)³³.

Essa relação entre resfriamento da estratosfera e o aquecimento da superfície, levantada por Ramanathan e Reck, foi desenvolvida, pelo primeiro, anos mais tarde, na segunda metade da década de 1980, quando a situação política relacionada ao problema da degradação do ozônio tinha características diferentes deste momento. Analisamos isto mais a frente. Mas acendeu um sinal de alerta entre os cientistas, com o surgimento de uma nova série de problematizações referentes à relação entre clima e ozônio.

Em 1979, um relatório escrito por J. Fishman (*Colorado State University*), S. C. Liu (NOAA) e os já citados Paul Crutzen e V. Ramanathan trouxe à tona novamente a

³¹ “*The purpose of the calculations is to estimate the magnitude of the thermal effects for limited O₃ depletion, based on changes in the radiative-convective ex-change [...]*”

³² “*The major conclusion of this report is that their effect on the earth's thermal energy balance must also be given serious consideration.*”

³³ “*The important new conclusions to be drawn from these calculations are that (i) with low-lying absorbing particles surface heating occurs when stratospheric O₃ is depleted (in contrast to the cooling calculated for stratospheric O₃ depletion with no absorbing particles) and (ii) surface albedo affects the amount of surface cooling or heating [...].*”

questão das temperaturas na superfície, mas o objeto era o aumento do ozônio na região da troposfera. Se na estratosfera o ozônio era degradado, nesta outra camada (a mais baixa da atmosfera) a emissão de gases das atividades industriais levava ao acréscimo da quantidade de ozônio, novamente com consequências para o balanço energético do planeta.

Nós percebemos que análises sobre a alteração humana do clima global devem incorporar a possibilidade que as concentrações do ozônio troposférico possam aumentar nas próximas décadas. Nossos cálculos indicam que ao dobrar o montante de ozônio [...] poderá elevar as temperaturas na superfície em aproximadamente 1K (FISHMAN et al. 1979, p. 820)³⁴.

Este aumento de 1K passava a ser considerável na argumentação destes cientistas quando o comparavam com as probabilidades de elevação da temperatura pelo CO₂, em torno de 2K a 3K. Todavia, o que chamava a atenção da equipe de Crutzen era que a maior parte desse efeito estaria concentrada no Hemisfério Norte, dada a sua alta industrialização. Assim, o aumento do ozônio levaria também à intensificação da ação do CO₂ como um gás do efeito estufa (FISHMAN et. al., 1979).

Os cálculos desta equipe, apesar de serem uma diversificação do assunto principal – a degradação da camada de ozônio –, mostra, para nós, as variáveis que um determinado objeto científico tem em relação aos interesses dos pesquisadores. Em 1979, a relação entre a camada de ozônio e os CFCs se via em um impasse científico, pois a hipótese de Molina e Rowland não tinha o suporte de provas empíricas da degradação. Dessa maneira, os cientistas deram continuidade aos trabalhos de entendimento dos mecanismos direta e indiretamente relacionados ao problema principal. Isto, possivelmente, era uma forma de fortalecer a argumentação e aguardar que as tais provas fossem trazidas à luz em algum momento.

Outro espriamento que percebemos ocorrer no final de 1970 foi o levantamento de possíveis gases que poderiam, assim como os CFCs, danificar o ozônio estratosférico. Na lista entraram outras classes de CFCs e os derivados do nitrogênio: monóxido nitroso (NO) e óxido nitroso (N₂O – conhecido como gás do riso), além de uma nova categoria, batizada de bromofluorcarbonos, os BFCs, que apresentava como

³⁴ “We feel that considerations of man’s alteration of the global climate must incorporate the possibility that tropospheric ozone concentrations may increase during coming decades. Our calculations indicate that a doubling of the tropospheric ozone content [...] may increase surface temperatures by nearly 1K.” (K é referente a unidade de medida Kelvin).

principal ameaça ao ozônio a liberação de moléculas de bromo na estratosfera, um reagente tão danoso quanto o cloro.

Essa ampliação do rol de compostos condizia com a variedade em que eram utilizados nas atividades humanas. A preocupação, portanto, não estava relacionada a elementos químicos produzidos nos ciclos da natureza, mas com os que eram lançados na atmosfera pela indústria ou no cotidiano das pessoas. O que nos mostra a tendência científica de procurar no meio social as fontes para os problemas atmosféricos.

Essa busca pelas fontes antropogênicas se justificava, assim compreendemos, pela modificação que a adição desses produtos causava nos processos naturais. O ozônio era “naturalmente” degradado em determinadas épocas do ano e voltava a se recuperar no que os cientistas consideravam suas taxas normais, teria na intromissão humana um intensificador da destruição, sem a possibilidade de recuperação da camada nos níveis considerados ideais. Segundo a avaliação feita pelos cientistas da *Syracuse University* Philip H. Howard e Arnold Hanchet (1975, p. 219), “*de fato, a catálise do cloro que leva à destruição do O_3 devido aos compostos FCC pode ultrapassar toda a eliminação natural do O_3 estratosférico*”³⁵.

Os CFCs, como já dissemos, são gases artificiais, produzidos em laboratório. As novas classes desse tipo de produto que passaram a ser consideradas foram os $CHClF_2$ (CFC-22), $CClF_2CFCI$ (CFC-113) e $CClF_2CClF_2$ (CFC-114), que, embora fossem produzidos em menor escala que os dois gases principais, o CFC-11 e o CFC-12, apresentaram, a partir destes estudos, uma parcela significativa na degradação do ozônio. Sendo que suas fontes de emissão eram basicamente as mesmas para a classe de gases que já relatamos aqui (HOWARD e HANCHET, 1975; SINGH et al. 1979).

Alguns cientistas, entre eles Molina e Rowland, chegaram a considerar a possibilidade das erupções vulcânicas produzirem e lançarem CFCs na atmosfera. Não encontraram indícios de que, caso isto fosse verdadeiro, pudesse ser em uma quantidade suficiente que rivalizasse com as emissões antropogênicas. Este tema será retomado durante as controvérsias promovidas pela indústria a partir de 1975 e depois, nos primeiros anos de 1990, quando S. Fred Singer utilizou os vulcões como um fornecedor de CFCs mais perigoso que a indústria humana. Veremos isto adiante.

A entrada do monóxido nitroso (NO) e do óxido nitroso (N_2O) na lista de produtos danosos para o ozônio seguiu as pesquisas sobre os gases emitidos pelos SSTs.

³⁵ “[...] in fact, the chlorine-catalyzed O_3 destruction due to FCC compounds can exceed all natural sinks of stratospheric O_3 ”.

Os cientistas consideravam que se, o NO_x era prejudicial para o ozônio, então esta variação também seria. Sua presença na atmosfera tem origens na natureza e pela ação humana. No primeiro caso, o NO seria gerado pelas descargas elétricas e tempestades de raios e o N_2O durante a respiração dos seres vivos. Por essa presença natural na atmosfera o gás atuaria como um dos mecanismos de controle do ozônio. As fontes antropogênicas de emissão viriam da agricultura, dos motores e das usinas geradoras de energia a partir de combustíveis fósseis (GRIBBIN, 1988; MAKHIJANI e GURNEY, 1995).

A agricultura, por seu uso intensivo de fertilizantes, foi o alvo principal dos cientistas que publicaram nas revistas. As demais fontes teriam uma pequena contribuição quando comparada com as atividades agrícolas, portanto, ficavam em segundo plano nas análises científicas. Os pesquisadores procuravam entender se os fertilizantes à base de amônia ou ureia, em meio aos processos químicos na interação com o solo, liberavam ambos os gases em quantidades que reagissem com o ozônio. Para os agrônomos da *Iowa State University* J. M. Bremner e A. M. Blackmer, no relatório “*Nitrous Oxide: Emission from Soils During Nitrification of Fertilizer Nitrogen*” para a *Science*, de 1978, poderia ser realidade, especialmente relacionada ao N_2O quando “[...] o trabalho relatado aqui indica que as emissões de N_2O do solo durante a nitrificação do fertilizante N pode ser significativa em relação ao perigo potencial dos fertilizantes derivados do N_2O para a camada de ozônio estratosférica [...]” (BREMNER e BLACKMER, 1978, p. 296)³⁶.

Entretanto, apesar das dificuldades em obter uma comprovação empírica que os CFCs e os demais gases fossem prejudiciais à camada de ozônio, entendemos que toda essa atividade científica gerada a partir do artigo de Molina e Rowland, em 1974, não foi em vão. O enunciado da dupla de cientistas, mesmo por ter saído em uma revista britânica, teve uma repercussão rápida na comunidade científica e atingiu também a sociedade e o meio político, de forma mais incisiva nos EUA e parte da Europa.

Para os estudiosos, as características do enunciado e a movimentação científica que veio a reboque podem ser medidas a partir de duas frentes de atuação, ambas políticas: a primeira com as atividades dos cientistas, no desenvolvimento, divulgação e discussão dos resultados sobre o tema. Uma segunda frente veio com suas

³⁶ “[...] the work reported here indicates that emission of N_2O from soils during nitrification of fertilizer N may be significant in relation to the potential threat of fertilizer-derived N_2O to the stratospheric O_3 layer [...]”

consequências para a indústria dos CFCs, que procurou contra argumentar as críticas (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010). As duas situações são vistas por nós como entrelaçadas quando a influência é mutua; tanto o foi que acabaram por gerar o banimento do uso dos CFCs na indústria em todo o território dos EUA, em 1978.

A primeira frente de repercussão e controvérsia, descrita também por Oreskes e Conway, teve como característica a ação política rápida. A imprensa se movimentou em torno dos CFCs e o ozônio que, conforme os autores, foi estimulada pela “[...] *revelação que itens cotidianos como o spray de cabelo pode destruir a camada de ozônio terrestre e aumentar as taxas de câncer [...]*” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 112)³⁷. O jornal The New York Times estampou na sua capa de 26 de setembro de 1974 o enunciado científico da destruição do ozônio, e Gribbin, em seu livro de 1988, confirma a rápida divulgação pela mídia do país, quando várias redes de televisão passaram a noticiar o problema científico. O Congresso estadunidense agiu também e, em pouco tempo, organizou uma audiência pública sobre o caso.

Na *Science* e *Nature*, o setor de jornalismo deu sua contribuição através de reportagens e de comentários que mostravam o panorama científico e político da época. Nos primeiros anos, depois da publicação de Molina e Rowland e dos demais grupos, a *Science* considerava real o fenômeno de destruição do ozônio, enquanto a *Nature*, tal como a postura que apresentou nas outras discussões climáticas, colocava-se reticente, para não dizer incrédula quanto ao enunciado.

O jornalista da *Science* Thomas Maugh II escreveu, em 1976, a matéria “*The Ozone Layer: The Threat from Aerosol Cans Is Real*”, na qual não mostrou dúvidas sobre a validade das pesquisas e da hipótese de destruição do ozônio pelo CFCs e a suas consequências climáticas. Para ele, a quantidade de trabalhos desenvolvidos sobre o tema mais que teriam provado a realidade do problema: “*Hoje, muitas das evidências existem e mais está sendo providenciado quase que mensalmente vindas de estudos de vários laboratórios [...]*” e que “[...] *pouco questionamento existe sobre a validade da teoria e se há perigo, isto mostra claramente que o risco só pode ser diminuído ao eliminar o uso desnecessário dos halocarbonos.*” (MAUGH II, 1976, p. 170)³⁸. Uma

³⁷ “[...] *revelation that mundane items like hair spray could destroy the Earth’s ozone and increase cancer rates [...]*.”

³⁸ “*Today, much of that evidence exists and more is being provided almost monthly from studies in many laboratories [...]*” e “[...] *there now seems little question that the theory is valid and that the danger exists, and it appears equally clear that the danger can be reduced only by eliminating unnecessary use of halocarbons.*”

questão científica que não carecia de maiores disputas, já haveria um consenso sobre isto e a proibição do uso dos CFCs era mais que necessária.

A relutância da *Nature* ia na contramão da outra revista, especialmente por não enxergar a existência de um consenso científico. Em 1975, uma matéria questionava o silêncio da *World Meteorological Organization* (WMO) a respeito do tema, “[...] *vem sendo interpretado como um indicativo que a WMO não vê o perigo de um iminente desastre causado pela degradação da camada de ozônio [...]*.” (NATURE, 1975, p. 265) e o fato de que a entidade, através de um grupo de pesquisadores que organizara para estudar o possível problema, tivesse requerido mais informações e observações para se posicionar³⁹.

Também, por volta do mesmo período, o colunista da revista, Thomas Jukes, escreveu um comentário, com as incertezas e convicções sobre o assunto. Intitulado “*Spray No More, Ladies*”, Jukes afirma que é similar àqueles que apontam para a inexistência da degradação no ozônio; em suas palavras:

Pessoalmente sou favorável à tese de que o ambiente é cheio de balanços e “não é tão frágil quanto as pessoas imaginam”. Mas que os céus me perdoem que possa sugerir que esta grande quantidade de pesquisa sobre este recente susto não seja necessária; isto irá treinar jovens cientistas e ajudará a restaurar a confiança pública nos valores sociais da pesquisa em ciências naturais (JUKES, 1975, p. 441)⁴⁰.

Jukes era claro ao se posicionar contrário a uma nova teoria sobre o fim do mundo e apenas expressou o senso comum entre aqueles que viam os enunciados científicos deste tipo como revelações do próximo apocalipse. Mas no caso em questão, seu comportamento seria influenciado pela atitude que a indústria dos CFCs teve quanto ao problema.

Ao final da década de 1970, a *Science* permanecia com sua postura frente à hipótese, mas a *Nature* passou a admitir que os CFCs eram responsáveis por possíveis danos na camada de ozônio. A revista, inclusive, em 1979, publicou uma matéria em que apresentava novos estudos por cientistas estadunidenses que indicavam um aumento da porcentagem de degradação no ozônio (NATURE, 1979). Essa quebra de

³⁹ “[...] *is being interpreted as an indication that WMO sees no danger of imminent disaster caused by the depletion of the Earth’s protective ozone layer [...]*”.

⁴⁰ “*Personally, I rather favor this thesis that the environment is full of checks and balances, and ‘is not as frail as some people picture it’. But heaven forbid that I should suggest that a large amount of research on this latest scare is not needed; it will train young scientists, and it will help to restore badly needed public confidence in the social values of research in the natural sciences.*”

postura era o resultado das ações políticas que, junto com as ciências, tomaram lugar no processo de proibição destes compostos nos EUA e em outros países. Também foi uma mudança de atitude da revista que veio a reboque, com o término da controvérsia que moveu as ações políticas. Uma controvérsia iniciada pelos fabricantes dos CFCs.

A bibliografia nos diz que a indústria dos CFCs, especialmente a *Du Pont*, prontamente se posicionou em relação ao artigo de Molina e Rowland e toda a comoção ao redor da hipótese científica. Procuraram criar incertezas sobre o enunciado e ressaltaram a importância do produto para o cotidiano das pessoas. Neste movimento trouxeram consigo o apoio da *Chemical Specialties Manufacturers Association* e a *Manufacturing Chemists Association*, duas entidades que atuavam como elos entre os interesses industriais e a produção de contraprovas científicas; no caso, organizaram grupos de pesquisa para refutar os cálculos dos cientistas e defender o produto (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010).

Essa contra-argumentação não era uma novidade para a *Du Pont* e demais produtores de CFCs. Em 1972, possivelmente ao anteverem as críticas ambientais sobre o gás, que aumentava sua produção ano após ano, eles organizaram um grupo de cientistas para discutir seus efeitos. Fisher diz que os resultados saíram em 1974 e que “[...] não indicaram efeitos ecológicos prejudiciais [...]” (FISHER, 1990, p. 57)⁴¹. Portanto, atendiam à necessidade de defesa dos CFCs frente a qualquer tipo de contestação e nos mostram como a ciência pode ser utilizada em relação aos interesses envolvidos. Foi ineficiente, tendo em vista a dimensão que tiveram os estudos de Molina e Rowland e daqueles que seguiram no mesmo caminho.

A tentativa em recuperar o prestígio dos CFCs pelo conglomerado representado pela *Chemical Specialties Manufacturers Association* contou com a participação do cientista britânico Richard Scorer. Este era um professor de mecânica teórica do *Imperial College* e serviu como porta-voz científico da indústria, cuja função era refutar a teoria levantada por Molina e Rowland e os demais trabalhos relacionados à degradação do ozônio. A associação, em 1975, financiou uma série de palestras para Scorer, com a intenção de denunciar as pesquisas negativas aos CFCs como uma armadilha midiática, como uma história de terror e não um fato científico (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010).

⁴¹ “[...] the results had indicated no detrimental ecological effects” - Fisher entretanto não indica qual mês e o meio de publicação desses resultados, portanto, não podemos determinar se foi uma resposta ao enunciado de Mario Molina e Sherwood Rowland, cujo artigo também é de 1974.

O argumento de Scorer era baseado na dimensão das atividades humanas que, segundo ele, seria pequena para causar qualquer tipo de reação na atmosfera. Para Oreskes e Conway, a entrada do cientista foi uma tentativa das indústrias produtoras de CFCs em criar notícias favoráveis ao gás, sem que nenhum tipo de dado científico fosse elaborado por Scorer para comprovar seu posicionamento. Esta ação teve uma curta duração, mas com efeitos significativos: “[...] depois que um repórter do *Los Angeles Times* mostrou sua conexão com o lobby industrial chamando-o de ‘cientista de aluguel’, ele perdeu qualquer efetividade como relações públicas que tinha. Mas mesmo Scorer indo embora, seus argumentos permaneceram.” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 114)⁴². A associação partiu para a construção de contrafatos ao utilizar um argumento já levantado pelos cientistas que apontavam para a destruição da camada de ozônio: as emissões vulcânicas.

Como dissemos acima, Molina e Rowland e alguns outros cientistas procuraram nas erupções vulcânicas as possíveis fontes naturais dos CFCs. A indústria tentou este argumento para provar que as emissões naturais de cloro oriundas desse fenômeno seriam a principal causa da possível degradação. Era um argumento que não se sustentava cientificamente, pois os demais processos envolvidos na erupção provocam chuvas (em sua maioria carregada de elementos químicos) que “lavam” o cloro lançado pelos vulcões (ORESQUES e CONWAY, 2010).

A indústria dos CFCs, representada pela *Du Pont*, atacou diretamente o artigo de Molina e Rowland. Em outubro de 1975, essa companhia publicou em várias revistas e jornais do EUA, inclusive na *Science*, um anúncio que refutava a hipótese desses cientistas⁴³. Na publicação, intitulada “*You Want the Ozone Question So Does*”, a indústria escreve que Molina e Rowland realizaram cálculos que pouco representavam daquilo que aconteceria de fato na atmosfera ou no mundo real: “*A questão é que os dados não são evidências conclusivas que comprovam este enunciado. Para entender, então, porque existe uma controvérsia é necessário simplificar o problema. Nós precisamos tratar o mundo real a seu modo e ele é complexo [...]*.” (DU PONT, 1975,

⁴² “[...] after a *Los Angeles Times* reporter exposed his connection to the industry lobby, calling him a ‘scientific hired gun’ he lost whatever PR effectiveness he had. But while Scorer would go away, his arguments wouldn’t.”

⁴³ O anúncio não era assinado, mas ao seu final foram listadas várias universidades e instituições de pesquisa dos EUA e da Europa das quais seriam oriundos os cientistas que escreveram o texto. Ao nosso entender, contudo, a *Du Pont* é a responsável pela publicação e iremos nos referir a ela como autora.

p. 8)⁴⁴. A hipótese de Molina e Rowland era, na perspectiva da *Du Pont*, simplificada e não ajudava a criar um fato científico sobre a destruição da camada de ozônio pelos CFCs.

Além disso, conforme o anúncio, Molina e Rowland teriam suposto muitos dos resultados que saíram no artigo de 1974, sem que, no entanto, tivessem um fundamento científico plausível ou fossem um consenso na comunidade científica. O papel da *Du Pont* e do conglomerado de indústrias dos CFCs era promover pesquisas com intenção de confirmar ou não a hipótese desses cientistas e que, “*Neste meio tempo, nós acreditamos que agir sem fatos – que significa alarmar os consumidores ou estimular uma legislação restritiva – é irresponsável. As decisões não podem ser feitas com apenas esta informação em mãos [...].*” (DU PONT, 1975, p. 9)⁴⁵. As produtoras do gás temiam que sanções econômicas fossem criadas nos EUA para impedir a sua comercialização no país e que os consumidores que se mobilizavam contra o produto o trocassem por outros que eram livres de CFCs.

A queda na comercialização do gás prejudicaria os negócios de seus fabricantes, um polo industrial que movimentava, na época, cerca de 1 bilhão de dólares, uma montanha de dinheiro que justificava para eles qualquer estratégia para recuperar o prestígio. Com sua imagem negativa, a forma que a indústria encontrou para reagir frente ao problema foi o contra-ataque, ao minar politicamente os cientistas envolvidos, especialmente Molina e Rowland.

O anúncio da *Du Pont* não ficou sem resposta e na sessão de correspondência da *Science*, em dezembro do mesmo ano, veio um texto redigido por Molina e Rowland. Os cientistas afirmavam que não eram deles os pressupostos presentes na publicação da *Du Pont*: “*As declarações sobre nossas considerações não foram feitas por nós, mas aparentemente são inferidas pelos autores da propaganda [...].*” e que “[...] tais afirmações sobre os modelos podem ser facilmente mal interpretadas [...].” (MOLINA e ROWLAND, 1975, p. p. 1038)⁴⁶. Os autores perceberam que a intenção da indústria era criar fatos supostamente científicos e mostrar as fragilidades do estudo. Mas os

⁴⁴ “The point is, to date there is no conclusive evidence to prove this statement. To understand, then, why there is a controversy, it is necessary to unsimplify the issue. We must treat the real world on its own terms, and they are complex”.

⁴⁵ “In the meantime, we believe that to act without the facts – whether it be to alarm consumers, or to enact restrictive legislation – is irresponsible. Final decisions cannot be made with only the information at hand [...].”

⁴⁶ “[...] The statements about our assumptions were not made by us, but are apparently inferences drawn by the writers of the advertisement [...].” e “[...] Such a statement about models can easily be misinterpreted [...].”

autores atentaram também para que estes enunciados da *Du Pont* não traziam informações sobre suas origens, não havia, portanto, as referências nas quais teriam sido obtidos tais fatos. Essa insuficiência de bases para a argumentação da indústria era diretamente proporcional à quantidade de cientistas e pesquisas que fortaleciam a hipótese deles, tal como escreveram na correspondência enviada:

Nossa conclusão original foi que, pelas atuais taxas de uso tecnológico, os fluorocarbonos 11 e 12 são os dois compostos mais importantes feitos pelo ser humano em questão de potenciais efeitos sobre a camada de ozônio. Esta conclusão ainda permanece e está sendo expandida e apoiada por vários estudos, incluindo experiências diretamente na estratosfera, bem como cálculos mais detalhados da degradação do ozônio (MOLINA e ROWLAND, 1975, p. 1039)⁴⁷.

A resposta era simples: nós temos a comunidade científica dando apoio e nosso trabalho sobre a degradação do ozônio pelos CFCs tem bases científicas e é validado pelas pesquisas de outros grupos. Como analisamos acima, esse entendimento de Molina e Rowland corresponde à ampliação e complexidade que o enunciado ganhou nos anos seguintes à publicação deles em 1974.

A indústria tentou assim criar uma controvérsia científica, sem condizer com aquilo que estava ocorrendo entre os cientistas envolvidos na questão. Não encontramos na *Science* e *Nature* artigos e relatórios de pesquisa que trouxessem provas contrárias ao efeito na camada de ozônio dos CFCs e os demais gases que foram adicionados à lista. Uma situação criada pelo receio que as companhias tinham do banimento dos CFCs do território estadunidense.

Junto à correspondência de Molina e Rowland também foi publicada a resposta da *Du Pont*, assinada por dois cientistas da companhia: T. L. Cairns e J. P. Jesson, que direcionaram suas explicações no sentido de colocar Molina e Rowland como propagadores da eliminação do produto em escala industrial. Os autores diziam que “[...] tudo isto deveria ser uma questão acadêmica se não fosse o fato que Rowland agiu em favor da eliminação do fluorocarbono [...]” e mais adiante, “Nestas circunstâncias a razão deve aparecer para dizer que nós devemos permitir que a ciência continue seu curso normal e deixe que os formuladores de políticas públicas

⁴⁷ “Our original conclusion was that, at current rates of technological use, fluorocarbons 11 and 12 were the two most important man-made compounds, in terms of potential effects on the ozone layer. This conclusion still stands and has been amplified and supported by numerous studies, including direct stratospheric experiments as well as more detailed calculations of ozone depletion.”

façam seus julgamentos baseados em fatos.” (CAIRNS e JESSON, 1975, p. 1042)⁴⁸. A ciência tinha que seguir seu curso normal e o perigo de que uma hipótese científica se tornasse um impedimento à realização das atividades industriais, ao obscurecer o campo de visão dos formuladores de políticas públicas, tinha de ser combatida e deixar que estas decisões fossem tomadas em condições racionais, ou seja, favorável às companhias produtoras de CFCs.

O medo da *Du Pont* e seus parceiros, quando analisamos o contexto dos EUA na época, era embasado na resposta dos consumidores e do governo estadunidense. As políticas de controle dos gases danosos ao ozônio se tornavam uma demanda crescente no meio social e político dos EUA. Com os estudos que indicavam o prejuízo ao ozônio pelos CFCs em mãos, o movimento ambientalista fez oposição às tentativas da *Du Pont* e demais indústrias do gás em frear uma reação negativa ao produto.

Os ambientalistas foram categóricos em afirmar, relata Gribbin, que os EUA deveriam controlar a emissão dos CFCs por ser seu principal produtor mundial: “[...] *esse grupo de defesa do meio ambiente esperava que o país conquistasse autoridade moral para tomar a iniciativa de persuadir outros países a seguirem o exemplo.*” (GRIBBIN, 1988, p. 58). Os consumidores responderam rapidamente ao problema atmosférico. Em meados de 1975. Segundo Fischer (1990), a compra de produtos que utilizavam o gás caiu 7%, um valor considerável tendo em vista a variedade de bens que traziam os CFCs.

Em 1976, um fato inusitado reacendeu as esperanças das indústrias de CFCs. Molina e Rowland junto com John Spencer reviram os cálculos e encontraram um erro. Uma falha que podia pôr a argumentação toda em perigo, segundo David Fisher. Eles perceberam que a possibilidade de uma destruição do ozônio entre vinte e trinta por cento era muito alta. E passaram a aventar a possibilidade inusitada de que os CFCs tivessem o efeito contrário, com o aumento da quantidade de ozônio e não sua redução. Isto era devido às interações químicas com o óxido de nitrogênio, presente de forma natural na atmosfera. Um efeito de compensação que os cientistas não tinham levado em consideração (FISHER, 1990).

A revelação mudava todo o panorama científico e político para os CFCs. O novo cálculo serviu para a indústria recuperar sua imagem, ao mesmo tempo em que

⁴⁸ “*All of the above would indeed be academic if it were not for the fact that Rowland has asked for a fluorocarbon ban [...].*” e “*Under these circumstances, reason would appear to dictate that we should permit science to pursue its normal course to enable public policy-makers to make informed judgments based on fact.*”

desacreditava os cientistas. As companhias chamaram de especulativo o trabalho de Molina e Rowland. Jornais publicaram artigos que relatavam este novo rumo que a relação entre os CFCs e o ozônio tomou e ressaltaram a confusão científica gerada naqueles últimos anos. As associações defensoras da indústria química também utilizaram dessa novidade trazida pelos cientistas para dizer que não havia nenhum problema com o gás e estava tudo certo com o ozônio (FISHER, 1990).

Outros cientistas atmosféricos reavaliaram os cálculos e apoiaram a conclusão de Molina, Rowland e Spencer. Concluíram que aproximadamente 50 ou 60% do cloro liberado pelos CFCs na estratosfera era eliminado pelo óxido de nitrogênio. Para a *Du Pont*, esse total chegaria a 90% e, se houvesse qualquer degradação no ozônio, isto não ultrapassaria a casa de um por cento. A reviravolta no caso foi sentida pelo público, que voltou a consumir os produtos com o gás. Sobre isto Fisher nos diz que:

[...] a produção e consumo das latas de spray começaram a subir novamente. Em fevereiro e março os carregamentos aumentaram para 26 e 41 por cento respectivamente. A fabricação havia caído 14 por cento no ano anterior, mas em 1976 surgiu um novo otimismo para o mercado (FISHER, 1990, p. 106)⁴⁹.

A normalidade rapidamente parecia voltar para as companhias produtoras de CFCs. Desfeito o engano científico, a continuidade da produção estaria garantida. Mas... meses depois, ainda em 1976, Rowland e seus colegas se aprofundaram novamente nos cálculos e perceberam que tinham cometido outro erro. Agora teriam sobrevalorizado o efeito de compensação pelo óxido de nitrogênio. Ainda conforme Fisher, os cientistas perceberam que, apesar de existente, a compensação teria um papel pequeno em relação à eliminação do cloro na estratosfera. Os cálculos originais ainda valeriam. A *National Academy of Sciences* (NAS) dos EUA confirmou os resultados e deu suporte à validade da teoria e à necessidade de banimento do uso dos CFCs pelo país (FISHER, 1990).

Não encontramos referência a este erro de Molina e Rowland nas páginas da *Science* e *Nature* no período em que ocorreu. Talvez a rapidez com que se revelou o erro, a retomada da indústria e o novo engano dos cientistas não possibilitou às revistas tempo suficiente para analisar e reportar a questão.

⁴⁹ “[...] the production and consumption of spray cans began to climb again. In February and March shipments were up by 26 and 41 percent, respectively. Production had dropped 14 percent the previous year, but as 1976 unrolled there was a sense of renewed optimism in the marketplace.”

De qualquer maneira, apesar de revelar as incertezas que permearam as ciências envolvidas na questão do ozônio neste período, a retomada das afirmações originais de Molina e Rowland, junto com o aval da NAS, serviu como uma ducha de água fria para a indústria que, tão rápido quanto a recuperação da normalidade, se viu perante os riscos de perder a produção no mercado estadunidense. Essas dúvidas no funcionamento da química do ozônio não atingiram os consumidores de forma negativa, mas aparentemente deu a certeza para eles do perigo representado pelos CFCs.

O público do país, dizem Oreskes e Conway, alterou paulatinamente seus costumes (os CFCs estavam no cotidiano por décadas) e buscaram substitutos para eles: *“O público entendeu que existiam muitos (e menos custosos) substitutos para os CFCs, tal como anti-transpirantes do tipo roll-on e bombas de spray para limpadores de cozinha [...]”* (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 118)⁵⁰. Os consumidores, mesmo sem a indicação política ou um consenso científico estabelecido, agiram por conta própria e rejeitaram os CFCs. Em 1977, afirmam os autores, os produtos que utilizavam o composto tinham caído para mais da metade da produção de anos anteriores.

No meio social, é necessário lembrar, que houve o acúmulo de enunciados a respeito da degradação, pois concomitante aos CFCs ainda vigoravam as questões relacionadas aos SSTs e aos foguetes da NASA, que, apesar de terem sido sobrepujados pelos compostos das latas de spray, se mantiveram por algum tempo. Entendemos que isto formou uma massa de informações que levava a sociedade a acreditar no perigo eminente à camada de ozônio, o que forçou a sua reação e junto a ela a resposta política.

Alguns deputados do país, logo em 1974, atenderam a este requerimento da sociedade civil e apresentaram no Congresso uma proposta de lei que bania o uso do produto no país. O projeto não foi adiante devido a um recesso que adiou a votação, fazendo-o caducar. A ação do legislativo, entretanto, não foi em vão. O governo estadunidense montou um grupo de estudos que começou a funcionar em janeiro de 1975, nomeado de *Inadvertent Modification of the Stratosphere* (IMOS). A equipe, em sete meses de atividade, concluiu que os CFCs tinham a capacidade de destruição da camada de ozônio e que seu uso deveria ser banido nos EUA. Portanto, concordava com os trabalhos de Molina e Rowland (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; ORESKE e CONWAY, 2010).

⁵⁰ *“The public had realized that that [sic] there were many (often less expensive) substitutes for CFCs, such as roll-on antiperspirants and pump sprays for kitchen cleansers [...]”*

Se, em âmbito nacional, a reação política caminhava mas não alcançava a formulação de uma política pública efetiva, os estados do país começaram a legislar por conta própria. Em junho de 1975, o Oregon proibiu o uso de latas de spray com CFCs a partir de 1977, e o Estado de *New York* promulgou uma lei na qual os produtos que prejudicassem o meio ambiente deveriam avisar isso em suas embalagens (FISHER, 1990).

O banimento para toda a nação era apenas questão de tempo e ele veio quando o Congresso Nacional, em agosto de 1977, votou uma emenda ao *Clean Air Act* que autorizava a *Environmental Protection Agency* a regular o uso do composto químico em todo o território estadunidense. Essa atitude permitiu que três agências governamentais dos EUA, a *Food and Drug Administration*, a *Environmental Protection Agency* (EPA) e a *Consumer Product Safety Commission* anunciassem em março de 1978 a proibição dos CFCs a partir de outubro do mesmo ano (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; MAKHIJANI e GURNEY, 1995).

Conforme Makhijani e Gurney, outros países seguiram esta política dos EUA, com o banimento dos CFCs no final dos anos 1970: Suécia, Noruega e Canadá. No ano de 1980, a Comunidade Europeia estabeleceu a redução de 30% do consumo do gás a partir dos níveis de 1976 e, em 1982, definiu a manutenção da produção desses gases nas quantidades de 1980. O restante dos países do planeta praticamente não adotaram nenhum tipo de medida para proibição do composto.

A estratégia da indústria para conter o enunciado científico da destruição do ozônio estratosférico pelos CFCs havia falhado. Por sua vez, a vitória dos cientistas engajados na eliminação do uso do produto não foi significativa. Segundo Makhijani e Gurney (1995), a indústria rapidamente se adaptou ao empecilho em sua produção e, ao tempo do banimento e da regulação estadunidense, tinham encontrado outras utilidades para ele, que não entraram na lei de 1978. Gribbin também comenta sobre essa mudança de foco dos fabricantes e nos mostra que foram as brechas na legislação que permitiram essa reorientação para o “[...] uso em situações ‘essenciais’, como é o caso de sprays utilizados para aplicar anestésicos sem tocar na pele ferida [...].” (GRIBBIN, 1988, p. 62). A produção não parou, apenas mudou de foco e também se concentrou na exportação para países que não tinham proibido os CFCs. Apesar de os EUA serem responsáveis, naquele momento, pelo uso de um pouco menos da metade do total desse gás produzido em todo o mundo o que, segundo o autor, representava uma queda do consumo, o CFC acabou tendo sua fabricação aumentada a partir da década de 1980 e

sua concentração na atmosfera passou a subir a uma taxa de 5% ao ano (GRIBBIN, 1988).

Mesmo com os esforços científicos em mostrar os possíveis perigos dos CFCs para a camada de ozônio, isso não foi suficiente para que seu uso fosse encerrado em todos os países e nem de maneira plena nos EUA. A força da legislação estadunidense e da própria EPA foi esvaziada com a entrada, em 1981, de Ronald Reagan na Casa Branca. O novo presidente não era um entusiasta das causas ambientais, mas era favorável à liberdade de ação das indústrias e do mercado (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010). Foi a própria camada de ozônio que forneceu, poucos anos depois, os elementos necessários para que os cientistas comprovassem a teoria de Molina e Rowland.

2 - Tratados internacionais e um buraco na camada de ozônio (1985-1997)

Por volta de 1978, a indústria anunciou ter criado um composto substituto aos gases danosos ao meio ambiente. Também da classe dos clorofluorcarbonos, o CHClF_2 e CH_3CCl_3 , teriam basicamente as mesmas vantagens dos compostos CFC-11 e 12, mas seriam eliminados na troposfera, camada anterior a região do ozônio. Em 1983, a produção de CFCs ao redor do planeta voltou a crescer, próximo aos níveis dos anos anteriores ao banimento nos EUA (FISHER, 1990).

Assim, mesmo com a teoria científica de Molina e Rowland, os riscos de os CFCs aparecerem menos na mídia e na memória do público no início da década de 1980. Por ser uma teoria que não havia sido comprovada empiricamente, as dúvidas a respeito davam mais peso a suas implicações políticas. A isto devemos somar também o papel que o debate sobre o inverno nuclear tomou no meio científico nesta época, como vimos no capítulo anterior. Se este enunciado não serviu para apagar de vez o problema, pelo menos colocou a degradação do ozônio em segundo plano. Até porque a quantidade de artigos e relatórios de pesquisa referentes ao problema do ozônio diminuíram durante os anos em que o inverno nuclear foi mais debatido nas revistas *Science* e *Nature* (vide tabelas em anexo).

Ulrich Beck, cientista político alemão, faz uma leitura de todo esse processo e explica que assumir o risco social por produtos que poderiam prejudicar o meio ambiente se tornou uma prática recorrente em diversos países ao redor do planeta. Para ele, a sociedade de risco que se caracterizava desde o início dos anos 1970 em diversos

países era pautada pelo entendimento de que os problemas ambientais causariam prejuízo social, tal como a queda dos índices de qualidade de vida, aumento nos casos de doença etc., mas que, em vista do estabelecimento de normas técnicas e limites de emissões de poluentes ambientais, valeria a pena correr o risco (BECK, 2008).

Para o caso dos CFCs, o risco social de aumento nos casos de câncer e demais problemas de pele e visão era um fantasma que não assustava mais as pessoas. Sob a égide da hipótese e não da confirmação de que algo errado ocorria na interação entre os CFCs e o ozônio, a indústria química aproveitou-se para crescer. A retomada no crescimento da fabricação e utilização dos CFCs na década de 1980 se enquadra assim nesta análise de Beck. As sociedades de vários países sabiam dos problemas que o produto poderia causar, mas mesmo assim assumiram que o risco era aceitável. As ciências, no caso, não conseguiram atingir profundamente a sociedade a ponto de fazê-la mudar de opinião: apenas levaram a uma restrição aos CFCs, que logo foi desfeita. Faltava que uma nova série de questões fosse levantada e que existisse uma movimentação política e científica em torno disso.

Em âmbito mundial arranjos políticos estavam ocorrendo para reagir ao crescimento da produção de CFCs. Em 1985, a ONU organizou uma convenção para tratar da proteção da camada de ozônio. A Convenção de Viena, como ficou conhecida, ocorreu em 22 de março daquele ano e contou com a participação de 27 países; atualmente 197 já assinaram o documento final da reunião. A convenção não apresentava objetivos precisos, mas num primeiro momento buscava promover a criação de políticas públicas entre os países, para o controle das emissões de CFCs e outros gases que poderiam ser danosos ao ozônio. A motivação da reunião era criar, conforme aponta o geógrafo Wagner Costa Ribeiro (2010) um “código de conduta externo”. Um código que previa a cada nação a tomada de medidas apropriadas para proteger a saúde humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos da modificação da camada de ozônio.

Tais medidas preventivas deveriam ser organizadas em conjunto, ou seja, todas as nações envolvidas teriam que formular políticas em acordo e em cooperação com as demais. A Convenção de Viena requisitava um esforço global para a proteção da camada de ozônio.

Cooperação na formulação das medidas, procedimentos e padrões aceitos para a implementação desta Convenção, com a perspectiva de adoção dos

protocolos e anexos [...] Cooperação com os organismos internacionais competentes para implementar efetivamente esta Convenção e seus protocolos (ONU, 1985, s/p)⁵¹.

A proposta da ONU era difundir medidas de regulação dos gases, adotadas em alguns países, como vimos, para um número maior de nações. O parâmetro para isto era o uso das ciências e as técnicas nas ações a serem executadas. As muitas dúvidas a respeito da hipótese de Molina e Rowland e das demais pesquisas que vieram depois foram deixadas de lado. Todavia, no texto final foi feita a ressalva da necessidade de que mais estudos fossem estimulados para acabar com as incertezas; assim, as nações envolvidas estavam “*Conscientes também da necessidade de mais pesquisas e observações sistemáticas para desenvolver ainda mais o conhecimento científico da camada de ozônio e os possíveis efeitos adversos decorrentes da sua modificação*” (ONU, 1985, s/p)⁵². O texto final da Convenção abrandava as possíveis críticas à adoção de um conhecimento científico que não tinha sido comprovado empiricamente.

Ao trazer para a discussão os riscos para a saúde humana e ao meio ambiente, a Convenção de Viena ainda se mostrou um tratado de preocupação social e ambiental. As responsabilidades foram divididas em quatro áreas: troca de informações, observação sistemática, organização de um grupo de trabalho e a criação de políticas públicas. Cabia ao secretariado da reunião a função de definir, deter e revisar a informação científica, organizar e harmonizar as legislações nacionais. Uma espécie de fórum e, ao mesmo tempo, um banco de dados sobre a camada de ozônio.

Centrado naquilo que era considerado como as preocupações científicas principais- modificação da camada de ozônio e o aumento dos raios UV, alteração na temperatura do planeta e uma eventual mudança de clima-, o documento apontou uma série de substâncias que estariam ligadas à degradação do ozônio. Uma lista bem abrangente que ultrapassava o foco das pesquisas científicas da década de 1970, ao incluir compostos naturais e os produzidos pela ação humana: “*As substâncias a seguir de origem natural e antropogênica, não listadas em ordem de prioridade, são tidas como tendo potencial para modificar as propriedades químicas e físicas da camada de*

⁵¹ “Co-operate in the formulation of agreed measures, procedures and standards for the implementation of this Convention, with a view to the adoption of protocols and annexes [...] Co-operate with competent international bodies to implement effectively this Convention and protocols to which they are party.”

⁵² “Aware also of the need for further research and systematic observations to further develop scientific knowledge of the ozone layer and possible adverse effects resulting from its modification.”

ozônio [...]” (ONU, 1985, s/p)⁵³. A Convenção, dessa maneira, trouxe todos os elementos possíveis que, em maior ou menor grau, prejudicariam o ozônio na estratosfera. A lista final ficou assim: monóxido e dióxido de carbono, metano, hidrocarbonos, óxido nitroso, óxidos de nitrogênio, os CFCs - CCl₄, CFC13 (CFC11), CF₂Cl₂ (CFC12), C₂F₃Cl₃ (CFC113), C₂F₄Cl₂ (CFC114), CH₃Cl, CHF₂Cl (CFC22), CH₃CCl₃, CHFCl₂ (CFC21) – inclusive aqueles que a indústria divulgou como substitutos em 1978 - e ainda as substâncias derivados do bromo, do hidrogênio e também a água (H₂O) em seu estado gasoso.

A amplitude da lista de compostos com potencial para danificar o ozônio nos mostra que, apesar da pausa científica nas pesquisas, a preocupação política se manteve. A ONU, através da Convenção, tentou trazer o problema de volta ao foco das discussões. O neoliberalismo, porém, tomava conta das decisões políticas em diversos países, o que deixava o mercado livre para agir e o comprometimento que o órgão internacional procurou estabelecer esbarrava nesta dinâmica de interação econômica e social entre os países. O documento final da Convenção acabou caracterizado pela pouca firmeza das propostas, ficou brando.

A brandura tomou conta de todo o documento final. Wagner Ribeiro (2010) entende que a defesa dos interesses nacionais foi o direcionador das ações de cada país participante. Um comprometimento no campo das intenções, voltadas para a cooperação internacional, estímulo à pesquisa, troca de informações etc., no intuito de avançar no conhecimento científico sobre a questão. Além disso, também ficou combinada, segundo o autor, a realização de outras rodadas de discussão.

Na bibliografia especializada que utilizamos aqui para tratar da camada de ozônio, pouco foi discutido em relação à Convenção de Viena. John Gribbin (1988) não discute o encontro em seu livro, o mesmo em David Fisher (1990). Oreskes e Conway (2010) dedicam um parágrafo apenas, que caracteriza a reunião como um grupo de trabalho sobre procedimentos em relação aos compostos nocivos ao ozônio. Paul Edwards (2010) quase não menciona o encontro. Makhijani e Gurney apresentaram uma preocupação maior com a Convenção de Viena. No livro de 1995, os autores descreveram os pontos principais do encontro e afirmaram sua importância como estimuladora de políticas públicas para o benefício do ozônio.

⁵³ “The following chemical substances of natural and anthropogenic origin, not listed in order of priority, are thought to have the potential to modify the chemical and physical properties of the ozone layer [...]”

A repercussão da Convenção nas revistas foi morna. Encontramos poucas reportagens relacionadas ao tema, tanto na *Science* quanto *Nature*. Na maioria, com a descrição da reunião e suas discussões. Aparentemente, os periódicos e a comunidade científica estava pouco inclinada a debater ou comentar o encontro. A *Nature*, por exemplo, chega a tratar do assunto mais de um ano depois, em 1986. Uma matéria, assinada pelo jornalista Tim Beardsley, descreve a reunião e seus acordos. O estímulo para isto veio tanto dos eventos científicos que se sucederam ao encontro, que veremos a seguir, quanto das novas rodadas de negociação em Roma, que trouxeram a União Soviética e o Japão para a discussão do tratado, o que chamou a atenção para a crescente importância científica da convenção.

Observadores foram encorajados pelos sinais de interesse na ação global vinda da União Soviética, que pela primeira vez forneceu informações sobre sua produção de CFC 11 e 12. O Japão propôs um sistema de controle duplo que imediatamente restringiria o crescimento, seguido por mais controles a partir dos dados acessíveis para determinar um limite seguro de emissões (BEARDSLEY, 1986, p. 286)⁵⁴.

A entrada do Japão e da URSS, com esta última fornecendo dados sobre sua produção de CFCs, mostrava a guinada no contexto, com a retomada da preocupação política e científica sobre a camada de ozônio e sua degradação pelos CFCs e demais substâncias químicas. O encontro teve pouco apelo decisório e não levava a avanços científicos, apesar da exortação para novas pesquisas. Talvez, por isso, a pouca divulgação da reunião da ONU nas publicações.

Podemos entender, por outro lado, que esse desinteresse da bibliografia especializada e das fontes em Viena ocorreu por suas características políticas, que suplantaram a preocupação científica. Como a ciência era o foco das publicações, a política era marginal na narrativa que pretendiam traçar. Entretanto, a reunião também pode ser vista de uma forma diferente. Apesar de sua característica generalizante e sem tomada de decisões firmes a respeito dos gases nocivos à atmosfera, a Convenção de Viena criou um fato político novo no cenário científico.

Ela incentivou a organização internacional dos esforços relacionados à proteção da camada de ozônio. A Convenção de Viena atesta, no cenário político internacional

⁵⁴ “Observers were encouraged by signs of interest in global action from Soviet Union, which for the first time gave figures on its CFC 11 and 12 production. Japan proposed a two-tier control system that would place immediate restraints on growth, followed by more controls as data become available with which to fix a safe emission limit.”

(ONU), a preocupação com o ozônio na metade da década de 1980. Uma inquietação que deveria influenciar as ciências a continuarem os debates e procurar provas cabais do dano ao meio ambiente e especialmente ao ozônio estratosférico.

Compreendemos também que a Convenção sozinha e o fato político criado não seriam capazes de modificar profundamente o panorama científico sobre o tema. Até porque os EUA, o maior produtor e consumidor de CFCs na época, ajudou na retomada da produção e consumo desses compostos químicos.

A entrada de Ronald Reagan na Casa Branca teve um papel crucial no abrandamento da legislação ambiental. A *Environmental Protection Agency* (EPA) perdeu grande parte do espaço que tinha para atuar na regulação da poluição atmosférica e junto a isto o controle dos CFCs. Reagan, com sua ideologia neoliberal, apoiava a economia de mercado e a liberdade de produção. Como já observado no caso do inverno nuclear, o direcionamento da Casa Branca era contrário às demandas dos grupos ambientalistas. Sem ouvir as vozes que defendiam o meio ambiente, Reagan permitiu que a indústria produzisse livremente, sem dar atenção para os riscos ao meio ambiente. Como a ótica do mercado direcionava as decisões políticas, as fabricantes de CFCs se beneficiaram, voltando aos altos níveis de produção tal como mencionamos acima. Conforme a análise de Daniel Rodgers (2011), historiador estadunidense, o governo Reagan, ao escancarar as portas da economia para o mercado livre, processo que se consolidou lentamente durante os anos 1970, não privilegiou áreas onde a regulação econômica era um meio controlador da poluição e dos excessos industriais.

Os EUA tinham criado, desde as primeiras décadas do século XX, especialmente após a crise da bolsa de valores de 1929, políticas públicas de controle de setores chaves da economia, tais como energia, telecomunicações e transporte. De 1960 em diante, pela interpretação de Rodgers, o sistema de controle público das concessões de exploração econômica desses setores passou a ser sistematicamente criticado por especialistas e intelectuais estadunidenses pela interferência que causavam na autonomia do mercado. Na década de 1970, mesmo com a criação de uma agência regulatória de grande impacto como a *Environmental Protection Agency* (EPA), tal como comentamos no capítulo 2, o contexto direcionava as ações estatais para a desregulação: “A *instância mais dramática da nova autoridade representada pelo modelo de mercado veio em*

relação à lei de utilidade pública [...]”⁵⁵ (RODGERS, 2011, p. 60) O ápice desse momento foi justamente a entrada de Reagan na Casa Branca, em 1981, quando:

[...] caminhões, transporte terrestre de longa distância, transporte férreo, telecomunicações, combustível e instituições de poupanças e empréstimos foram todas substancialmente removidas dos controles regulatórios. Os resultados foram mistos (e em alguns casos muito mais custosos) do que os defensores da desregulação total anteciparam (RODGERS, 2011, p. 62)⁵⁶.

Ainda, conta Rodgers, muitas dessas áreas ao perderem o controle público, ficaram sem qualquer tipo de parâmetro econômico e navegaram à deriva ou foram direcionadas pelos interesses do mercado. As políticas para o meio ambiente são um exemplo da nova diretriz governamental. Se, durante a década de 1970, o Estado regulava o ambiente no território dos EUA, depois de Reagan era o mercado que fazia esse controle, ao modificar os padrões de ação, ao passar do controle da poluição para o comércio de poluição, pelos quais as indústrias poluidoras poderiam negociar e transferir as quotas de poluentes que cada uma poderia gerar, o que as livrava de multas e demais sanções econômicas, sempre sob os auspícios do mercado livre; o governo não interferia mais neste assunto (RODGERS, 2011).

Edward Russel III, historiador ambiental dos EUA, descrevendo o papel da EPA nestes anos Reagan, observa que os administradores da agência tiveram que redirecionar seus objetivos, que passaram do foco na proteção ecológica para a salvaguarda da saúde humana. O foco foi para o combate às substâncias que poderiam causar câncer nas pessoas. Algo que limitava significativamente o papel do órgão. Sobre o novo presidente, por não ter nenhuma predileção pelo meio ambiente em sua pauta de governo, Russel III escreve ironicamente que “*Alguns empregados da EPA acreditavam que Reagan considerava a proteção ecológica com profundidade; ele era citado por ter dito que as árvores e outras plantas causavam a maior poluição no ar [...]*” (RUSSEL III, 1997, p. 36)⁵⁷.

Dessa forma, o contexto político estava travado pelos os EUA, que desarticularam seus mecanismos de controle da produção industrial dessas substâncias.

⁵⁵ “*The most dramatic instance of the new authority of market models came in public utility law [...]*.”

⁵⁶ “[...] trucking, long distance bus transport, rail transport, telecommunications, oil, and savings and loan institutions were all substantially removed from regulatory controls. The results were much more mixed (and in some cases, much more costly) than the advocates of wholesale deregulation anticipated.”

⁵⁷ “*Few EPA employees believed that Reagan regarded ecological protection fondly; he was quoted as saying that trees and other plants caused most air pollution [...]*.”

Compreendemos que a Convenção de Viena, apesar de moderada em suas decisões, não teria força para promover as políticas públicas necessárias para conter a fabricação dos CFCs e controlar seu consumo. Ainda era preciso um estímulo vindo da própria ciência, para que houvesse a movimentação científica necessária e a retomada dos trabalhos. Esse fato científico veio pouco menos de um mês depois do encontro de Viena.

2.1 - A expedição britânica e o ozônio acima da Antártida

A prova científica estava sendo produzida nos primeiros anos da década de 1980. Veio através de uma expedição científica britânica, a *Britain Antarctic Expedition*, realizada em 1982, liderada na época pelo cientista J. C. Farman. O grupo de pesquisadores, que utilizava equipamentos em solo, observou que a quantidade de ozônio sobre o polo sul estava muito abaixo do considerado normal em 1982 e passou a monitorar a camada nos dois anos seguintes, a fim de confirmar os dados que obtiveram.

A *Britain Antarctic Expedition* era uma missão inglesa que anualmente, desde 1957 – ano geofísico internacional na Antártida – fazia incursões na região para coleta de informações científicas sobre o clima, atmosfera, geleiras etc. A equipe tinha, então, uma ampla quantidade de dados sobre a situação atmosférica na região e se mostrou surpreendida pelo registro da queda na quantidade de ozônio. A dúvida era sustentada principalmente pela informação controversa que o satélite *Nimbus 7* da NASA trazia, desde 1978, quando entrou em órbita carregado de instrumentos para o monitoramento do ozônio, indicava que estava tudo certo com esta camada (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; ORESKES e CONWAY, 2010).

Os instrumentos de solo da expedição, por sua vez, sugeriam outra situação. Os pesquisadores decidiram manter o monitoramento e requisitar um equipamento mais moderno, que lhes foi entregue em 1983. O novo medidor mostrou a mesma queda do volume do gás neste ano e ainda mais acentuada em 1984. Em busca de uma confirmação ampla dos resultados, a equipe de Farman deslocou-se para outro ponto de medição, quilômetros distantes de sua base e a resposta do aparelho foi a mesma: mostrava uma brusca diminuição do ozônio sobre a Antártica. A medição em distâncias diferentes deu a impressão, para os cientistas, de que um buraco havia se formado na camada de ozônio acima da região polar (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990).

Farman e seu grupo, sustentados pelas leituras dos aparelhos, resolveram publicar as conclusões na *Nature*. O texto, enviado em dezembro de 1984, saiu quase seis meses depois, em março de 1985, e vinha com o título “*Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClO_x/NO_x Interaction*”. O que revelava de pronto aquilo que os autores entendiam que era responsável pela diminuição do ozônio: a relação entre o cloro e os óxidos de nitrogênio, aliada ao esfriamento da temperatura no período de outono no Hemisfério Sul (FARMAN et al., 1985).

Podemos entender pela leitura do artigo que a larga experiência da equipe que monitorava a região por muitas décadas foi fundamental. Todo o equipamento utilizado foi regulado com base nas informações sobre o volume do gás na região obtidas entre 1957 e 1973 (FARMAN et al., 1985). Este período se justifica por ser considerado ideal para o total de ozônio estratosférico acima da Antártida.

O volume de ozônio era medido em escala Dobson, denominação atribuída ao meteorologista britânico Gordon M. B. Dobson da *Oxford University*, por ter sido um dos pioneiros na medição da camada de ozônio na década de 1930. Ele utilizou um espectrógrafo de massa (o mesmo da equipe de Farman) para medir as quantidades de ozônio estratosférico. Um Dobson equivale a um milésimo de centímetro de ozônio (DOBSON, 1968; GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010).

O total de ozônio considerado normal na Antártida era de 300 Dobsons, ou três milímetros de espessura. Os aparelhos e os cálculos da equipe de Farman mostravam que entre 20% a 30% do ozônio a uma altitude entre 20-40 quilômetros não existia mais. O que equivalia a 125 Dobsons ou 1,25 milímetros de espessura. Esse processo era maior durante o período noturno, pelo intenso resfriamento da atmosfera e a pouca atuação dos raios ultravioleta (UV). A explicação dada pelos cientistas era de que, diariamente o ozônio sofria essa reação de degradação por onze horas contínuas no período de outono (FARMAN et al., 1985; GRIBBIN, 1988).

Os cientistas mantiveram as medições na primavera antártica para uma comparação com os efeitos outonais. Como nessa estação haveria maior atividade solar na região, para eles o ozônio não passava por longas horas de degradação, já que dependia das baixas temperaturas para isto ocorrer, além do fato de que a maior parte dos gases prejudiciais interagiam diretamente com os raios UV e eram eliminados. Consideravam que a baixa inatividade dos gases nocivos na primavera, principalmente o cloro, reequilibrava a situação do ozônio, mas seu volume não voltava a crescer (FARMAN et al., 1985).

No mais, conseguiram pelas medições em duas regiões afastadas, uma em sua base localizada na chamada *Argentine Islands* e a outra na *Halley Bay*, circunscrever a perda do ozônio a um determinado espaço, o que revelava para eles um buraco que cobria quase a totalidade do território antártico. A equipe de Farman não acreditava que tal fenômeno tivesse lugar no extremo oposto, polo norte, devido à diferença entre a circulação da atmosfera e os níveis de queda da temperatura, menores no Ártico do que na Antártida.

Efeitos comparáveis não devem ser esperados no Hemisfério Norte, onde o vórtex polar estratosférico no inverno é menos frio e menos estável que em sua contraparte no Sul. O vórtex é quebrado normalmente bem antes do final da noite polar pelo grande aquecimento (FARMAN et al., 1985, p. 210)⁵⁸.

Os pesquisadores consideravam saber de antemão o que causava tal destruição do ozônio: o cloro liberado pelas moléculas de CFCs e pelos óxidos de nitrogênio. Os dados de que os cientistas dispunham sobre a quantidade desses gases na Antártida lhes mostrava a relação entre sua presença e a degradação do ozônio. As incertezas, no entanto, estavam direcionadas aos detalhes da interação entre os gases que, embora calculados anteriormente por outros cientistas na década de 1970, não explicavam totalmente o processo que observaram *in loco* (FARMAN et al., 1985).

Segundo a bibliografia, as conclusões contidas no texto de Farman e seu grupo causaram uma agitação no meio científico, principalmente na NASA, que fazia o monitoramento espacial da camada de ozônio. Para Oreskes e Conway (2010, p. 199), “[...] o anúncio da expedição foi um choque”⁵⁹. Fisher (1990) escreveu que o enunciado atingiu a NASA como um terremoto. Além disso, como analisamos a seguir, foi organizada nos EUA uma grande equipe de cientistas para ir até a Antártida, fazer novas medições e coletar dados.

Entretanto, a bibliografia especializada, de maneira geral, fez pouco caso do enunciado de Farman, tal como fez a respeito da Convenção de Viena. Vários autores relatam as atividades da equipe britânica, mas concentram a descrição nas implicações que teve na NASA (GRIBBIN, 1998; FISHER, 1990; MAKHIJANI e GURNEY, 1995; ORESKES e CONWAY, 2010). O papel científico de Farman e dos demais cientistas

⁵⁸ “Comparable effects should not be expected in the Northern Hemisphere, where the winter polar stratospheric vortex is less cold and less stable than its southern counterpart. The vortex is broken down, usually well before the end of the polar night, by major warmings [...]”

⁵⁹ “[...] the Antarctic Survey’s announcement was a shock.”

que fizeram as medições também não esteve presente na comissão do Nobel que concedeu em 1995 seu prêmio apenas a Molina, Rowland e Crutzen. A expedição britânica foi desconsiderada na ocasião; a hipótese, apesar de mais fraca politicamente, sobrepujou a leitura empírica dos efeitos dos CFCs sobre a camada de ozônio.

Para as revistas analisadas aqui, além do artigo de Farman, pouca coisa aparece, seja na sessão de comentários, notícias ou de pesquisas. O choque causado pelo enunciado e a letargia do meio científico precisaram de um tempo para digerir a nova informação. Um panorama que mudou a partir de 1986, quando o enunciado dos cientistas britânicos passou a receber as atenções dos demais pesquisadores e tinha de ser testada, principalmente pela NASA e seus satélites. Algo indicava que alguém tinha cometido um erro. Seriam os satélites ou os equipamentos em solo?

O então cientista da NASA, Richard Stolarski⁶⁰, incomodado com a medição do buraco por um equipamento em solo, procurou entender por que os satélites da agência não haviam percebido a queda do ozônio, quando era algo que parecia tão evidente cientificamente. Uma redução de quase metade da camada de ozônio era algo que não poderia passar pelos modernos instrumentos carregados pelo o satélite NIMBUS 7 desde 1978. Mesmo assim eles teriam falhado.

Conforme informa tanto Gribbin (1988) como Fisher (1990), equipado com dois aparelhos dedicados à leitura do ozônio, o *Total Ozone Mapping Spectrometer* (TOMS) e o *Solar Backscatter Ultraviolet* (SBUV), o satélite da NASA era considerado pelos especialistas como ideal para a missão de monitoramento da camada em todo o globo. Um sistema automatizado que enviava dados de forma contínua para os computadores de diversos centros de pesquisa e para a agência espacial estadunidense.

Mas o que aconteceu? Quando foram programados, os computadores que analisavam os dados fornecidos pelos satélites tinham um mecanismo que os fazia ignorar dados que fossem considerados anomalias. Como não estava prevista uma diminuição tão drástica do ozônio estratosférico, os valores obtidos pela equipe de Farman estavam registrados nos computadores da NASA desde 1978, mas arquivados pelo sistema como uma falha do equipamento.

Os computadores da NASA tinham sido preparados, tal como dizem Oreskes e Conway, a ignorar qualquer dado que apresentasse o volume de ozônio menor que 180 Dobsons: “[...] *Concentrações tão baixas não foram nunca antes detectadas na*

⁶⁰ O mesmo que na década de 1970, junto com Ralph Cicerone, estudou a possibilidade de os lançamentos espaciais da agência danificar a camada de ozônio.

estratosfera e não foram geradas em nenhum modelo teórico existente, então esta era uma escolha razoável [...]” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 119)⁶¹. Como a quantidade medida por Farman e equipe foi menor que isso, o equipamento classificou como uma informação falsa, uma possível falha na leitura do TOMS ou SBUV.

Quando Stolarski procurou os dados armazenados, lá estavam registradas as anomalias. Um mapa que indicava a diminuição drástica na quantidade de ozônio estratosférico em uma extensão maior até que a medida pela expedição britânica, a totalidade da Antártida (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; ORESQUES e CONWAY, 2010).

Os resultados dessas medições pelo satélite NIMBUS 7 foi publicada pela *Nature* em 1986. O relatório de pesquisa “*Nimbus 7 Satellite Measurements of the Springtime Antarctic Ozone Decrease*” saiu no mês de agosto e confirmava os dados da expedição britânica. Assim como no artigo de Farman, os autores relacionavam os supostos responsáveis que teriam causado a degradação da camada de ozônio, os compostos que lançavam cloro (CFCs), bromo ou então outros mecanismos ainda não estudados: “*Várias ideias foram propostas envolvendo combinações da química do cloro, com a química heterogênea localizada nas nuvens estratosféricas polares, a química do bromo e a elevação dinâmica da estratosfera polar [...]*.” (STOLARSKI et al. 1986, p. 810)⁶². De qualquer forma, a revisão do conteúdo guardado nos computadores da agência veio fortalecer as afirmações e resultados da equipe de Farman.

Como a NASA também encontrou o buraco no ozônio sobre a Antártica, qualquer dúvida a respeito da qualidade do monitoramento em solo da expedição britânica ficava enfraquecida sob o peso dos satélites estadunidenses. Mas, assim como em outros casos que analisamos aqui, os cientistas que assinam o texto pediam que outros estudos fossem realizados no intuito de esclarecer as dúvidas sobre o funcionamento do processo de destruição do ozônio.

Independente da falha do sistema de informação, os satélites passaram a ter um papel crucial nos trabalhos científicos que vieram na sequência. A ocultação dos dados

⁶¹ “*Concentrations that low had never been detected in the stratosphere and could not be generated by any existing theoretical model, so it seemed like a reasonable choice [...]*.”

⁶² “*Various ideas have been proposed, involving combinations of chlorine chemistry, heterogeneous chemistry taking place in polar stratospheric clouds, bromine chemistry and dynamical elevation of the polar stratosphere [...]*.” Química heterogênea refere-se a equações químicas que tratam da reação entre substâncias que se encontram em fases distintas, tal como: sólido+líquido, líquido+gasoso ou sólido+gasoso.

sobre o buraco armazenados durante muito tempo nos arquivos da NASA acabou por ser considerada um erro humano; afinal, foram os cientistas que programaram os computadores para ignorar as possíveis “anomalias” no volume de ozônio estratosférico.

A partir do momento em que os dados foram revelados para a comunidade científica, o sistema de monitoramento recuperou sua credibilidade e a informação proveniente de seus equipamentos em órbita ocupou o lugar de protagonista na análise científica para o tema. Richard Kerr, jornalista da *Science*, que se tornou o principal divulgador das pesquisas sobre o ozônio na revista, publicou, em novembro de 1986, a matéria “*Taking Shots at Ozone Hole Theories*”, em que coloca os satélites como os fornecedores dos dados científicos que buscavam explicar a origem do buraco. O jornalista cita inclusive que houve aumento da faixa de cobertura do satélite *Nimbus 7*, de forma a cobrir uma área de ozônio que era desconhecida no meio acadêmico: “*As medições do equipamento TOMS presente nos satélites também foram utilizadas para monitorar a faixa menos conhecida das maiores concentrações de ozônio que cerca o buraco a cada outubro [...].*” (KERR, 1986, p. 817)⁶³.

Se houvesse dúvidas sobre a capacidade dos satélites em fornecer os preciosos dados científicos depois da falha do sistema, de certa forma isso ficou para trás com o decorrer dos trabalhos. Dessa maneira, a rede de monitoramento da atmosfera, criada na década de 1970, como abordamos anteriormente, para trazer e tornar a informação global, ainda funcionava e as tecnociências poderiam manter seus estudos sem que houvesse uma crise quanto aos instrumentos.

2.2 - Novos problemas, novas pesquisas

Mesmo com a teoria de Molina e Rowland sendo considerada a correta para explicar a destruição do ozônio pelos CFCs, ainda havia incertezas, principalmente, porque os cálculos dos dois cientistas não explicavam totalmente o surgimento de um fenômeno atmosférico destas proporções em tão curto prazo acima da Antártida. Com a detecção do buraco na camada de ozônio, as deficiências da teoria vieram à tona e os cientistas preocupados com o problema perceberam que outros mecanismos poderiam também atuar na interação entre ozônio e os gases, ou mesmo, dar uma explicação

⁶³ “*TOMS satellite measurements have also been used to monitor the less well-known band of higher than normal ozone concentrations that rings the hole each October [...].*”

completamente diferente. Richard Kerr, na mesma matéria comentada acima, escreveu o seguinte sobre a origem das controvérsias:

O problema é que os esforços intensivos na Antártida para monitorar a química do buraco não conseguiram dar explicações simples para o buraco e seu crescimento. Permanece incerto se o buraco é um prenúncio de uma destruição catastrófica do ozônio global [...] (KERR, 1986, p. 817)⁶⁴.

Surgiram, então, novas hipóteses sobre a degradação do ozônio. Conforme a bibliografia, três foram as principais hipóteses discutidas pelos cientistas em relação ao problema: raios solares, deslocamento do ozônio e reações químicas heterogêneas. Estas foram apresentadas ao público especializado durante um encontro, nos EUA, promovido pela *National Atmospheric and Oceanic Administration* (NOAA), pela NASA e a *Chemical Manufacture's Association* – representante da indústria de CFCs; e realizada em Boulder/Colorado durante os dias 4 a 7 de março de 1986. Na sequência, foram escritos artigos que saíram apenas na revista *Nature* no segundo semestre daquele ano.

Importante ressaltar que não sabemos explicar a preferência por esta publicação, em lugar da *Science*. Poderíamos apontar para a configuração política nos EUA, tal como explicamos acima, como uma barreira para a discussão, mas, como veremos, foi uma iniciativa estadunidense que tentou resolver a controvérsia das teorias. Uma explicação plausível, mas que não pode ser suficiente, vem do fato de que o texto da equipe de Farman foi publicado por este periódico; assim a comunidade científica decidiu manter a discussão em suas páginas. A bibliografia especializada, por sua vez, não aponta nada sobre isto, o que nos indica também que nada mais profundo possa ter ocorrido (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; MAKIHIJANI e GURNEY, 1995, ORESKES e CONWAY, 2010).

De qualquer maneira, as três hipóteses foram postas à prova por uma expedição científica, organizada pela *National Science Foundation* (NSF) dos EUA. A equipe chamada de *National Ozone Expedition* (NOZE) era liderada por Susan Solomon, cientista atmosférica da NOAA, e rumou para a Antártida no mês de agosto com o intuito de realizar observações *in loco* do buraco e resolver as controvérsias que surgiram logo após a divulgação do artigo de Farman e equipe. A NOZE era composta

⁶⁴ “The problem is that an intensive effort in Antarctica to monitor the chemistry of the hole has so far failed to provide any simple explanations for the hole or its deepening. Whether the hole is a harbinger of a catastrophic global ozone depletion remains unknown [...]”

por oitenta pesquisadores de quatro diferentes instituições científicas dos EUA, carregava diversos instrumentos de medição do ozônio e balões atmosféricos e contava com a ajuda dos satélites da NASA (SOLOMON, 1987; GRIBBIN, 1988).

A expedição teve também uma segunda etapa, entre outubro e novembro de 1987, dessa vez nomeada de *Airbone Antarctic Ozone Experiment* (AAOE). Contou com a presença de quatrocentos cientistas, quase todos aqueles que estavam envolvidos em estudos estratosféricos. Foram utilizados dois aviões, que partiam de *Punta Arenas* no Chile para sobrevoos sobre a área afetada pela falta de ozônio e medições *in loco*. Conforme a informação de Oreskes e Conway (2010), o objetivo dessa nova expedição foi o estudo dos efeitos meteorológicos na atmosfera da Antártida.

A primeira hipótese colocada à prova foi a dos raios solares. Promovida por Linwood Callis, do *Langley Research Center*, e Murali Natarajan, da *SASC Technologies*, estava relacionada com os ciclos solares de vinte e um anos de duração. A alternância entre o inverno na região e a volta da atividade solar na primavera provocaria uma enorme reação fotoquímica pelo aumento considerável de calor. Um processo que eliminaria o ozônio da estratosfera (CALLIS e NATARAJAN, 1986; GRIBBIN, 1988).

O enunciado de Callis e Natarajan foi publicado pela *Nature* em outubro de 1986 “*Ozone and Nitrogen Dioxide Changes in the Stratosphere during 1979-1984*”. Os autores utilizaram os dados inéditos fornecidos pelos satélites SAGE e SAGE II⁶⁵, que lhes indicava o aumento da quantidade de NO_x na atmosfera, particularmente o N₂O. Isto era um indício de que as atividades solares estavam presentes na destruição do ozônio. Callis e Natarajan, encontraram este gás presente na altitude em torno de 30 a 35 quilômetros, para eles suficiente para comprovar a validade de suas afirmações. Assim, munidos destes dados e diversos cálculos, não tinham dúvidas de que os raios solares eram os responsáveis pelo fenômeno na camada de ozônio.

A previsão da diminuição de O₃ encaixa-se muito bem com a queda observada de O₃, sugerindo que as mudanças observadas e relatadas no O₃ durante o período de 1979-1984 podem, de fato, ser devidas às grandes infusões de NOY [sigla para se referir a equação química que utilizaram no estudo] que ocorreram durante o ciclo solar 21 [...]. (CALLIS e NATARAJAN, 1986, p. 777)⁶⁶.

⁶⁵ Que também carregavam instrumentos para o monitoramento do ozônio estratosférico e outros gases.

⁶⁶ “*The predicted O₃ decreases agree very well with the observed O₃ decreases suggesting that the observed and reported changes in O₃ during 1979-1984 period may, in fact, be due to the large infusions of NOY that have occurred during solar cycle 21 [...].*”

Esta hipótese durou pouco tempo. As observações da Expedição NOZE mostraram que não havia evidências para sua comprovação (KERR, 1986; GRIBBIN, 1988). Em sua reportagem de 1986, Kerr explicou que a expedição mediu quantidades muito baixas do NO_x na área do buraco: “[...] a medição das concentrações de dióxido de nitrogênio no buraco foram baixas [...] a teoria do ciclo solar prevê uma alta quantidade deste gás [...]” (KERR, 1986, p. 817)⁶⁷. Além do mais, a teoria ainda precisava que a degradação do ozônio ocorresse a uma altitude superior a vinte quilômetros e, nas medições da NOZE, a destruição ocorria em uma faixa de doze a vinte quilômetros, portanto, fora das previsões de Callis e Natarajan (KERR, 1986).

Callis e Natarajan não desanimaram com as contraprovas da expedição. Para Kerr eles disseram que “[...] nós ainda vemos muitas evidências [...] que confirmam a hipótese do ciclo solar” (KERR, 1986, p. 817)⁶⁸. Os fatos a que se referiam seriam a baixa queda do volume de ozônio no ano de 1986. Como a atividade de destruição do gás foi pequena naquele ano em comparação aos anteriores, eles acreditavam que isto justificava a pouca incidência do NO_x na região, portanto, não deveria ser descartada a hipótese. Mas, segundo Gribbin (1988), novamente as provas se mostraram desfavoráveis a eles quando, em 1987, durante a segunda expedição (AAOE):

[...] o buraco se mostrou ainda mais profundo e ainda não havia qualquer sinal dos compostos de nitrogênio necessário [...] Além disso, não tinha havido qualquer vestígio de um buraco semelhante no ozônio após o período de máxima atividade solar no final da década de 50 ou após o período equivalente do final da década de 60 (GRIBBIN, 1988, p. 118).

Sem a consistência das provas empíricas, a teoria dos raios solares, e a pequena controvérsia que gerou, ficou de fora das discussões sobre o buraco no ozônio. Todas as evidências coletadas e interpretadas pelos cientistas mostravam que a hipótese científica estava errada. Mais nada foi dito sobre o assunto, seja na bibliografia ou nas fontes históricas utilizadas aqui, depois das conclusões obtidas pelos pesquisadores na Antártida em 1986 e 1987.

A segunda teoria versava sobre a possibilidade de o ozônio não ter sido destruído, mas ter se espalhado para outras regiões do globo. Assim, era a hipótese de

⁶⁷ “[...] that the expedition's measurement of nitrogen dioxide concentrations within the hole are the lowest [...] The solar cycle theory predicts high abundances of that gas [...]”

⁶⁸ “[...] we still see many pieces of evidence [...] that tend to confirm the solar cycle hypothesis.”

ter acontecido uma dispersão do gás motivada pela dinâmica atmosférica, quando o deslocamento das massas de ar na Antártida teria levado o ozônio a se concentrar em outras partes do planeta. Uma teoria que retirava a argumentação da discussão química e a levava para o campo da física atmosférica. Kerr comenta que alguns cientistas situados na região aventaram essa hipótese: “*Os químicos atmosféricos na Antártida argumentam que têm forte evidência contra as teorias não químicas, mas os proponentes destas teorias ainda não desistiram [...]*.” (KERR, 1986, p. 817)⁶⁹.

Richard Stolarski junto a Mark Schoeberl, também da NASA, apoiavam esta possibilidade. A leitura dos satélites da agência indicava que a dinâmica atmosférica era um fator considerável; segundo eles, maior até que a destruição do ozônio causada pelo cloro dos CFCs e demais gases. Richard Kerr trouxe essa informação nas páginas da *Science*; segundo ele, os dois cientistas achavam que não se devia:

Considerar menos provável que os ventos vindos do norte da área possam empurrar o ozônio do buraco do que o cloro proveniente de compostos antropogênicos, incluindo os clorofluorcarbonos, simultaneamente catalisariam a destruição de um montante igual de ozônio sobre o polo. ‘O ano a ano do aumento no buraco’ diz Schoeberl, ‘definitivamente tem algum componente dinâmico’ (KERR, 1986, p. 817)⁷⁰.

A equipe do NOZE tentou logo desconsiderar essa teoria. Em conferência via satélite no mês de outubro de 1986, direto da base de *McMurdo* na Antártida, os cientistas disseram que não havia provas da existência do ar ascendente, necessário para dispersar o ozônio, tal como a teoria previa. No entanto, como fizeram as medições de um único local, a dúvida ainda pairou sobre a questão e novas investigações foram requisitadas (SOLOMON, 1987; GRIBBIN, 1988).

Alguns estudos tentaram determinar a relação entre ela e a química atmosférica. Essa ligação foi feita para a *Nature* por uma equipe de pesquisadores sob a tutela de Ka-Kit Tung do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e os demais provenientes da *Atmospheric and Environmental Research Inc.* dos EUA. No texto os autores apresentaram estudos sobre as duas hipóteses e sugeriam que o buraco foi criado exatamente pela interação entre ambos os mecanismos.

⁶⁹ “*The atmospheric chemists in Antarctica do argue that they have strong evidence against nonchemical theories, but proponents of those theories are as yet not giving an inch [...]*.”

⁷⁰ “[...] consider it less likely that winds from north of the area might blow ozone into the ring while chlorine from man-made compounds, including chlorofluorocarbons, simultaneously catalyzes the destruction of an equal amount of ozone over the pole. ‘The year-to-year deepening of the hole’ says Schoeberl, ‘definitely has some dynamical component’.”

Os mecanismos propostos (dinâmico e químico) têm diferentes implicações para a suscetibilidade do O₃ estratosférico nas perturbações atmosféricas e podem manifestar-se de diferentes formas e em momentos distintos na primavera. O mecanismo químico pode ser dominante durante o declínio inicial ocorrido depois do retorno do sol, quando a sua força ainda é fraca. Depois, entretanto, as concentrações de CIY [sigla utilizada para a equação química] podem ser reduzidas por essa ressurgência, diminuindo efetivamente a remoção catalítica do O₃ [...] (TUNG et al., 1986, p. 813)⁷¹.

Em 1987, na segunda etapa dos trabalhos da Expedição (AAOE), medições em outras partes da Antártida foram feitas e assim foi possível aos cientistas definir que o ar descia das camadas mais altas da atmosfera, um fator que impossibilitava o efeito de dispersão do ozônio pelas massas de ar. Susan Solomon escreveu sobre este resultado em 1987 para o periódico *Antarctic Journal*. Segundo ela, teria sido uma equipe da *Wyoming University*, sob o comando do climatologista D. J. Hoffman a responsável pelas medições e comprovação ou não desta teoria e “*Eles concluíram que estes dados implicam que os processos de transporte dinâmico provavelmente não são a causa do buraco no ozônio*” (SOLOMON, 1987, p. 242)⁷².

Isto não excluiu totalmente a dinâmica atmosférica do problema. Apenas a teria descartado como mecanismo principal de desaparecimento do ozônio na região. A interação entre a física e a química permaneceu como uma possibilidade; os pesquisadores ainda consideravam que o deslocamento atmosférico do ozônio poderia ter um papel, embora secundário no aumento do buraco. Uma situação contada por Gribbin, em seu livro de 1988, sobre o tema quando afirma que, apesar de pequena, a influência desse fator na degradação do ozônio ainda fazia parte do processo, pois:

[...] a mudança nos padrões de circulação, fortalecendo a circulação ao redor da Antártida e produzindo um forte vórtice circumpolar ao mesmo tempo em que permite que a estratosfera sobre o continente esfrie no inverno mais do que acontecia nos anos 70, talvez seja um ingrediente essencial no crescimento do buraco [...] (GRIBBIN, 1988, p. 119).

⁷¹ “The proposed mechanisms (dynamical and chemical) have different implications for the susceptibility of stratospheric O₃ to atmospheric perturbations, and may manifest themselves in different ways and at different times in spring. The chemical mechanism may be dominant during the initial decline after the return of the Sun, when the strength of upwelling is still weak. Thereafter, however, the CIY concentrations may be reduced by the upwelling, effectively diminishing the catalytic removal of O₃ [...]”

⁷² “They concluded that those data implied that dynamical transport processes are probably not the cause of the ozone hole.”

Inserida dentro do contexto da explicação química, a hipótese da dinâmica e seu papel secundário também foi deixada de lado. O trabalho das expedições NOZE e AAOE, entre 1986 e 1987, foi cumprido, ao colocar as hipóteses que não se confirmavam fora do escopo de preocupação científica. Ao final, ficou apenas aquela que se encaixava dentro das perspectivas da química atmosférica.

A terceira hipótese que explicaria a formação de um buraco na camada de ozônio envolvia diretamente a química e pode ser considerada uma continuidade ao trabalho de Molina e Rowland (1974). Alguns cientistas passaram a questionar a possibilidade de ocorrer aquilo que os químicos chamam de reações heterogêneas na atmosfera acima da Antártica. Em Molina e Rowland era considerada a chamada reação homogênea, ou seja, como tanto o CFCs quanto o ozônio são gases, então sua interação química se daria neste nível, de gás para gás. A partir da retomada das pesquisas em 1986, os cientistas observaram que outro tipo de reação poderia ser a explicação para o fenômeno, de característica heterogênea, que ocorre quando elementos químicos em estados diferentes reagissem entre si.

No artigo de Farman e seus colegas (1985), em que apresentaram o buraco no ozônio para a comunidade científica, eles levantaram a hipótese de que uma reação química intensa estaria em atividade na região. Essa hipótese, entretanto, só foi desenvolvida a partir de 1986 por quatro grupos principais de pesquisadores que a levaram adiante. Um deles era constituído por O. B. Toon e Richard Turco, nossos conhecidos por fazerem parte do TTAPS (vide capítulo anterior) mais Patrick Hamill e J. Pinto, que atuavam com eles à época na *California University* e publicaram, em novembro de 1986, o artigo “*Condensation of HNO₃ and HCl in the Winter Polar Stratosphere*” na revista *Geophysical Research Letters* (TOON et al., 1986). Quanto aos demais grupos, um era liderado por Susan Solomon e Sherry Rowland, outro por Michael McElroy, cientista atmosférico de Harvard⁷³ e, por fim, Paul Crutzen e Frank Arnold, ambos físicos do *Max Planck Institute* da Alemanha. Todos escreveram artigos publicados pela *Nature* no ano de 1986. Iremos nos concentrar nos textos destes últimos pesquisadores.

De maneira geral, para estes cientistas, o mecanismo que gerava a hipótese era um emaranhado de equações químicas que tornava complexa toda reação na estratosfera, um grande quebra-cabeça. Os artigos mostram diferentes caminhos

⁷³ O mesmo que se envolveu em uma polêmica com Ralph Cicerone e Richard Stolarski, nos anos 1970, sobre a primazia do enunciado da destruição do ozônio pelos foguetes da NASA.

tomados pelos autores para os cálculos químicos envolvidos. Entendemos que, no cerne, os caminhos se direcionavam para um mesmo lugar, as *Polar Stratospheric Clouds* – PSC (Nuvens Estratosféricas Polares).

Basicamente, para todos esses grupos científicos, o processo heterogêneo se caracterizava pela reação química ocorrida na estratosfera a partir da interação entre gás e gelo, ou gás e líquido. Makihiyani e Gurney (1995, p. 17), explicam que “*A diminuição periódica do ozônio na estratosfera polar da Antártica necessita de um processo de degradação do gás consideravelmente mais eficiente que o mecanismo homogêneo [...]*”⁷⁴. A bibliografia explica que a dinâmica química envolvida levava em conta a cristalização dos gases durante o inverno rigoroso na Antártica que, devido ao frio extremo, formava nuvens na região da estratosfera que se cristalizavam e junto a isto ficavam presos compostos como o CFCs, os BFCs (Bromofluorocarbonos) e os NO_x. Essa cristalização provocava a liberação do cloro e bromo que reagiam imediatamente com o ozônio (GRIBBIN, 1988; FISHER, 1990; MAKIHIJANI e GURNEY, 1995, ORESKES e CONWAY, 2010).

Os textos do grupo de Solomon/Rowland, “*On the Ozone Depletion*”, e de Mike McElroy, “*Reductions of Antarctic Ozone due to Synergistic Interactions of Chlorine and Bromine*” foram publicados na mesma edição de junho do ano de 1986. Já o texto de Crutzen e Arnold, “*Nitric Acid Cloud Formation in the Cold Antarctic Stratosphere: a Major Cause for the Springtime ‘Ozone Hole’*”, apareceu meses depois, em dezembro, quando parte da pesquisa da NOZE tinha sido divulgado informalmente durante uma entrevista coletiva no mês de outubro (SOLOMON et al., 1986; MCELROY et al., 1986; CRUTZEN e ARNOLD, 1986).

Em ambos os artigos de junho não parece haver dúvidas sobre a primazia do processo químico na formação do buraco, exemplo dado pela afirmação de Solomon/Rowland e equipe de que “*Nenhuma mudança significativa nos processos dinâmicos foram indicadas na estrutura da temperatura na região [...] sugerindo que a causa da degradação do ozônio é antes química que dinâmica [...]*” (SOLOMON et al., 1986, p. 756)⁷⁵. Essa certeza das equipes científicas vinha antes mesmo de divulgados os resultados das expedições NOZE e AAOE e era baseada nos dados

⁷⁴“*The seasonal thinning of ozone in the Antarctic Polar Stratosphere requires an ozone-depletion process considerably more efficient than the homogeneous mechanism [...]*.”

⁷⁵“*No significant changes in dynamical processes are indicated by the observed temperature structure there [...] suggesting that the cause of the ozone depletion is chemical rather than dynamical [...]*.”

colhidos pela expedição por balões atmosféricos lançados na *Syowa Station*, localizada na Antártida.

O texto de McElroy apresentou vários cálculos e possibilidades para o processo químico que seria explicativo do fenômeno na estratosfera, enquanto o artigo de Solomon/Rowland era mais especulativo. Assemelhavam-se em afirmar que a reação condutora dos processos de destruição do ozônio seria a heterogênea e elas ocorreriam pela existência das nuvens estratosféricas polares. Estas seriam os locais ideais para a concentração dos compostos químicos e a posterior liberação do cloro e bromo, por aumentarem a área disponível para as reações químicas, portanto, intensificadoras do mecanismo (SOLOMON et al., 1986; MCELROY et al., 1986).

Segundo os cientistas, as nuvens se formavam pela queda brusca nas temperaturas no período de julho a setembro, atingiam uma altura que variava entre dez e vinte quilômetros e se estendiam até a chegada da primavera. A teoria previa que o mecanismo de reação química tinha lugar durante a primavera, quando o sol retorna com maior intensidade na região e libera o cloro e o bromo armazenado (SOLOMON, et al., 1986; MCELROY, et al., 1986). Segundo a equipe de McElroy (p. 761): “*O declínio no O₃ deve começar no início de agosto nas regiões mais ao norte do vórtex. Os efeitos devem se espalhar para seu interior junto com o avanço do sol [...]*.”⁷⁶

Tanto no artigo do grupo de McElroy quanto de Solomon/Rowland, os autores procuraram definir, embora preliminarmente, as fórmulas químicas envolvidas no surgimento do fenômeno. Eles interpretavam que a reação homogênea, proposta em 1974, era muito tênue e que um efeito de maior intensidade era necessário para desencadear a degradação do ozônio em uma única área e de forma tão abrupta. Além disso, esses estudos serviam, a nosso ver, como preparativos para a expedição da NOZE de 1986, que se realizou meses depois da publicação. Dessa maneira, era preciso circunscrever os limites e durações da teoria heterogênea, de forma a encontrar seus vestígios nas observações *in loco*.

No texto de Solomon/Rowland, os pesquisadores defendiam que maiores observações das nuvens estratosféricas polares eram necessárias. Se houvesse uma queda maior na temperatura da Antártica no período previsto de ocorrência da reação e das nuvens, o processo químico seria mais intenso e maior a degradação. Entretanto, os cientistas também não acreditavam que o buraco se espalharia para outros lugares,

⁷⁶ “*The decline in O₃ would commence at the beginning of August in more northerly regions of the vortex. Effects would spread into the interior as the Sun advanced [...]*.”

dadas as características atmosféricas do polo sul: “*Se as reações heterogêneas são a causa do fenômeno no ozônio antártico, essas grandes degradações serão confinadas essencialmente nesta região num futuro próximo [...]*”, mas este panorama mudaria caso “*[...] existir um aumento considerável no aerossol na estratosfera.*” (SOLOMON et al., 1986, p. 758)⁷⁷.

Em dezembro de 1986, Paul Crutzen e Frank Arnold levaram adiante as conclusões sobre as reações heterogêneas fornecidas nos textos anteriores. O artigo da dupla realçou a importância das nuvens estratosféricas polares e modificou a duração do evento químico heterogêneo. Os pesquisadores atualizaram as informações iniciais e estabeleceram a hipótese dentro de um quadro mais circunscrito (CRUTZEN e ARNOLD, 1986).

Para Crutzen e Arnold, o efeito heterogêneo seria mais intenso durante o inverno e não no começo da primavera, como apontavam os artigos anteriores, pois “*Na fria estratosfera antártica, entretanto, o montante de aerossol pode se tornar muito maior que aquele encontrado na estratosfera durante as medições da extinção causada pelo sol [...]*” (CRUTZEN e ARNOLD, 1986, p. 653)⁷⁸. Esse aumento da quantidade de compostos nocivos ao ozônio geraria um efeito maior ao final do processo.

Como a estratosfera antártica fica mais fria, segundo os cientistas, durante o período do inverno, a retenção dos compostos químicos pelas nuvens incrementava sua disposição para a catálise com o ozônio. Esse momento de instabilidade química era marcado por uma série de reações que criavam as condições para que durante a primavera o ozônio fosse destruído; em suas palavras:

A queda no ozônio continua enquanto muito do HNO₃ [um dos compostos gerados nas nuvens] está presente nas nuvens estratosféricas polares, indo até o aquecimento da estratosfera, que ocorre no final de setembro e início de outubro [...] A diminuição das concentrações de ozônio atrasará o aquecimento solar da primavera na baixa estratosfera e isto pode aumentar o período de instabilidade fotoquímica. A degradação do ozônio durará tanto quanto a do HNO₃, mas nenhum HCl é incorporado nas nuvens [...] (CRUTZEN e ARNOLD, 1986, p. 655)⁷⁹.

⁷⁷ “*If heterogeneous reactions are indeed the cause of the Antarctic ozone phenomenon, these large depletions will be confined essentially to this region in the near future [...]*” e “*[...] there is a very large increase in stratospheric aerosol.*”

⁷⁸ “*In the cold Antarctic stratosphere, however, the aerosol content may become much larger than in the background stratosphere as found from solar extinction measurements [...]*.”

⁷⁹ “*The ozone decay continues as long as most HNO₃ is bound in the stratospheric polar clouds, that is, until the Antarctic stratospheric warming occurs in late September or early October [...]* The decreasing ozone concentrations will delay the springtime solar warming of the lower stratosphere and this could

Assim, os cientistas caracterizaram um processo químico amplo, que envolvia uma reação de longa duração e tinha as nuvens polares estratosféricas como os meios principais de preparação para a reação final, quando grande parte do ozônio era eliminada da estratosfera e assim, se formava o buraco sobre a Antártida. E, ao contrário dos demais grupos de pesquisadores, Crutzen e Arnold apontavam que este processo também ocorreria em outros locais, no caso, o Ártico: “*Mesmo menos frequente do que na Antártida, tais condições ocorrem também na estratosfera do Ártico*” (CRUTZEN e ARNOLD, 1986, p. 655)⁸⁰. Defendiam assim que o perigo de um novo buraco se formar ou já estar formado no outro polo do planeta era uma realidade científica e a extensão dos danos à camada de ozônio poderia ser maior do que se pensava.

Além do mais, como centraram seus esforços em lidar com o problema a partir de um determinado conjunto de informações e fórmulas químicas, ainda consideravam que outros fatores poderiam ser incluídos nos processos heterogênicos deste tipo e que deveriam ser estudados no futuro, tais como: erupções vulcânicas, influência gravitacional e as reações do hidrogênio envelhecido e outros compostos químicos junto às partículas de ozônio (CRUTZEN e ARNOLD, 1986).

Entendemos que estes trabalhos reunidos colocaram a proposta heterogênea como a favorita entre os pesquisadores. Os resultados da Expedição NOZE também tiveram sua contribuição para a escolha pela teoria heterogênea. Se ela estava fortalecida cientificamente, a presença das provas materiais veio tornar o enunciado a chave para interpretar o problema no ozônio.

Na matéria mencionada de 1986, Richard Kerr coloca a hipótese como a mais plausível para os cientistas participantes da NOZE: “*A destruição catalítica provocada pelos compostos feitos pelo ser humano tem sido a aposta principal apenas porque o buraco tem aumentando na proporção do aumento de produtos contendo cloro na atmosfera [...]*.” (KERR, 1986, p. 818)⁸¹. Da mesma forma, outras matérias e comentários atestariam a tendência científica em concordar com o enunciado. J. J. Margitan, escrevendo para a *Nature* no início de 1987, afirma que, apesar de que nenhuma teoria relacionada à degradação do ozônio na Antártida pudesse ser excluída,

increase the period of unstable photochemistry. The ozone depletion will last as long as HNO₃, but not HCl is incorporated in PSCs [...].”

⁸⁰ “*Although less frequent than in the Antarctic, such condition occurs also in the Arctic stratosphere.*”

⁸¹ “*Catalytic destruction by man-made compounds has been a leading contender if only because the hole has been deepening in proportion to the increase of chlorine-containing compounds in the atmosphere [...].*”

naquele momento, a explicação heterogênea era tida como a principal pelos membros da expedição de Susan Solomon:

A tentativa de conclusão feita pelo time da NOZE é que existe uma forte evidência contra a teoria dos ciclos solares e alguma evidência contra a teoria dinâmica; isto, portanto, favorece o mecanismo químico como o mais provável causador da degradação do ozônio no buraco [...] (MARGITAN, 1987, p. 298)⁸².

O editor-chefe da *Nature*, John Maddox, em Setembro de 1987, escreveu “*The Ozone Controversy*”. Naquele momento, muitas dúvidas ainda pairavam no ar a respeito da hipótese heterogênea, mas as observações da expedição NOZE tinham surtido efeito e direcionado os esforços científicos para a teoria. Assim, sua plausibilidade ainda passava por testes em novos estudos e pesquisas de outros grupos e em outras condições e equipamentos. O editor acreditava que, em pouco tempo, a ciência daria uma resposta final para isto, sem que nenhuma controvérsia permanecesse (MADDOX, 1987).

A proposta das reações heterogêneas na camada de estratosférica ganhava, dessa maneira, a disputa com as demais teorias. A inclinação das expedições científicas para ela e a comprovação de sua probabilidade deu o suporte necessário. Na sequência, os cientistas esmiuçaram os detalhes do processo químico envolvido. De qualquer maneira, a caixa-preta do enunciado começava a ser fechada neste momento.

Apesar de o modelo teórico estar basicamente concluído, muito ainda precisava ser feito e esclarecido. Os estudos de 1986 sobre a química heterogênea deram o caminho a ser seguido, porém a caminhada foi longa. A sequência das atividades científicas ocorreu, em grande parte, no ano seguinte à expedição NOZE em 1987. Outros pesquisadores apresentaram estudos relativos à teoria em outros periódicos e, na maioria, concordando com as conclusões mostradas acima (GRIBBIN, 1988). Cabia agora entrar nas minúcias das fórmulas químicas e das substâncias envolvidas. Se a equação de Molina e Rowland (1974) era muito simplificada para descrever o processo de destruição do ozônio encontrado na atmosfera da Antártida, as reações heterógenas eram por demais complexas: envolviam uma grande quantidade de compostos e suas eventuais interações.

⁸² “*The tentative conclusion of the NOZE team is that there is strong evidence against the solar activity theory and some evidence against the dynamical theory; it therefore favours a chemical mechanism as the most likely cause of ozone depletion in the hole [...].*”

Mario Molina, junto a sua esposa Luisa T. Molina, química atmosférica, ambos do *California Institute of Technology*, escreveu um artigo para o *The Journal of Physical Chemistry* no início de 1987. Os autores fizeram cálculos parecidos com o de Crutzen e Arnold, mas incrementaram a fórmula química, quando afirmaram que uma reação de transformação do cloro e do bromo, proveniente dos CFCs e do BFCs, em Cl_2O_2 e sua posterior revitalização junto com os raios ultravioletas fariam com que os compostos destruíssem o ozônio por mais tempo. Este, para eles, seria o mecanismo principal de formação do buraco (MOLINA e MOLINA, 1987; THRUSH, 1987).

Este artigo de Molina e Molina abriu caminho para outros trabalhos. Em julho, uma equipe liderada pelo astrofísico da *State University of New York* (SUNY), Philip Solomon, levou adiante o estudo relacionado apenas ao cloro e publicou dois artigos na *Nature*. Um sobre a experiência realizada na camada de ozônio para o período diurno e o outro, mais amplo, um estudo que analisava todo o século (ZAFRA et al., 1987; SOLOMON et al., 1987). Em ambos os casos, as reações encontradas estavam de acordo com a teoria e sua posterior complexidade. Gribbin explica que:

[...] as observações da SUNY revelaram que a quantidade de ClO sobre a Antártida ia aumentando de manhã, atingia o ponto máximo ao meio-dia, declinava à tarde e era impossível de ser detectada à noite, exatamente como seria de se esperar, caso estivesse sendo produzida por reações químicas que envolviam ozônio e fosse estimulada pela luz solar [...] (GRIBBIN, 1988, p. 121).

Nos dois artigos, a conclusão foi a mesma: o cloro resultante dos compostos químicos gerados em sua maioria de forma antropogênica era o responsável pela degradação do ozônio, tal como encontrada na região da Antártida. A equipe de Philip Solomon definiu que “*Os dados sobre o ClO apresentados aqui, ilustram o grande papel que o cloro tem na degradação do ozônio na primavera [...].*” (ZAFRA et al., 1987, p. 411)⁸³ e que “[...] *aceitando as estimativas atuais para as taxas dos processos, particularmente a taxa de fotólise do CL_2O_2 liderando o cloro atômico nos ciclos catalíticos propostos*” (SOLOMON, et al., p. 413)⁸⁴.

Em setembro de 1987, C. B. Farmer e colegas do *California Institute of Technologies* apresentaram, também pela *Nature*, os resultados de sua pesquisa sobre a

⁸³“*The ClO data presented here, illustrating the major role being played by chlorine in the Antarctic spring ozone depletion [...].*”

⁸⁴“[...] *assuming current estimates for the rates of the processes, particularly the rate of photolysis of CL_2O_2 leading to atomic chlorine in the proposed catalytic cycles.*”

quantidade e a localização dos compostos químicos envolvidos na reação. Um trabalho que tinha os satélites como o principal meio de informação e também os resultados da NOZE, que inclusive fizeram parte. Em si, a pesquisa dava suporte à teoria heterogênea ao mostrar que as quantidades de cloro eram significativas: “*Os tipos de cloro [...] apresentam grande aumento [...] sugerindo que durante o mês de setembro, a maior parte do total de cloro na estratosfera é congelada ou está de alguma forma presente na estratosfera [...]*” (FARMER, et al. 1987, p. 130)⁸⁵. Parecia não haver muitas dúvidas quanto à forte presença do cloro nos períodos de maior destruição do ozônio estratosférico. A pesquisa de Farman e demais cientistas auxiliou a identificar o volume de cada um dos gases envolvidos na reação química.

Em novembro daquele mesmo ano, Mario Molina e Luísa Molina e mais alguns cientistas retornaram com outro artigo, agora para a *Science*. A intenção era fornecer um conjunto detalhado de equações que traziam o cloro liberado no final dos processos químicos. Os autores incluíram novos elementos na análise, tal como os cristais de gelos e outros compostos. Esse aumento da complexidade apenas serviu para comprovar, segundo os autores, que as nuvens estratosféricas polares tinham um papel importante como potencializadora do fenômeno de degradação do ozônio e que o cloro era o protagonista disso (MOLINA et al., 1987).

A maioria dos estudos de 1987 foi realizada em laboratório. Alguns poucos tiveram a experiência de campo com a coleta *in loco* dos dados necessários para as análises que fizeram. Essa mobilidade dos processos químicos da Antártida para os laboratórios não passou, entretanto, sem incertezas e dúvidas. C.B. Farmer expressa isso no final de seu artigo quando diz que “*Mesmo que isto não seja uma prova das causas e consequências entre gases halogêneos e a degradação do ozônio na primavera, isto é inteiramente consistente com tal hipótese*” (C. B. FARMER et al., 1987, p. 130)⁸⁶. Toda a pesquisa que realizaram pode não ter sido uma prova cabal, devido às incertezas, mas estava de acordo com aquilo que previa a teoria heterogênea. Molina e equipe, no último texto, também trouxeram as incertezas e indicavam que “*Nas observações sobre*

⁸⁵ “*The chlorine species [...] show large increases [...] suggesting that during September, a major fraction of the total stratospheric chlorine burden is either frozen out or is present in some molecular form [...]*.”

⁸⁶ “*While this is not proof of a cause and effect relationship between halogenated source gases and the springtime ozone depletion, it is entirely consistent with such hypotheses.*”

a Antártida a serem realizadas este ano tem se a expectativa de que elucidarão o papel do cloro no processo de destruição do ozônio [...].” (MOLINA et al., 1987, p. 1257)⁸⁷.

A dúvida principal que alimentou os críticos naquele momento era relacionada à quantidade de dióxido de nitrogênio (NO₂) encontrada durante a primeira expedição. Os dados mostravam que um baixo nível desse composto existia na região do buraco. Apesar de aparentar ser um simples problema, poderia colocar toda a teoria em jogo, pois ela previa que o total desse gás deveria se manter normal em relação à degradação do ozônio e isto não estava acontecendo (GRIBBIN, 1988). Novamente os cientistas pediram provas para seus cálculos. Tal como aconteceu em 1986, com o NOZE, os novos elementos incluídos na trama química deveriam ter ressonância com os dados empíricos a serem fornecidos por uma nova expedição.

A *Antarctic Airbone Ozone Expedition* (AAOE), de 1987, ficou responsável pela coleta dessas provas a respeito dos mecanismos de formação do buraco, além, como já dissemos, de refutar de uma vez a hipótese da dinâmica atmosférica. Os voos sobre a Antártida partiram de *Punta Arenas* no Chile e a expedição contou também com uma equipe em terra na base de *McMurdo*. No geral a AAOE realizou medições mais amplas que a missão anterior (GRIBBIN, 1988).

O resultado sairia em relatório no mês de abril de 1988, mas, assim como feito no NOZE de 1986, uma entrevista coletiva para jornais e revistas em setembro foi dada pelos líderes das equipes envolvidas na expedição, que antecipavam algumas das conclusões. A justificativa que davam para os baixos índices de dióxido nitroso seria um mecanismo atmosférico que formava uma espécie de “caixa selada” sobre a região antártica (GRIBBIN, 1988).

A “caixa selada”, como se referiu o líder da AAOE, o cientista da NASA Robert Watson, era constituída por um ar antigo, que tinha permanecido por muito tempo por ali e fora originado de outras partes da atmosfera, que, quando atingia o polo sul, ficava exposto às reações químicas que aconteciam nas nuvens estratosféricas polares; daí viria a decomposição de vários elementos, tais como o dióxido nitroso e outros compostos derivados do cloro. A conclusão da AAOE não trazia dúvidas, segundo Gribbin (1988), o cloro era responsável pela destruição e o aparecimento de um buraco na camada de ozônio sobre a Antártida.

⁸⁷ “*Observations over Antarctica to be performed this year are expected to further elucidate the role of chlorine in the ozone destruction process [...].”*

Entretanto, essa observação da AAOE não fechava de uma vez a incerteza; era necessário que um modelo teórico fosse elaborado de forma a explicar a falta de dióxido de nitrogênio na região do buraco. O problema teria sido resolvido teoricamente pelo artigo de Molina e seus colegas, de novembro de 1987, quando explicaram que a falta do dióxido nitroso na região se dava pela sua eliminação ao entrar em contato com o cloro liberado e algumas moléculas consideradas como “*free-radicals*”, que suprimem o NO₂ junto com o ozônio e outros gases:

Os nossos resultados de laboratório forneceram uma explicação para estas medições de campo, as quais sugerem fortemente um processo de condensação para os ácidos das nuvens polares estratosféricas e um mecanismo químico heterogêneo é o que gera o cloro contendo os radicais livres e a supressão do gás NO₂ [...] (MOLINA et al., 1987, p. 1257)⁸⁸.

Pela análise laboratorial, a reação do cloro na camada estratosférica era ampla e causava a destruição de outros gases no processo. A experiência da equipe de Molina tentou recriar as nuvens estratosféricas polares e observar a atividade nelas quando eram incluídos os vários compostos químicos que estudavam. A resposta foi rápida e obteve as conclusões que mostramos em poucos milésimos de segundo (MOLINA et al., 1987).

A caixa preta se fechava cada vez mais. Com as incertezas resolvidas uma a uma através de explicações teóricas e observações empíricas das reações químicas, essas pesquisas teriam provado, também, o papel preponderante do cloro no processo. O cloro, não custa lembrar, derivado dos CFCs, BFCs e demais elementos provenientes em grande parte das atividades humanas.

Os políticos não esperaram os resultados finais da AAOE nem a solução da equipe de Molina para tomar uma atitude mais incisiva em relação a esses produtos lançados na atmosfera pela ação humana. Se o cloro era responsável, se um buraco tinha se formado na camada de ozônio, era preciso agir.

3 - Montreal torna o ozônio um problema mundial

Pela brandura constatada na Convenção de Viena fazia-se necessário politicamente que outra reunião do mesmo porte ocorresse. A ONU considerou

⁸⁸ “Our laboratory results provide an explanation for these field measurements, which strongly suggest a condensation process for the acids involving polar stratospheric clouds, and a heterogeneous chemical release mechanism that generates chlorine-containing free radicals and suppresses gaseous NO₂ [...].”

importante que neste momento uma nova rodada de negociações acontecesse, mas de grande âmbito e com um número maior de países envolvidos, e que, de certa forma, deveria ser uma continuação da reunião de 1985. O evento tinha como mote a proteção à camada de ozônio e gerou um documento final que incitava as nações signatárias a reduzir e até mesmo eliminar dos processos produtivos as substâncias químicas que eram prejudiciais a este composto atmosférico. De forma geral, era considerado uma sequência da Convenção de Viena.

As novas negociações tiveram lugar em Montreal no mês de setembro de 1987. O evento reuniu um número maior de países, em torno de 46, que foram os signatários do protocolo gerado ao final da reunião. O Protocolo teve várias reavaliações nos anos seguintes, em 1989, o ano de ativação do acordo, em 1990 (Londres), depois, 1992 (Copenhague), 1994 (Nairóbi), 1997 (Montreal) e 1999 (Beijing). Serviu também como um dos focos para as discussões sobre a atmosfera durante o encontro a respeito do meio ambiente no Rio de Janeiro, a Eco-92. No total, 170 países assinaram o documento de 1999.

O documento final, devido às pressões externas tanto da comunidade científica quanto dos representantes das nações envolvidas, foi mais incisivo do que o anterior. Pela pouca dúvida que existia em relação ao perigo sofrido pela camada de ozônio, o Protocolo *“Reconhece que as emissões mundiais de certas substâncias podem degradar significativamente e mesmo modificar a camada de ozônio de maneira a provocar efeitos adversos na saúde humana e no ambiente”* (ONU, 1987, s/p)⁸⁹. Esse reconhecimento de que determinados produtos fabricados em escalada industrial pela humanidade afetariam a atmosfera era um avanço em relação ao texto da Convenção de Viena que, mesmo com considerações próximas, não mostrou a mesma convicção sobre o assunto.

Outro passo adiante dado pelo Protocolo de Montreal foi a determinação de seus signatários de criar mecanismos de controle das emissões das substâncias nocivas ao ozônio: *“[...] para proteger a camada de ozônio adotando medidas preventivas a fim de controlar igualmente o total global de emissões das substâncias que a degradam [...]”* (ONU, 1987, s/p)⁹⁰. O documento, assim, procurou formalizar políticas públicas para

⁸⁹“Recognizing that world-wide emissions of certain substances can significantly deplete and otherwise modify the ozone layer in a manner that is likely to result in adverse effects on human health and the environment.”

⁹⁰“[...] to protect the ozone layer by taking precautionary measures to control equitably total global emissions of substances that deplete it [...]”

que os compostos fossem eliminados do sistema produtivo; respeitou inclusive as limitações técnicas e econômicas de países considerados à época como “em desenvolvimento”. Para isto era prevista a transferência de tecnologias e informações científicas, “[...] *com o objetivo último de sua eliminação nas bases definidas pelo desenvolvimento científico, levando em conta questões técnicas e econômicas e tendo em consideração as necessidades dos países em desenvolvimento*” (IDEM)⁹¹.

Durante a reunião foi criado, também, um sistema de financiamento para a manutenção de equipes de fiscalização das ações dos países envolvidos; além disso, esse comporia um fundo para o investimento em pesquisa e criação de novas tecnologias e auxiliar na transferência de conhecimento e técnica para os países em desenvolvimento: “*As partes devem estabelecer um mecanismo a fim de providenciar cooperação financeira e técnica, incluindo a transferência de tecnologias [...]*.” (ONU, 1987, s/p)⁹². O aporte financeiro permitiria que as ações fossem desenvolvidas por igual entre todos os países membros do Protocolo. Uma equidade, podemos entender, que pressionava os países para a adoção eficaz de políticas públicas de controle dos produtos nocivos.

A eliminação dos compostos era um objetivo claro do Protocolo. A lista de substâncias químicas danosas ao meio ambiente foi aumentada. Praticamente entraram todos os derivados dos CFCs (cloro) e dos BFCs (bromo), em consonância, portanto, com as discussões científicas da época. A inclusão de outros compostos, porém, não retirou o protagonismo dos CFCs; ao contrário, continuaram sendo na lista de Montreal os principais produtos químicos prejudiciais ao meio ambiente. O rol de seus derivados ultrapassou cinquenta tipos, praticamente toda a variedade de CFCs existente. Consideramos que isso era motivado pela grande quantidade de CFCs produzida em 1987 e por ter sido monitorado por mais tempo que os demais gases.

O protocolo previa que o banimento desses vários compostos seria um longo processo, que levaria décadas. Algo que também era relativo à situação econômica e tecnológica dos países. Foram estabelecidos prazos específicos para que cada tipo de substância tivesse sua produção diminuída ou então eliminada do sistema produtivo, mas isto dependia da característica dos países participantes, desenvolvidos ou em

⁹¹ “[...] *with the ultimate objective of their elimination on the basis of developments in scientific knowledge, taking into account technical and economic considerations and bearing in mind the developmental needs of developing countries.*”

⁹² “*The Parties shall establish a mechanism for the purposes of providing financial and technical co-operation, including the transfer of technologies [...]*.”

desenvolvimento. Portanto, um acerto de características geopolíticas que envolvia os interesses políticos e econômicos para cada um dos gases e seus respectivos usos dentro dos territórios de cada país.

Todavia, apesar desses interesses nacionais envolvidos, para Wagner Costa Ribeiro, de maneira geral o Protocolo acabou passando por cima dessas fronteiras. Ao reconhecer que o planeta como um todo estava sendo afetado por tais substâncias, o tratado trabalhou com uma noção de mundo unificado; por exemplo, permitia a transferência dos excedentes dessas substâncias químicas entre as nações participantes, para que fossem cumpridas as metas estabelecidas (RIBEIRO, 2010).

Uma conceituação, entretanto, que não prejudicou o andamento das discussões, nem mesmo o resultado final do protocolo. Foram criadas barreiras que foram ajustadas nas reuniões subsequentes em 1989 e 1990. O cerne do protocolo estava definido já em 1987: banimento total dos gases nocivos à camada de ozônio em aproximadamente cinquenta anos, o que dependia do produto e de sua necessidade industrial para alguns países.

As demais reavaliações do Protocolo tiveram a inclusão de novas substâncias ou então a revisão dos prazos de eliminação ou diminuição da produção dos compostos químicos. Em 1997, a transferência dos excedentes entre os países foi retirada do tratado. Em 1999, o acordo estava consolidado: quase duas centenas de países tinham firmado o documento (RIBEIRO, 2010).

Nas revistas *Science* e *Nature*, ao contrário do que ocorreu quanto à Convenção de Viena em 1985, o Protocolo de Montreal gerou diversas notícias e comentários. Meses antes da realização do encontro, ambas as revistas mostravam como se configurou o clima político e os acordos que vinham sendo esboçados entre algumas nações. Para os jornalistas das revistas, o perigo era de que a reunião, que ainda não tinha começado, estivesse fadada ao fracasso.

A *Nature*, em agosto, na matéria “*New US Position Threatens to Jeopardize CFC Agreement*”, assinada pela jornalista Kathy Johnston, relata que a posição que o governo de Ronald Reagan então adotava era pelo endurecimento nas negociações, o que levaria a uma regulação mais forte, com a inclusão de outros produtos. A União Europeia, por sua vez, procurou dar uma brandura em suas decisões, na expectativa de maiores informações científicas a respeito de determinados compostos. A preocupação da jornalista era de que, com essas possíveis indefinições, haveria uma “[...] *quebra no progresso atingido desde a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de*

Ozônio, e alguns participantes entendem que tudo isto não seria necessário para fechar as brechas, desde que a camada de ozônio esteja protegida.” (JOHNSTON, 1987a, p. 749)⁹³.

Uma interpretação semelhante foi dada pelo jornalista da *Science*, Mark Crawford, que, dias antes do início da reunião, informou que “[...] *os desacordos nos detalhes de como implementar este plano ameaçam diminuir as reduções propostas, se não colocar em risco toda a negociação.*” (CRAWFORD, 1987a, p. 1099)⁹⁴. Os vários meses de negociação e as mais de sete versões do documento seriam postas à prova durante os dias de reunião. A expectativa de que o acordo não fosse efeito era grande no meio científico (Idem). Alguns pontos em discussão, entretanto, não seriam resolvidos durante o encontro de 1987, mas, como vimos, passaram por várias rodadas de negociações nos anos subsequentes.

O governo Reagan na Casa Branca, que inicialmente havia fechado as portas para a regulação econômica e aberto para uma ótica de mercado que, conseqüentemente, não tinha a perspectiva ambiental, por volta de 1987 mudou tal postura. Atribui-se isso ao câncer de pele de que Reagan foi acometido por esses anos. Como a destruição da camada de ozônio aumentaria as doenças desse tipo, ficou-se com a impressão de que sua preocupação teria sido por isto estimulada (FISHER, 1990; ORESKES e CONWAY, 2010). Podemos observar que algo mais profundo acontecia.

Os anos finais de Reagan como presidente dos EUA mostraram que sua administração suavizou a relação que tinha anteriormente com o problema ambiental. Influenciado, assim compreendemos, talvez pela constante informação científica dos problemas causados na camada de ozônio e a revelação de um buraco sobre a Antártida, aliado à crescente demanda social por um ambiente saudável.

Depois de finalizado e assinado o Protocolo, com o corte definido em torno de 50%, aquém das expectativas dos estadunidenses, a *Environmental Protection Agency* dos EUA passou a estudar a criação de uma política pública de controle que giraria em torno de 85% de eliminação dos produtos, especialmente os CFCs. Segundo Mark Crawford, que escreveu na *Science* em 1987, “A *Environmental Protection Agency* (EPA) está propondo o congelamento e a redução das emissões de clorofluorcarbonos

⁹³ “[...] *disrupt the progress achieved so far on the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, and some participants argue that it is not all necessary to close all the loopholes as long as the ozone layer is protected.*”

⁹⁴ “[...] *disagreements over the details of how to implement this plan threaten to diminish these proposed reductions, if not jeopardize the entire negotiations.*”

(CFC) nos Estados Unidos para a próxima década [...]” (CRAWFORD, 1987c, p. 1505)⁹⁵. Uma redução, conforme o jornalista, em torno de 80%, algo que podemos considerar significativo para o clima político estadunidense na época.

Este valor, entretanto, não foi alcançado e acabou travado no meio político dos EUA, pois a influência do lobby da indústria de CFCs era significativa. O corte se igualou com o sugerido pelo Protocolo, segundo David Lindley, da *Nature*: “A produção de CFC será inicialmente congelada nos níveis de 1986, então reduzidas em 20 por cento em 1993 e finalmente em 50 por cento no ano de 1998 [...] Tais reduções pretendem garantir que os montantes globais de ozônio permaneçam inalterados e estáveis por um longo período.” (LINDLEY, 1987, p. 513)⁹⁶. O governo estadunidense, apesar das limitações políticas em relação aos países que assinaram o tratado, foi um dos primeiros a dar um passo no sentido de formular e aplicar as políticas públicas para o controle das substâncias nocivas à camada de ozônio. Algo que seria fora do comum, quando pensamos em um governo neoliberal.

As revistas reportaram os resultados obtidos na reunião de Montreal. A *Nature*, através da jornalista Kathy Johnston, considerou que “Um acordo histórico para proteger a camada de ozônio terrestre está em vias de ser assinado esta semana em Montreal [...]” (JOHNSTON, 1987b, p. 189)⁹⁷, mesmo que os acordos fossem baseados mais em manobras políticas do que no aconselhamento científico sobre as questões discutidas. Pela *Science*, Mark Crawford apenas descreveu os termos estabelecidos e procurou a opinião de cientistas, como Rowland, que estaria decepcionado com o resultado do Protocolo de Montreal e teria dito que o tratado não era adequado e sua efetividade seria mínima (CRAWFORD, 1987b).

Reagan deixa a presidência dos EUA no ano de 1988 e a nova administração, sob a tutela de George Bush, que foi vice-presidente de Reagan, em nada alterou a situação da desregulação e falta de interesse no meio ambiente; podemos até considerar que houve a intensificação disto. Como o país tinha assinado os acordos internacionais sobre a camada de ozônio, cabia ao novo presidente demandar ações sobre outros problemas ambientais de maior impacto, entre eles o aquecimento global, que aos poucos ressurgia no cenário científico e político.

⁹⁵ “The Environmental Protection Agency (EPA) is proposing to freeze and then halve emissions of chlorofluorocarbons (CFC) in the United States over the next decade [...]”

⁹⁶ “CFC production will first be frozen at 1986 levels, then reduced by 20 per cent in 1993 and finally by 50 per cent in 1998 [...] These reductions are supposed to ensure that global ozone levels remain unchanged and stable in the long term.”

⁹⁷ “A historic agreement to protect Earth’s ozone layer is due to be signed this week in Montreal [...]”

O político estadunidense Al Gore escreveu em 1992 que Bush não cumpria sistematicamente nenhuma promessa de campanha referente ao tema climático. Al Gore, que disputou com Bush as eleições de 1988, afirma que, em seus dois primeiros anos de mandato, o novo presidente não tomou nenhuma posição a respeito, com a justificava de que as ciências não tinham nenhuma certeza sobre o assunto a ponto de requerer a ação política⁹⁸. Para Gore, as medidas tomadas para o meio ambiente foram simbólicas, numa tentativa de agradar o público dos EUA: “*Para agravar a situação, o presidente e sua administração têm-se concentrado em medidas simbólicas, destinadas a tranquilizar o público, levando-o acreditar que algo está sendo feito, quando, na verdade, nada se faz.*” (GORE, 1993, p. 192).

Al Gore ainda se lamentou do fato de que os EUA haviam perdido sua liderança mundial quando se tratava de ações ambientais. O governo Bush, ao deixar de lado essa supremacia estadunidense, abriu espaço para que outros países, como a Alemanha, ocupassem o posto de líderes mundiais contra a crise no meio ambiente (GORE, 1993). Em nosso entendimento, Bush apenas deu continuidade ao pouco que Reagan fez em relação ao meio ambiente e especificamente à questão climática. Tanto um quanto o outro, e isso talvez tenha passado despercebido a Gore, apenas atenderam à demanda social, política e científica da época, tal como Nixon e sua regulação ambiental em 1970 (Cap. 2). Nos últimos anos da década de 1980, o meio ambiente retomava sua força na pauta política, mas guiada em grande parte pela lógica neoliberal.

A indústria dos CFCs, por sua vez, reagiu prontamente aos acordos firmados em Montreal. Uma atitude em duas frentes. Primeiro, a *Du Pont*, em março de 1988, divulgou que paralisaria a produção dos compostos CFC-11 e 12 (os mais antigos fabricados pelas indústrias) e que o restante de seus derivados seria colocado fora do mercado até o final do século XX, ou seja, em pouco mais de dez anos (FISHER, 1990).

A outra frente era a busca por novos substitutos. A *Du Pont* anunciou que havia criado e já fabricava os compostos CFC-134^a, 142b e 123. David Fisher analisa essa reviravolta da indústria como uma boa jogada de marketing: “*A mudança de foco das indústrias não tem nada a ver com as mudanças na informação ou argumentos científicos, mas era apenas bons negócios [...].*” (FISHER, 1990, p. 117)⁹⁹. Como

⁹⁸ Apesar de o considerarmos suspeito em suas críticas a Bush, já que perdeu a presidência para ele, Gore nos auxilia a compreender de forma geral o contexto político ambiental do governo Bush, servindo, portanto, mais como uma testemunha do que um analista de sua época.

⁹⁹ “*The change in the industrial heart had nothing to do with a change in Scientific data or arguments, but was simply good business [...].*”

parecia inevitável a situação de quebra do mercado de CFCs para os anos seguintes, a *Du Pont* agiu de acordo com a lógica econômica e aderiu às mudanças, vendo a possibilidade de lucrar com isso o mais rápido possível. Conforme a informação fornecida por Fisher (1990), os preços dos CFCs subiram depois da assinatura do Protocolo e a indústria lucrou bilhões, que investiram nos novos compostos.

Entendemos que, apesar das várias barreiras políticas criadas pelos interesses nacionais entre os que participaram da reunião de 1987, o Protocolo serviu para selar a caixa-preta que continha o enunciado sobre a degradação do ozônio. Mesmo que em termos científicos ainda fossem discutidos detalhes do mecanismo químico de destruição, politicamente se tornou um assunto encerrado à medida que as rodadas de negociações dos anos seguintes aconteciam.

Aparentemente o Protocolo também serviu para redirecionar as pesquisas científicas. Com o assunto encerrado pela política internacional, os cientistas passaram a se preocupar com outras questões relativas ao problema da camada de ozônio: estudos sobre as consequências em vários âmbitos e a busca por substitutos para as substâncias químicas, além dos esforços direcionados ao monitoramento da situação do buraco e a observação do surgimento deste fenômeno em outros locais do planeta.

Dessa forma, com o enunciado sobre a degradação do ozônio fechado pela política, era de se esperar que os cientistas envolvidos no tema abrandassem os trabalhos. De certa forma seria necessário apenas aguardar os resultados dos acordos políticos. Eles não esmoreceram seus esforços, nos anos subsequentes, para melhor entender o problema e analisar suas consequências.

Entre 1988 e 1992, os cientistas desenvolveram pesquisas a partir de novas perspectivas. Parte do trabalho científico foi voltada para o monitoramento do buraco sobre a Antártida e a observação do surgimento de novos pontos de destruição do ozônio na atmosfera. Outros pesquisadores estudaram as consequências para o clima. Também houve aqueles que trabalharam com os substitutos químicos para os gases em processo de banimento depois da assinatura do Protocolo de Montreal.

Cientistas de várias partes do planeta passaram a monitorar anualmente a situação do ozônio na Antártida. Como os satélites que carregavam instrumentos especializados na leitura do volume e localização do ozônio foram reprogramados para identificar o que antes era considerado como uma anomalia, foi possível aos cientistas confiarem novamente na tecnologia para prosseguir com o trabalho.

As matérias de Richard Kerr para a *Science*, neste período de 1988 até 1992, traziam as informações a respeito desse monitoramento científico. Podemos considerar sua coluna como compiladora de dados fornecidos pelos grupos, principalmente da NASA, quanto às observações que faziam anualmente do buraco no ozônio. Kerr, em outubro de 1988, a partir de dados recém-divulgados pelos cientistas, informa que “A degradação do ozônio estratosférico sobre a Antártida em setembro e outubro foi modesta, 15% comparada aos 50% do ano passado [...]” (KERR, 1988, p. 515)¹⁰⁰. Essa diminuição da degradação era atribuída a um período de maior intensidade da dinâmica atmosférica na região, que contou também com temperaturas mais elevadas: “Uma estratosfera aquecida pode esquentar as nuvens de gelo, cujas partículas parecem ser essenciais nas reações de destruição do ozônio envolvendo os clorofluorcarbonos. Quanto mais quentes as nuvens estratosféricas polares, menos degradação do ozônio.” (Idem)¹⁰¹. O buraco menor em 1988 também foi divulgado pela *Nature*, em uma matéria de David Lindley, mas sem trazer nenhuma informação diferente da reportagem de Kerr (LINDLEY, 1988).

Dados como estes fornecidos por Kerr e os jornalistas da *Nature* se repetem ao longo dos anos. Em outubro de 1990, o repórter da *Science* relata na matéria “Another Deep Antarctic Ozone Hole” que, pelo segundo ano consecutivo, o buraco no ozônio bateu os recordes em sua medição e que isso poderia virar uma regra; em três dos quatro anos anteriores apresentaram uma degradação maior que esperado pelos cientistas (KERR, 1990). Em outubro de 1991, a *Science* volta a relatar o aumento do buraco. O texto assinado por Constance Holden afirmava que o buraco, que se manteve entre 120 a 125 Dobsons nos anos anteriores, tinha chegado a 110 Dobsons em 1991, uma marca histórica (HOLDEN, 1991). Pela *Nature* esse recorde de queda do ozônio ocorrido em 1991 apareceu em uma pequena nota assinada pelo, também jornalista, Christopher Anderson (ANDERSON, 1991).

Conforme indica a bibliografia, o monitoramento indicava aos cientistas que o problema era maior do que pensavam inicialmente. Se as previsões lhes mostravam que as condições específicas da atmosfera da Antártida fariam com que esta fosse uma região suscetível à formação do buraco no ozônio em 1988, isto foi posto em dúvida.

¹⁰⁰ “The depletion of stratospheric ozone over Antarctica this September and October was a modest 15% compared to last year’s 50% [...]”

¹⁰¹ “A warmer stratosphere would mean fewer ice clouds, whose particles seem to be essential to the ozone-destroying reactions involving chlorofluorocarbons. The fewer the polar stratospheric clouds, the less ozone destruction.”

Como as atividades científicas observavam a camada de ozônio por todo o planeta, foi possível perceber que ocorria uma queda em sua quantidade global. Os indícios sugeriam também que no Ártico, apesar de parte do conhecimento científico dizer o contrário, poderia se formar outro buraco, provavelmente menor que o da Antártida, mas ainda preocupante (GRIBBIN, 1988; ORESKES e CONWAY, 2010).

Uma nova expedição científica foi formada nos mesmos moldes da anterior, com destino agora para o Ártico. Nomeada *Airbone Arctic Stratospheric Expedition* (AASE), teve início em janeiro de 1989 na Noruega. Ao todo foram 31 voos sobre o Polo Norte, que deram informações aos cientistas de que a atmosfera da região passava por um desequilíbrio químico. Oreskes e Conway (2010, p. 124) explicam que “*Isto certamente mostrava que as mesmas reações que aconteciam na Antártida poderiam acontecer também no Ártico.*”¹⁰²

No entanto, nenhum buraco tal como encontrado na Antártida foi observado no Ártico pelos cientistas. Havia sim este desequilíbrio químico e até mesmo uma redução do volume do ozônio na região, mas nada comparado ao que ocorria no Hemisfério Sul (ORESKES e CONWAY, 2010). Segundo Makhijani e Gurney (1995, p. 32-33), “*Mesmo que a degradação do ozônio no Ártico não tem sido tão severa quanto à destruição da primavera na Antártida, episódios significativos associados com a presença de nuvens polares estratosféricas têm sido medidos no inverno ártico [...]*.”¹⁰³. Uma degradação de dez por cento do volume de ozônio na região, entre 1989 e 1990, e uma variação entre dez e vinte e cinco por cento para o biênio de 1991-92.

Vários artigos científicos e notícias foram publicados em ambas as revistas a respeito dos estudos sobre a destruição do ozônio no Ártico entre os anos de 1988 e 1992. Não houve, entretanto, um debate científico sobre as causas do fenômeno no Polo Norte; isto já estava estabelecido: eram as reações heterogêneas ocorridas dentro das nuvens polares estratosféricas que, mesmo fracas em relação às nuvens na Antártida, eram capazes de provocar a degradação da camada de ozônio.

Paul Crutzen e um grupo de cientistas foram dos primeiros a analisar a questão em 1988 e sugeriram que os mecanismos de destruição do ozônio na região eram os mesmos que os encontrados na Antártida, mas enfraquecidos e, portanto, tinham um

¹⁰² “It certainly looked like the same reactions that happened in the Antarctic were happening in the Arctic, too.”

¹⁰³ “Although Arctic ozone depletion has not been as severe as springtime ozone depletion in the Antarctic, considerable episodic wintertime Arctic depletion associated with the presence of polar stratospheric clouds has been measured [...].”

efeito menor (BARRIE, 1988). No geral, diversas equipes publicaram textos sobre o tema, vindos de várias instituições científicas dos EUA e da Europa. Como o problema não era determinar os mecanismos e sim o tamanho do impacto, não aconteceram grandes controvérsias a respeito da degradação do ozônio no Ártico. Algo que podemos interpretar mais como uma extensão do problema dos CFCs do que um novo fato científico; de qualquer maneira era um fenômeno esperado pelas ciências.

Todavia, politicamente isso era um motivo de grande atenção. Se, anteriormente, o buraco e os efeitos consequentes dos raios ultravioletas estavam localizados na região sul do planeta, agora os cientistas apontavam para um fenômeno parecido no norte e isso modificava a situação geopolítica do problema. A degradação no Ártico implicava que os raios ultravioletas fatalmente atingiriam países ricos situados nesta porção do globo, tal como o EUA, Canadá, Inglaterra e demais nações ao norte da Europa.

Isso fazia com que aumentassem as previsões de crescimento dos casos de doenças de pele na população desses países. A reação política foi imediata, com o incremento a partir de 1989 dos acordos contidos no Protocolo de Montreal. Daí em diante a cada nova rodada de negociação, como vimos, novos gases ou metas eram incluídas no acordo. Será que o mesmo teria ocorrido caso o problema tivesse se mantido na parte sul do planeta?

A *Science* publicou diversas matérias que traziam a situação dos estudos no Ártico. Na *Nature*, o tema aparece em menor quantidade, mas com igual preocupação: o perigo perto de casa. O jornalista da *Science*, Richard Kerr, desde 1988 fez reportagens sobre o assunto, sempre relacionada à possibilidade de que o problema se tornasse pior com o passar dos anos. Uma matéria dele, de 1992, mostrou os cientistas inicialmente ansiosos pelos dados sobre a degradação na região para aquele ano. Segundo Kerr, a probabilidade de aparecer um buraco era grande, mas os cientistas respiraram aliviados quando viram em seus gráficos que a degradação manteve-se nos mesmos níveis de anos anteriores. Contudo:

[...] isto não significa que está tudo certo no Hemisfério Norte. De fato, os pesquisadores do ozônio são rápidos em dizer que os habitantes das latitudes médias e no norte provavelmente não terão a mesma sorte nos próximos anos, por conta de que esta combinação destrutiva retornará com força [...] (KERR, 1992, p. 734)¹⁰⁴.

¹⁰⁴ “[...] that doesn't mean the all-clear can be sounded for the Northern Hemisphere. In fact, ozone researchers are quick to point out that residents of northern and mid-latitudes are not likely to be so

A apreensão era constante. Também em 1992, J. D. Mahlman escreveu pelo periódico inglês que “*O perigo de um buraco no ozônio sobre o altamente populoso Hemisfério Norte sem dúvidas estimulará muita preocupação, provavelmente mais até que sobre o buraco na Antártida [...]*.” (MAHLMAN, 1992, p. 2009)¹⁰⁵. Como a maior parte da comunidade científica envolvida com a questão do ozônio estava localizada no Hemisfério Norte, era de se esperar que o medo pelas consequências dessa degradação fosse maior.

Além da preocupação de um novo buraco, agora sobre o Ártico, outro tema que também circulou nos debates científicos foram as substâncias substitutas dos CFCs nocivos ao ozônio. Pelo lado da indústria, como vimos, houve a comemoração de que os compostos banidos pelo Protocolo seriam substituídos por produtos que, apesar de também derivados dos CFCs, seriam menos estáveis e, então, facilmente destruídos na atmosfera. Argumento igual, lembramos, ao utilizado no ano de 1978, quando também divulgaram novos compostos que, posteriormente, entraram na lista de Montreal.

O processo químico envolvido nesta substituição foi considerado até que simples. Retiraram o cloro do composto e o trocavam por hidrogênio e o chamaram de Hidrofluorocarbonos (HFCs). No entanto, na análise feita por Richard Pool para *Science* em 1988, logo quando a indústria anunciava os novos produtos, o autor percebia que muitos problemas existiam: “[...] *Os atuais substitutos conhecidos são inferiores aos originais de muitas formas e os processos de fabricação comercial para os substitutos dos CFC ou não existem ou são muito complicados e mais caros que aqueles para os originais.*” (POOL, 1988, p. 666)¹⁰⁶. Custos que talvez não valessem pela diferente eficiência entre os CFCs e os HFCs, sendo os últimos inferiores na qualidade que os primeiros. A esperança, no entanto, era de que fossem inofensivos para a camada de ozônio:

Muitos dos substitutos sugeridos são derivados dos CFCs que foram modificados para causar menos danos à camada de ozônio. Adicionando hidrogênio aos compostos faz com que se decomponham na baixa

lucky in the coming years, because the destructive combination will almost certainly return in force [...].”

¹⁰⁵ “The threat of an ozone hole over the heavily populated Northern Hemisphere will undoubtedly stimulate a lot of concern, probably more than the already present Antarctic hole [...].”

¹⁰⁶ “The currently known replacements are inferior to the originals in many ways, and commercial manufacturing processes for the CFC substitutes either do not exist or are more complicated and expensive than those for CFCs.”

atmosfera, cortando a destruição do ozônio a uma fração do original; remover o cloro dos materiais elimina o perigo completamente (POOL, 1988, p. 667)¹⁰⁷.

Apesar do alto custo, para Pool, a utilização dessas novas substâncias era um excelente caminho a ser seguido pelas indústrias produtoras de CFCs, agora HFCs. Uma expectativa que cientistas da *Du Pont* e de outros centros de pesquisa dos EUA levaram para seu artigo “*Model Calculations of the Relative Effects of CFCs and their Replacements on Stratospheric Ozone*”, publicado pela *Nature*, em 1990. No texto eles avaliam a destruição dos HFCs na troposfera, camada anterior à estratosfera: “*Os hidrocarbonos são destruídos na reação com os radicais de hidróxido atmosférico, o mesmo não ocorre com os CFCs. Ainda, a principal destruição destes compostos ocorre na troposfera em lugar da estratosfera [...].*” (FISHER et al, 1990, p. 508)¹⁰⁸.

O tempo de vida da substância seria menor, portanto, menos prejudicial à atmosfera como um todo. Em 1990, inclusive a quantidade de compostos produzidos tinha aumentado ao adicionarem os chamados HCFCs, uma mistura dos CFCs com os HFCs. Todos esses eram considerados pelo artigo em questão. Muitas incertezas emergiam, conforme os autores entenderam, para este novo produto. Eles não sabiam ao certo, por exemplo, como algumas cadeias químicas reagiriam com determinados elementos químicos presentes na atmosfera (FISHER, 1990).

Além disso, os cientistas também desenvolveram uma tabela pela qual poderiam calcular o quociente que determinado composto teria para destruir o ozônio estratosférico, denominada de *Ozone Depletion Potential* (ODP). Para os substitutos dos CFCs, esse índice era considerado pequeno e até inexistente pelos cientistas da *Du Pont*, portanto, mais um item que os colocava como a solução para o problema. Esse valor nulo dos HFCs foi um dos temas discutidos por L. E. Manzer, funcionário da *Du Pont*, no artigo que escreveu para a *Science* em 1990. Segundo ele “[...] *Porque os HFCs não contêm cloro e, portanto, apresentam um ODP de valor zero, eles são uma alternativa*

¹⁰⁷ “Many of the suggested substitutes are CFCs that have been modified to do less damage to the ozone layer. Adding hydrogen to the compounds makes them decompose in the lower atmosphere, chopping ozone damage to a fraction of the original; removing chlorine from the materials eliminates the damage completely.”

¹⁰⁸ “Hydrohalocarbons are destroyed by reaction with atmospheric hydroxyl radicals whereas CFCs are not. Thus the principal destruction of these compounds occurs in the troposphere rather than the stratosphere [...].”

bem atrativa [...].” (MANZER, 1990, p. 32)¹⁰⁹. A viabilidade desses produtos parecia ser uma realidade para a indústria química dos CFCs.

No entanto, toda a expectativa da indústria e de seus cientistas foi sendo degradada nos anos seguintes. Ao se debruçarem sobre esses novos compostos químicos, outros cientistas especializados no ozônio esmiuçaram seu funcionamento e as reações com outras substâncias. Susan Solomon, que foi líder da expedição NOZE de 1986, e Adrian Tuck, também da NOAA, escreveram uma carta em 1990, em que argumentavam contra os enunciados de Fisher e sua equipe. Para ela, os cientistas da *Du Pont* estavam enganados ao dizer que os HCFCs tinham um baixo índice de ODP, pois a avaliação que fizeram do produto era baseada em sua fase gaseificada, ou seja, baseavam suas conclusões em uma reação homogênea com o ozônio, mas na Antártida o processo químico era heterogêneo (SOLOMON e TUCK, 1990).

A diferença era fundamental, conforme entendiam Solomon e Tuck. Dada a existência das nuvens polares estratosféricas, a ODP relativa aos compostos substitutos deveriam ser recalculadas; as observações sobre o processo de destruição do ozônio feitas até então sugeriam:

[...] que o HCFC-22 será em grande parte destruído quando ele atingir esta região do buraco antártico, implica que a degradação do ozônio ali excede o ODP e pode se aproximar do potencial do cloro para este gás [...] O impacto do processo polar é maior quanto maior for a diferença entre o ODP e o potencial de criar cloro pelo composto alternativo [...] (SOLOMON e TUCK, 1990, p. 203)¹¹⁰.

O impacto dos novos produtos poderia até ser menor, mas não inexistente e, também, ao contrário do previsto, eles soltariam cloro na estratosfera. Para os autores, quando medido corretamente o ODP, seus índices poderiam ser muito maiores do que previsto. Assim, embora mais fracos que os CFCs, os substitutos teriam um choque ainda significativo ao volume de ozônio no planeta (SOLOMON e TUCK, 1990).

Fisher e os cientistas que assinaram o artigo em questão responderam em seguida às críticas de Solomon e Tuck. Para eles as muitas dúvidas existentes seriam respondidas com as pesquisas em curso; declaram que os cálculos que fizeram estavam

¹⁰⁹ “Because HFCs do not contain chlorine and therefore have an ODP of zero, they are very attractive alternatives [...].”

¹¹⁰ “[...] suggest that HCFC-22 will be largely dissociated by the time it arrives in the region of the Antarctic ozone hole, implying that the ozone destruction there exceeds the ODP and may approach the chlorine loading potential for that gas [...] The impact of polar process is greater the larger the difference between the ODP and the chlorine loading potential of the alternative compound [...].”

corretos e que seriam os dois pesquisadores da NOAA que tinham apresentado uma especulação exagerada sobre o assunto (FISHER et al. 1990b).

Em 1991, Robert Pool (1991) divulgou uma notícia na *Nature* em que dizia que as substâncias colocadas no lugar dos CFCs haviam acendido um alerta entre os cientistas, pois o composto HCFC-123 provocou tumores benignos em ratos de laboratório. Algumas companhias dos EUA, em vista desse novo problema, deixaram de fabricar o produto, menos a *Du Pont*, que continuou com a produção. O risco calculado pelos cientistas, segundo o autor, era de que os mesmos efeitos poderiam afetar os seres humanos num prazo de quarenta anos, caso inalassem diariamente uma pequena quantidade do gás.

No entanto, não houve um consenso científico sobre esses problemas que possivelmente seriam causados pelos substitutos. Mas politicamente houve uma reação e, na rodada de negociações do Protocolo de Montreal de 1992, os HCFCs foram adicionados à lista de banimento (RIBEIRO, 2010). Mas não os HFCs. Em 1994, a partir de outras pesquisas, foi comprovado que eles tinham um baixo índice de reação com o ozônio, portanto, aparentemente valia o risco de utilizá-los e o restante dos gases deste tipo não entraram no acordo (KO et al., 1994).

No ano seguinte, 1995, novamente foi observado um potencial dano causado pelos HCFCs e os HFC. Alguns compostos derivados desses dois produtos estavam sendo alvo de investigação científica por acumularem ácido tricloroacético (TFA) em áreas de alagadas do planeta (SCHWARZBACH, 1995; TROMP et al., 1995).

Esse ácido seria solto nessas regiões pelo contato de alguns dos HCFCs e HFCs com as moléculas de OH. O TFA entrava em contato com o metabolismo de plantas e animais, sem que estes conseguissem eliminar o elemento de seus sistemas, e seria distribuído ao redor do planeta pelas chuvas. Os cientistas atmosféricos da *Atmospheric and Environmental Research Inc.* dos EUA, tendo T. K. Tromp como líder da equipe, afirmaram no artigo que escreveram para a *Nature* em 1995 que, apesar desta concentração observada do ácido nas terras alagadas, isto não significava que houvesse dano ambiental, mas que devido ao pouco conhecimento que tinham do composto químico: “[...] é prudente adquirir dados adicionais para determinar a taxa de acumulação do TFA nas terras alagadas e seus efeitos biológicos.” (TROMP et al., 1995, p. 330)¹¹¹.

¹¹¹ “[...] it is prudent to gather additional data to ascertain the accumulation rate of TFA in wetlands and its biological effects.”

Como o efeito poderia ser mínimo, aparentemente não houve uma movimentação política ao redor do problema das terras alagadas. Os HFC continuaram a ser aproveitados na indústria química e os HCFCs em processo de eliminação pelo Protocolo de Montreal.

Por fim, uma terceira direção de espraio das pesquisas e dos cientistas foi em busca das consequências da diminuição de ozônio. Segundo os cientistas, além dos efeitos sobre a saúde humana, o aumento das quantidades de raios ultravioletas teria um papel no efeito estufa, ao auxiliar o aquecimento global. Já fizemos referência a esta ligação na primeira parte da discussão sobre o ozônio. Durante a década de 1970, alguns cientistas chegaram a fazer essa relação, particularmente V. Ramanathan em 1975. Somente anos depois foram estabelecidos os detalhes deste processo.

Os cientistas, segundo John Gribbin no livro de 1990 que escreveu sobre o aquecimento global, sabiam que ocorria um efeito duplo na camada de ozônio. Primeiro, a destruição do gás estava localizada na parte mais alta da estratosfera, o que levava ao resfriamento dessa região, pois os raios UVs não eram mais absorvidos ali. Em segundo, o ozônio não era destruído nas regiões baixas da estratosfera e parte desta radiação solar ficava presa, aquecendo ainda mais essa camada da atmosfera e consequentemente a superfície do planeta (RAMANTHAN, 1975; GRIBBIN, 1990).

Ramanathan escreveu novamente sobre este efeito em 1988 na revista *Science*, no artigo intitulado “*The Greenhouse Theory of ClimateChange: A Test by na Inadvertent Global Experiment*”. O cientista, ao discutir o aquecimento global, expôs sobre sua ligação com o ozônio, nos termos que explicamos acima, e informou também que “*A importância dos outros gases não foi reconhecida até a última década, quando foi encontrado que a adição de uma molécula de CFC-11 (CFCl₃) e CFC-12 (CF₂Cl₂) pode ter o mesmo efeito estufa que a adição de 10⁴ moléculas de CO₂ na atmosfera [...]*.” (RAMANTHAN, 1988, p. 294)¹¹².

Como gases que contribuíram para o efeito de estufa, Ramanathan entendia que os CFCs seriam um perigo climático maior do que previsto anteriormente. No ano de 1988, os cientistas atmosféricos Guy Brasseur, do *Belgian Institute for Space Aeronomy*, e Matthew Hitchman, da *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), fizeram com maiores detalhes os cálculos de Ramanathan e afirmaram que a

¹¹² “*The importance of the other trace gases was not recognized until the last decade when it was found that the addition of one molecule of CFC-II (CFC13) and CFC-12 (CF₂Cl₂) can have the same greenhouse effect as the addition of 10⁴ molecules of CO₂ to the present atmosphere [...]*.”

ligação entre ambos os efeitos era mais grave, pois essa potencialização do aquecimento causada pela degradação do ozônio modificaria o balanço climático do planeta, algo parecido com o que Ruth Reck concluiu nos anos 1970 (BRASSEUR e HITCHMAN, 1988; GRIBBIN, 1990).

No entanto, em Brasseur e Hitchman havia uma sinergia entre os dois fenômenos climáticos que os levava a repensar o potencial de todos os gases do efeito estufa, não somente o dióxido de carbono (CO_2); traziam, assim, os CFCs e seus derivados para a equação. Gribbin (1990) informa que a avaliação global dos vários compostos químicos que faziam parte do efeito estufa poderia indicar um aumento das temperaturas nas últimas décadas anteriores maior do que a então calculada. Uma expectativa alarmante para os cientistas, mas promissora para as pesquisas sobre ambos os problemas.

As revistas divulgaram o tema de forma marginal. Essa lateralidade era referente ao papel preponderante que o aquecimento global tomava então no cenário científico. Devemos considerar mesmo como uma retomada desse tema, pois, como vimos, ele foi significativo nas discussões científicas no final da década de 1970. Pelo fato de o efeito junto à degradação do ozônio ser, apesar de importante, secundário nos debates científicos da época, acabou tratado desta maneira pela *Science* e *Nature*.

Contudo, não escapou de controvérsias. Segundo Oreskes e Conway (2010), a ligação entre a degradação do ozônio e o aquecimento global foi utilizada por S. Fred Singer para colocar em dúvida toda a pesquisa sobre o buraco no ozônio. Este cientista, então chefe do *U. S. Department of Transportation*, segundo os autores, tentou relacionar a existência do fenômeno na Antártida com certa variabilidade climática natural do planeta. Os CFCs ficariam de fora da questão, pois tudo seria condizente com o resfriamento da estratosfera, algo comum de acontecer a partir de sua interpretação do caso.

Singer (1988), para formular sua equação, utilizou o artigo de Ramanathan de 1988, como também um discurso de James Hansen ao congresso dos EUA nesse mesmo ano, no qual falava sobre o aquecimento global e citava a degradação do ozônio. Conforme Oreskes e Conway (2010), Singer teve o artigo rejeitado pela *Science*, mas conseguiu publicar no periódico *EOS* da *American Geophysical Union*. Sob o sugestivo título “*Does the Antarctic ozone hole have a future?*” e conforme Oreskes e Conway o artigo tentava criar dúvidas a respeito de toda a pesquisa sobre o fenômeno da destruição do ozônio na Antártida.

Segundo Oreskes e Conway (2010), partindo da possibilidade de que o buraco fosse causado pelos ciclos naturais, ele distorceu as palavras de Ramanathan e Hansen e teria mesmo alterado gráficos criados por Hansen. Nas mãos de Singer, tanto o aquecimento global quanto a degradação do ozônio seriam efeitos complementares inseridos nos ciclos climáticos naturais do planeta e, para ele, os cientistas envolvidos apressavam o julgamento sobre o caso.

Em 1993, Singer e Rowland trocaram correspondências na *Science*. Na sua carta Singer reafirma sua postura, dizendo que concordava que os CFCs e as reações heterogêneas tinham sua parcela de responsabilidade na degradação do ozônio antártico, mas que não havia certeza de que o cloro ficava preso na estratosfera da maneira como os cientistas afirmavam e que o lançamento de cloro pelos vulcões seria responsável pela emissão de 10% do total do elemento químico na atmosfera. Para ele, inclusive, *“Eu noto de passagem que o Protocolo de Montreal foi assinado em novembro de 1987 e os limites de produção para os CFCs foram reforçados no período de 1987 a 1991, quando dados científicos publicados indicaram que os CFCs não eram uma fonte importante de cloro estratosférico.”* (SINGER, 1993, pp. 1101-1102)¹¹³. Singer, entretanto, não informou quais seriam esses dados científicos que traziam os CFCs sem exercerem um papel significativo como fonte de cloro na estratosfera.

Rowland (1993) por sua vez refutou toda a argumentação de Singer, ao trazer uma lista de cientistas que davam como certa a relação entre CFCs e a degradação do ozônio, além de mostrar que a entrada dos vulcões como fontes de cloro era mínima e assim quase que insignificante ao contexto. Em seu texto ele afirmou que, desde 1974, ano do artigo que publicou junto a Molina, uma série de trabalhos confirmavam a hipótese.

Durante os 19 anos desde as primeiras publicações sobre a conexão entre clorofluorcarbonos e degradação do ozônio estratosférico, literalmente milhares de artigos científicos foram publicados trazendo os vários aspectos deste assunto. O consenso científico em curso tem se expressado em uma grande quantidade de relatórios nacionais e internacionais [...] (ROWLAND, 1993, p. 1102)¹¹⁴.

¹¹³ “I note in passing that the Montreal Protocol was signed in November 1987, and that production limits on CFCs were tightened in the period 1987 to 1991, when published scientific data indicated that CFCs were not an important source of stratospheric chlorine.”

¹¹⁴ “During the 19 years since the first publications of the connection between chlorofluorocarbons and stratospheric ozone depletion, literally thousands of scientific papers have been published on various aspects of this topic. The ongoing scientific consensus has been expressed in a long series of national and international reports [...].”

Rowland não compreendeu, entretanto, que os argumentos de Singer eram direcionados para desacreditar os cientistas; aliás, uma tática utilizada por ele em outros casos, tal como no Inverno Nuclear. Dessa vez, assim entendemos, sua tentativa de barrar as pesquisas, ao colocar um manto de incertezas a respeito, não funcionou.

Apesar de apresentarem muitas lacunas, os estudos relacionados ao buraco no ozônio tinham construído uma base sólida de dados empíricos e teorias e politicamente estavam consolidados no Protocolo de Montreal de 1987, que em suas revisões posteriores só aumentou esse suporte. O elo com o aquecimento global reforçou isto tudo. No final da década de 1980 e anos iniciais de 1990, a caixa-preta da degradação do ozônio por obra antropogênica estava fechada.

4 - Eco-92, Nobel e o ozônio cai no esquecimento.

Durante a Eco-92, evento da ONU na cidade do Rio de Janeiro que lidou de forma ampla com temas relacionados ao meio ambiente, temos a comprovação de que o enunciado da degradação do ozônio pelos compostos fabricados pelo ser humano havia se tornado um fato científico. Na formulação de um programa ambiental para todos os países da ONU que participaram do evento, a proteção à camada de ozônio foi o tema que direcionou as discussões sobre a atmosfera.

A Agenda 21, documento que resultou do encontro da ONU, de que já tratamos aqui, traz em um dos seus capítulos a discussão sobre a proteção da atmosfera. Este se caracteriza por ações e políticas que procurariam conter a poluição atmosférica e a destruição da camada de ozônio, além de uma incipiente preocupação com o efeito estufa.

O resultado das discussões, em uma análise mais geral, neste fórum ambiental global foi favorável a medidas amplas para proteção ao meio ambiente, divididas em uma variedade de temas. A Agenda 21 foi considerado um documento representativo dos esforços em busca de uma nova relação entre o ser humano e o ambiente. A ideia chave que guiou a elaboração desta pauta de ações foi o chamado desenvolvimento sustentável, um conceito que instigava os países a vincularem seu crescimento econômico ao equilíbrio ambiental (RIBEIRO, 2010).

No fundo, o desenvolvimento sustentável era, e ainda, é uma tentativa de readequação superficial dos parâmetros do capitalismo para acatar a demanda ambiental

crescente em muitas sociedades mundo afora (COLACIOS, 2007). Os EUA, por exemplo, barraram diversas discussões na Eco-92 na expectativa de atender aos interesses da indústria. Segundo John Opie, a atitude de Bush previamente à reunião era de não assinar nenhum tratado em nenhuma área, apesar de existir a possibilidade de que a opinião pública pudesse forçar seus representantes a aceitarem alguns acordos “*Os Estados Unidos foram criticados por não partilharem sua riqueza enquanto a maior economia individual do mundo e por resistirem a controles enquanto o maior poluidor do mundo [...].*” (OPIE, 1998, p. 483)¹¹⁵.

Na Agenda 21, a questão das mudanças no clima teve suas prerrogativas amarradas aos tratados da ONU de 1985 e 1987 (Viena e Montreal) para a proteção do ozônio. Reafirmava aquilo que havia sido tratado nas reuniões específicas, tal como a eliminação dos gases nocivos a esta camada, principalmente os CFCs. Assim, entendemos que a Eco-92 confirmou a legitimidade dos acordos da década de 1980 e também o enunciado científico.

Mesmo assim, os EUA barraram a pauta climática, sempre com a justificativa de que maiores estudos eram necessários. Na análise que fez sobre o tema, Wagner Costa Ribeiro (2010) afirma que os EUA estavam aliados aos países exportadores de petróleo e, portanto, não tinham interesse nenhum em avançar esta discussão. Entendemos que a ação simbólica de propor uma economia pautada pelo respeito ao meio ambiente não passava de um ajuste da ideologia neoliberal, que George H. W. Bush levou adiante e seu sucessor, o democrata Bill Clinton nada fez para mudar.

Ao contrário de nossas expectativas, muito pouco sobre a Eco-92 saiu nas revistas. Alguns comentários gerais sobre as possíveis barreiras políticas e, ao final do evento, os seus resultados. Quase nada sobre as decisões relacionadas à proteção da atmosfera saiu em suas páginas, o assunto parecia encerrado. Esperávamos que houvesse uma discussão apurada pelos jornalistas e demais colaboradores dos periódicos sobre os rumos tomados na reunião. Aparentemente o assunto não agradava a eles e poucas matérias e comentários foram publicados, nada, porém, que possamos considerar significativo.

Por outro lado, a comunidade científica deu seu último aval sobre o tema. Em 1995 concedeu a Rowland, Molina e Crutzen o prêmio Nobel de química pela sua contribuição às ciências atmosféricas, especialmente pela pesquisa sobre a destruição da

¹¹⁵ “*The United States was reviled for not sharing its wealth as the world’s single biggest economy, and for resisting controls as the world’s biggest polluter [...].*”

camada de ozônio. Crutzen, pelo trabalho publicado em 1970 e demais contribuições posteriores, e Rowland e Molina, pelo artigo de 1974 e os outros estudos que realizaram sobre o tema. As revistas ressaltaram essa premiação, principalmente por trazer um problema ambiental, algo que não era relacionado aos ganhadores anteriores do Nobel, conforme notícia que saiu na *Nature* “*O prêmio Nobel tem sido muito criticado por falhar em reconhecer as contribuições dos cientistas ambientais [...]*.” (NATURE, 1995d, p. 565)¹¹⁶. Um fato que mudou com o prêmio concedido naquele ano.

Este reconhecimento, em nosso entendimento, era o marco final das preocupações científicas sobre o tema. A longa caminhada das preocupações com a camada de ozônio, ao deixar de ser um enunciado em construção para ser um fato científico, que teve início na primeira metade dos anos 1970 com teorias e hipóteses científicas, e passou pela observação *in loco* de um buraco na camada sobre a Antártida em 1985 e as demais pesquisas que vieram a lidar com a questão, chegava ao fim. Um final, diga-se, igual ao enunciado, com uma deterioração aos poucos do tema nas páginas das revistas.

Já instituído cientificamente, com tratados firmados, causas e consequências já definidas pela comunidade científica, as pesquisas que foram na sequência divulgadas focavam principalmente no monitoramento da situação do ozônio. Nos anos seguintes a 1992, temos periodicamente notícias sobre a situação do buraco na região antártica, com a avaliação de seus aumentos e retrações. Além disso, uma e outra pesquisa foi feita, como por exemplo, a análise da erupção do Monte Pinatubo em 1992 e a interferência que poderia causar na camada. Sem a mesma repercussão anterior, o tema perdeu espaço nas revistas e praticamente foi extinto a partir de 1998.

Neste meio tempo, primeiros anos da década de 1990, o tema do aquecimento global ganhava força nas revistas e nas discussões sobre o clima. Foram retomados os debates sobre sua ocorrência e os cientistas voltaram a estudar suas causas e

¹¹⁶ “*The Nobel prizes have often been criticized for failing to recognize the contributions of Earth and environmental scientists [...]*.”

consequências, assim como pesquisar as variações da temperatura, os efeitos sobre as geleiras, a produção de alimentos e o papel antropogênico no fenômeno.

Após a assinatura do Protocolo de Kioto, em 1998, a camada de ozônio perdeu espaço de vez nas páginas das revistas. O novo acordo colocou o aquecimento global na pauta principal de jornalistas, editores e cientistas, com sua hegemonia reestabelecida. Lembramos aqui que, perdida a partir de 1983, com as discussões sobre o Inverno Nuclear e a camada de ozônio, o tema entrou com uma força renovada no meio científico. De maneira geral, a discussão sobre o aquecimento global acentuou-se, enquanto a questão do Ozônio esfriou e entrou na categoria de uma ciência normal.

Capítulo 5

Um Consenso Forçado sobre o Aquecimento Global (1988-2005)

Como vimos no capítulo 2, a teoria do aquecimento global venceu a controvérsia científica com o resfriamento no final da década de 1970. O enunciado que ficou nos anos seguintes diz que a elevação das concentrações dos gases do efeito estufa atmosférico, notadamente o dióxido de carbono (CO₂), seriam os responsáveis pelo aumento das temperaturas médias no planeta – fora dos padrões considerados normais pelos cientistas – registradas desde 1850 em torno de 0,6°C, com a possibilidade de continuar esse crescimento pelas próximas décadas. Esse enunciado se manteve praticamente intacto nas discussões que vieram a seguir, quando o tema retoma o lugar de destaque nas páginas das revistas *Science* e *Nature*.

Isto ocorreu no final da década de 1980, quando começou o que podemos considerar a retomada das discussões relacionadas ao aquecimento global. O período de quase uma década, na qual o tema ficou secundário nos debates das mudanças climáticas e o inverno nuclear e a degradação da camada de ozônio tiveram um lugar de destaque, não significou que tenha havido uma paralisação dos trabalhos científicos sobre o tema. Como vimos no capítulo 2, grupos de pesquisa foram criados em laboratórios no intuito de estudar e monitorar o clima. O aquecimento global tornou-se parte de uma ciência normal, nos moldes dados por Thomas Kuhn (2006), que enxergou este tipo de ciência como regular e embasada num histórico de pesquisas de um determinado tema¹.

Devemos observar que essa regularidade no trabalho dos pesquisadores não pode ser compreendida como isenta de dúvidas e controvérsias científicas. Apesar da sobreposição do enunciado frente ao resfriamento global na década de 1970, muitas incertezas nas teorias e modelos climáticos criados para interpretar o enunciado apareceram e a discussão acadêmica voltou paulatinamente a ter novo fôlego por volta de 1988.

Neste capítulo abordamos três momentos desse retorno do aquecimento global como protagonista das controvérsias relacionadas às mudanças climáticas apresentadas nas revistas *Science* e *Nature*: um período inicial que vai de 1988 a 1997 quando, ainda

¹ “[...] pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior [...]” (KUHN, 2006, p. 29).

que a degradação do ozônio fosse o tema principal das discussões, o aquecimento global ressurge no meio científico e ganha força entre as controvérsias climáticas. Também nesses anos aparecem os primeiros relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e as reuniões políticas entre países, na tentativa de organizar um acordo climático.

Um segundo momento, que abrange apenas dois anos, 1998 e 1999, quando analisamos o estabelecimento, nas páginas das revistas, de um consenso científico para o enunciado do aquecimento global. E o terceiro momento, de 2000 a 2005, quando temos, por um lado, a retração dos tratados internacionais para as mudanças climáticas e, de outro, a intensificação do debate político nas duas publicações, como forma de reação a esse fato.

1 - O longo caminho até Kioto (1988-1997)

O clima auxiliou a retomada por volta de 1988, tal como comentou o historiador estadunidense Spencer Weart (2003), pois aquele ano foi marcado por ondas de calor nos EUA que assustaram muitos políticos e a população em geral. Esse momento climático atípico acabou por servir ao enunciado do aquecimento global, por ter provocado o questionamento da mídia sobre se teria algum a coisa com isto.

Os repórteres perguntavam se a causa daquilo tudo era o efeito estufa. Os cientistas sabiam que nenhuma mudança meteorológica particular poderia ser atribuída ao aquecimento global. Mas sensivelmente, a constante reiteração da pergunta convenceu, até certo ponto, muitas pessoas de que a culpa vinha da nossa contaminação (WEART, 2003, p. 185)².

Com o clima favorável, dois fatos políticos foram representativos dos esforços para tornar (ou no caso retornar) o aquecimento global um tema importante a ser discutido socialmente. Temos, neste ano de 1988, a criação de um organismo internacional sob a tutela da ONU e da *World Meteorological Organization* (WMO), chamado de *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Um imenso grupo de trabalho internacional formado por políticos, burocratas e cientistas com intenção de elaborar um consenso sobre a questão climática e organizar os esforços nacionais para

² “*Los periodistas preguntaban si la causa de todo aquello no era el efecto invernadero. Los científicos sabían que ningún suceso meteorológico particular podía atribuirse al calentamiento global. Pero sencillamente, la interminable reiteración de la pregunta convenció hasta cierto punto a muchas personas de que la culpa de todo la tenía nuestra contaminación*”.

combater as emissões de CO₂ e demais gases do efeito estufa (KANDEL, 2007). Analisaremos com maiores detalhes o IPCC mais adiante.

Também, neste ano, temos um depoimento do climatologista James Hansen para uma comissão Congresso dos EUA em que afirmou que “[...] *o aquecimento global antropogênico tinha começado [...]*.” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 183)³. Hansen foi chamado para apresentar a situação do conhecimento científico sobre o aquecimento global.

O cientista, na ocasião, segundo nos informam Oreskes e Conway (2010) e Spencer Weart (2003), desfiou toda a produção científica existente referente ao tema e teria dito aos políticos que o aquecimento global era causado pelo seres humanos, com pequena participação da natureza no processo. Também apresentou os cenários para o futuro das emissões de CO₂, caso elas continuassem nos mesmos níveis de 1988 e, também, com a redução da produção do gás em pouco tempo. Oreskes e Conway não dizem se o testemunho de Hansen teve algum efeito político, porém ele foi o tema de capa do jornal *New York Times* e, dessa forma, teria conseguido capturar a atenção pública em torno do aquecimento global.

Logo após o primeiro depoimento de Hansen, em 1988, a *Nature* levantou o lado político do aquecimento global por meio do jornalista Joseph Palca, que escreveu sobre as secas e a queda da produtividade na lavoura dos EUA. Segundo o autor, era tentador aos políticos associar essa alteração climática com o aquecimento global, “*Mesmo que a seca não fosse diretamente relacionada à geração dos gases do efeito estufa, o qual alguns dizem que tem causado o aumento das temperaturas médias do globo, a justaposição dos dois eventos pode tornar-se uma questão mais política do que científica*” (PALCA, 1988, p. 92)⁴. Os laços entre o enunciado e o registro da temperatura anual, apesar de tênues cientificamente, foram politicamente ligados por aquilo que seria uma relação lógica entre ambas.

Um mês depois, ainda em 1988, a revista voltou a comentar o assunto em um editorial. Neste foi questionada exatamente a ação política e o alarmismo midiático em torno das elevadas temperaturas desse ano. No texto ficou evidente que o depoimento no Congresso estadunidense teria inflamado os ânimos públicos e a consequência seria a associação, pela sociedade, entre o clima da época e o aquecimento global.

³ “[...] *that anthropogenic global warming had begun [...]*.”

⁴ “*Although the drought is not directly related to the build-up of greenhouse gases which some claim has caused average global temperatures to rise, the juxtaposition of the two events may become more tightly coupled politically than they are scientifically.*”

Quando histórias sobre o efeito estufa aparecem nas capas de revistas nacionais, o assunto ganha uma publicidade muito maior do que qualquer advertência e por um tempo, ao menos, existe um ciclo no qual cada segmento da mídia procura se sobressair às demais para cobrir a notícia. Então vem a seca e a onda de calor, os editores começam a perguntar, com muita legitimidade, se a seca está relacionada ao efeito estufa (NATURE, 1988, p. 457)⁵.

Pela perspectiva da *Nature*, o lado político falava mais alto nesta retomada do aquecimento global no cenário social e também científico. Haveria o aproveitamento das notícias divulgadas em diversos meios como forma de impulsionar o enunciado para uma nova discussão.

Este acontecimento também foi caracterizado pelo editor John Maddox. Para ele, era precipitada qualquer menção à existência de algo como o aquecimento global nos moldes que os cientistas apresentavam. O texto, com o sugestivo título “*Jumping the Greenhouse Gun*” dizia que associar as altas temperaturas registradas em 1988 com o aquecimento global era uma distorção da questão: “*O problema é a conhecida relação entre sinal e barulho. Quanto maior for o sinal relativo ao barulho, mais facilmente será reconhecido. O sinal do efeito estufa, entretanto, importante em suas consequências em longo prazo, é pequeno no curto período [...]*.” (MADDOX, 1988b, p. 9)⁶. Mesmo assim, o editor considerou que era importante a discussão relativa ao aquecimento global e o planejamento do que era possível fazer para resolvê-lo.

Na *Science*, um ano depois do depoimento de Hansen, o repórter Richard Kerr escreveu o artigo intitulado “*Hansen vs. The World on the Greenhouse Threat*”, que mostrava a repercussão da fala de Hansen no meio científico e político (KERR, 1989). Neste artigo, Kerr afirma que o cientista teve que lidar com críticas vindas de várias frentes, mas especialmente de seus colegas de academia, por ter divulgado um conhecimento marcado por incertezas e pela falta de consenso em muitas das afirmações que fez aos políticos⁷.

⁵ “*When stories about the greenhouse effect appear on covers of national magazines, the topic gets a publicity boost far beyond what any advertising could provide and for a while at least, there is a positive feedback loop, with each segment of the media seeking to outdo others in covering the story. Then came the drought and heat wave, and editors began to ask, quite legitimately, if the drought was related to the greenhouse effect.*”

⁶ “*The problem, of course, is the familiar one of signal and noise. The larger the signal relative to the noise, the more easily it will be recognized. The greenhouse signal, however serious its long-term consequences, is the short run relatively small [...]*.”

⁷ Um tom semelhante às críticas feitas ao grupo de Carl Sagan em 1983 com o inverno nuclear e a publicização promovida pelo astrofísico.

Na matéria de Kerr é citado que Hansen, um ano após o testemunho, foi chamado novamente ao congresso para novo depoimento. No entanto, havia todo um clima de hostilidade quanto ao enunciado de um ano antes. A amplitude que ganhou sua fala e a avalanche de críticas foram tamanha que nesse novo depoimento ele teve que explicar as afirmações que havia feito em meio a tantas incertezas sobre o enunciado (KERR, 1989).

Conforme Kerr, a quantidade de críticas à atuação de Hansen foi tão grande quanto o impacto de sua declaração. Para ele, o que estava em jogo era que as dúvidas não poderiam ter sido desprezadas pelo cientista e que a dimensão política ganha pelo enunciado a partir disso teria provocado, de forma errada, o alarmismo social. Nas palavras do jornalista: “*Os especialistas discutiram por uma década sobre a magnitude do problema e ninguém foi ouvido. Então veio Hansen. Agora os cientistas do efeito estufa têm a atenção que eles queriam, mas pelas razões que não gostariam.*” (KERR, 1989, p. 1041)⁸. Ir a público com o aquecimento global era, para a comunidade científica, uma forma errada de divulgar um enunciado permeado de controvérsias⁹.

Consideramos este um novo momento para o enunciado, relacionado com a existência, no final dos anos 1980, de dois grupos científicos que se chocavam diretamente em torno do enunciado: um chamado – pelas revistas, especialistas, historiadores e outros cientistas – de *céticos*, por conta de sua perspectiva crítica à existência do aquecimento global; e, seus antagônicos, chamados por nós de *favoráveis* – que não foram denominados por nenhuma revista, especialista, historiador ou outros cientistas – por apostarem na veracidade do fenômeno climático. Esse embate entre os dois grupos marca os primeiros anos das discussões, entre o final da década de 1980 e a metade da década de 1990, vindo a mudar somente a partir de 1998, como veremos adiante.

De forma geral, esse primeiro período pode ser considerado ambíguo em vários sentidos. De ordem política temos a já mencionada criação do IPCC, que foi antagonizada, de certa forma, nos EUA pela atuação pífia do governo liderado tanto por George Bush (1989-1992) quanto por Bill Clinton (1993-2000), que não tiveram

⁸ “*After all, experts had been hemming and hawing for a decade on the likely magnitude of the problem, and hardly anyone had listened. Then came Hansen. Now greenhouse scientists have the attention they have wanted but for reasons they think unsound.*”

⁹ Novamente temo nisto uma crítica que também foi feita a Sagan em sua publicização do inverno nuclear.

nenhuma atitude significativa a respeito da questão do aquecimento global (WEART, 2003).

Em outros países, especialmente europeus, aconteceram fatos semelhantes. Na Inglaterra e na Alemanha, seus dirigentes adotaram medidas que davam a impressão de que o aquecimento global era legítimo e, portanto, uma questão fundamental a ser discutida e combatida com políticas públicas para a diminuição do dióxido de carbono do processo produtivo (WEART, 2003). No entanto, a esta ação política houve uma contraofensiva dos céticos que criou uma série de dúvidas sobre o tema e impediu que o tema avançasse politicamente nos anos seguintes.

Do ponto de vista científico, os cientistas céticos procuraram manter vivas as incertezas e principalmente a questão se era verdadeiro ou não o aquecimento global. Mesmo que os cientistas favoráveis, por sua vez, combatessem essa contra-argumentação com suas pesquisas e dados coletados ao longo de quase duas décadas de pesquisa, não conseguiram manter a atenção política focada em seus resultados. Os críticos tinham grande influência no meio político e conseguiram fazer, por exemplo, que o presidente Bush dos EUA, modificasse seu planejamento e deixasse de lado o aquecimento global (WEART, 2003; ORESKES e CONWAY, 2010).

Esse parecia ser um grande retorno do enunciado para os debates públicos e nas páginas das revistas. Alguns autores da bibliografia selecionada entenderam que houve um parêntesis nas discussões do aquecimento global frente aos debates sobre inverno nuclear e camada de ozônio e, a partir de 1988, essa espécie de interregno ficou para trás e os pesquisadores continuaram seus trabalhos da mesma maneira como anteriormente (KANDEL, 2007; ORESKES e CONWAY, 2010). Weart (2003), por exemplo, entende que, no momento em que o tema perdeu espaço para os demais problemas climáticos, apenas precisava readquirir a atenção pública para voltar a ser o destaque dos debates, algo que foi atingido com os fatos acima descritos.

Para nós, porém, apesar de concordarmos que houve essa retomada em fins de 1980, percebemos que ela se deu com outra roupagem. Com a entrada dos céticos na questão e, nos EUA, a retração das ações governamentais do presidente Bush, a pauta ficou travada. Outras tonalidades políticas, diferentes daquelas encontradas na década de 1970, marcariam os debates científicos sobre o tema a partir de 1988.

Uma situação que também atingiu as revistas. Percebemos que, em suas páginas nos anos seguintes a 1988, os debates relacionados ao aquecimento global mantiveram-se em um papel marginal. Tanto a *Science* quanto a *Nature* divulgaram as pesquisas e

discussões em relação a este tema, mas sem o mesmo ímpeto de anos antes ou, então, o que alcançaria dez anos depois em 1998. Assim, a controvérsia sobre as causas ou a existência do fenômeno se manteve estagnada no meio acadêmico até meados do ano de 1997.

De qualquer maneira, mesmo com esta situação política vigente, houve em 1988 a criação de um painel internacional com o foco voltado especificamente para o aquecimento global. O painel serviu como uma tentativa de compilar as diversas informações científicas e pesquisas que eram anualmente elaboradas em várias partes do mundo, como forma de promover políticas públicas para o controle dos gases do efeito estufa (WEART, 2003; KANDEL, 2007; EDWARDS, 2010).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) era, e continua sendo, um órgão internacional que tinha, também, como objetivo o estabelecimento de um consenso científico sobre a situação climática global, mais especificamente, relativo à tendência do clima no futuro (WEART, 2003; KANDEL, 2007; EDWARDS, 2010).

O IPCC está ligado à *World Meteorological Organization* (WMO) e ao *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente* (PNUMA). Abrange cientistas, especialistas e representantes de governos e assim forma um corpo de especialistas que atuam na formulação de políticas e em pesquisas sobre mudanças climáticas. O sistema de atuação do órgão é pautado pela divisão em grupos de trabalho, cada um responsável por um determinado fator envolvido nas mudanças climáticas. Essas equipes podem chegar a centenas de participantes e envolver diversos tipos de atividades, em sua maioria financiadas pelo próprio IPCC a partir de um fundo provido pelo PNUMA e o WMO. O IPCC, dessa maneira, é constituído por diversas especialidades e caracteriza um corpo híbrido em que políticos, burocratas e cientistas trabalham em conjunto.

O IPCC pode ser considerado também uma entidade de origem política-científica, dadas as condições de organização tal como apresentamos acima. Spencer Weart (2003) associa a criação desta entidade internacional à pressão social exercida nos vários países sobre os governos, visando políticas para resolver o problema das mudanças climáticas. Para este historiador, o depoimento de Hansen no Congresso estadunidense foi o estopim que gerou a necessidade de criação deste órgão, aliado às consequentes reações políticas dos governos de outros países. Assim, impelidos pela demanda social e as recentes afirmações científicas, a ONU cria tal entidade (WEART, 2003).

De maneira geral, a entidade buscaria uma visão de consenso científico em relação às mudanças climáticas, pois essa estrutura híbrida proporcionava o debate sobre todos os pontos do enunciado climático com a participação de todos os seus membros. A instituição, conforme afirma Paul Edwards (2010), não era responsável por realizar pesquisas científicas. Sua função seria a compilação de dados provenientes de estudos realizados por laboratórios ou pesquisadores.

O IPCC não realiza pesquisa científica; porém, sua proposta é de assessorar – coletar, sintetizar e avaliar – o conhecimento sobre mudanças climáticas, seus impactos nas pessoas e ecossistemas, opções para mitigar sua extensão e adaptação aos seus efeitos. Para esta assessoria, o IPCC solicita e compara toda a pesquisa atual nas áreas relacionadas ao clima [...] (EDWARDS, 2010, p. 399)¹⁰.

Essa coleta de informações depois seria analisada por seus membros e redigido um relatório preliminar que, por sua vez, seria submetido aos participantes do órgão e, feitas as correções, sugestões, acordos, finalmente levado a público (EDWARDS, 2010). Os relatórios deveriam ser apresentados em duas oportunidades a cada década e depois submetidos à assinatura pelos governos membros da ONU. Nos anos 1990, o primeiro documento foi divulgado em 1990 e sua assinatura ocorreu durante a ECO-92, no Rio de Janeiro; e o segundo saiu em 1995 e foi assinado durante a reunião dos membros neste mesmo ano.

Entendemos que o IPCC pode ser considerado uma imensa central de cálculo tal como compreendida pelo filósofo das ciências Bruno Latour (que discutimos no capítulo 2). No entanto, sua atuação ultrapassava a dos tradicionais grupos de pesquisa sobre mudanças climáticas da década de 1970. Pela característica híbrida, sua área de influência superava o meio acadêmico, ao atingir diretamente o campo político e social e, desse modo, teve um papel maior do que simplesmente sintetizar informações e publicar relatórios. Ele poderia ser capaz de forçar que um enunciado científico sobre mudanças climáticas fosse socialmente aceito.

Para nós, neste sentido, os relatórios produzidos pelo IPCC são os principais meios de conseguir a entrada de um fato científico no seio social. A redação destes documentos que apresentariam o consenso quanto às mudanças climáticas entre os

¹⁰ “The IPCC, does not conduct scientific research; instead, its purpose is to assess – collect, synthesize, and evaluate – knowledge about climate change, its impacts on people and ecosystems, and the options for mitigating its extent and adapting to its effects. To make this assessment, the IPCC solicits and compares virtually all of the most current research in climate-related fields [...]”

participantes possibilitava sua divulgação nos países de origem de seus membros e dimensionava a capacidade desta instituição em atingir vários segmentos sociais. Isto, mesmo que o seu teor nem sempre ficasse de acordo com os interesses daqueles que os formularam.

A maioria dos autores que analisam esses relatórios do IPCC é unânime em dizer que por conta da presença de não cientistas na discussão do documento, as suas conclusões foram conservadoras e restritivas, agradando mais a ala política do órgão internacional do que o interesse científico (WEART, 2003; KANDEL, 2007; FLANNERY, 2007; EDWARDS, 2010). Isto não significa que não havia uma precisão em suas análises e revisões. Paul Edwards considera que os textos produzidos pelo IPCC foram de grande rigor técnico e isto foi significativo para a concretização dele como uma entidade estável até os dias de hoje, tanto cientificamente quanto em seu sentido político.

Essa estabilidade do IPCC, em nossa compreensão, foi resultado de um longo processo. Seus anos iniciais foram quase de completo anonimato midiático. As revistas *Science* e *Nature*, por exemplo, apresentaram poucos textos sobre a entidade e seu primeiro relatório, de 1990, foi basicamente ignorado pelas publicações. Um panorama que começa a mudar a partir de 1995. Entretanto, mesmo com as amenidades em suas afirmações e a pequena relevância inicial, o IPCC e seus relatórios não ficaram isentos de controvérsias.

O chamado AR1, primeiro relatório de atividades do IPCC, foi composto por questões gerais relacionadas ao clima. Trazia como ponto forte a indicação de que um aumento nas temperaturas médias do planeta teria sido registrado ao longo das últimas décadas anteriores, uma afirmação que, para os autores do relatório, confirmava o aquecimento global como um fenômeno real. O relatório apontava que as causas naturais do aquecimento global eram consideráveis, sendo este um processo esperado do ciclo climático do planeta, mas os efeitos antropogênicos notados nas últimas décadas anteriores teria um peso significativo no fenômeno:

As emissões das atividades humanas estão substancialmente aumentando as concentrações atmosféricas dos gases do efeito estufa: dióxido de carbono, metano, clorofluorcarbonos (CFCs) e óxido nitroso. Este acréscimo aumentará o efeito estufa, resultando em aquecimento adicional da superfície terrestre. O principal gás do efeito estufa, vapor

d'água, aumentará em resposta ao aquecimento global e consequentemente também fortalecê-lo-á (IPCC, 1990, p. 52)¹¹.

Apesar dessas afirmações, as incertezas a respeito ainda eram grandes e os cientistas não chegaram a resultados definitivos. As questões colocadas no relatório eram referentes às mudanças climáticas regionais, à alteração no regime de chuvas, às fontes dos gases e formas de absorção destes pela natureza. Dúvidas, apesar de minimizadas pelos autores do relatório quando dizem que “*Estes processos estão parcialmente compreendido, e estamos confiantes de que as incertezas serão reduzidas por novas pesquisas [...]*.” (IPCC, 1990, p. 53)¹². Eles sabiam que poderiam causar surpresas ao terem os resultados dos estudos.

Concordamos com Oreskes e Conway quando escreveram que esse relatório apenas ressaltou os resultados conhecidos pelos cientistas e reafirmou o enunciado que dizia “*Aquecimento global vindo dos gases do efeito estufa pode gerar mudanças que os humanos nunca viram antes [...]*.” (ORESQUES e CONWAY, 2010, p. 189)¹³. O conteúdo científico que trazia, assim compreendemos, fez parte das pesquisas da década de 1970 e a sua conclusão ressaltava o lugar onde pararam os trabalhos que tiveram como tema o aquecimento global no início de 1980. Notamos que o relatório serviu para colocar na atualidade o problema e retomar as discussões sobre ele.

A repercussão deste documento foi pequena, segundo a bibliografia especializada. Devido ao pouco impacto das suas conclusões, dado que a maior parte delas constava das pesquisas da década de 1970, não havia, portanto, novidades. As revistas *Science* e *Nature* não deram muito espaço a ele; na verdade, praticamente nada foi comentado. Seguiram, dessa maneira, a tendência observada por Spencer Weart para toda a mídia na época, pois o relatório “[...] apenas foi considerado uma ‘notícia’ e quase não teve cobertura jornalística” (WEART, 2003, p. 193)¹⁴.

Para Robert Kandel, climatologista, o primeiro relatório do IPCC não trazia nenhuma dificuldade para a aceitação por parte das nações. Seus objetivos eram vagos,

¹¹ “*Emissions resulting from human activities are substantially increasing the atmospheric concentrations of the greenhouse gases: carbon dioxide, methane, chlorofluorocarbons (CFCs) and nitrous oxide. These increases will enhance the greenhouse effect, resulting on average in an additional warming of the Earth's surface. The main greenhouse gas, water vapour, will increase in response to global warming and further enhance it.*”

¹² “[...] *These processes are already partially understood, and we are confident that the uncertainties can be reduced by further research [...]*.”

¹³ “[...] *Global warming from greenhouse gases would produce changes unlike what humans had ever seen before.*”

¹⁴ “*Apenas podía considerarse una ‘noticia’ y casi no tuvo cobertura periodística.*”

deixavam para cada uma delas a adoção de medidas para conter os gases do efeito estufa. Ao ser pautado pelo conceito de desenvolvimento sustentável, o relatório deixou que cada governo definisse a melhor forma de estabilizar as concentrações das emissões dos poluentes que contribuíam com o aquecimento global, a partir de considerações sobre questões como crescimento econômico e erradicação da pobreza (KANDEL, 2007).

Em 1992, porém, o interesse do público tinha diminuído em relação aos aspectos políticos e científicos do aquecimento global. O clima tinha se estabilizado nos anos seguintes a 1988, não ocorrendo novas ondas de calor e tudo indicava que este tinha sido apenas um período atípico. A queda da demanda social por ações políticas foi prejudicial aos acordos climáticos propostos durante a ECO-92 e gerou a possibilidade de postergar o assunto para os encontros seguintes (ORESQUES e CONWAY, 2010; WEART, 2003; EDWARDS, 2010).

O contexto dos EUA, como descrito anteriormente, era marcado pelo neoliberalismo econômico e pelo conservadorismo nas decisões políticas. Ainda presidente dos EUA em 1992, George Bush, que havia prometido durante a campanha política anos antes combater o efeito estufa, direcionou seus esforços para barrar esta pauta da reunião do Rio de Janeiro. Mesmo com sua assinatura no tratado climático, as resoluções ali contidas e que deveriam ser colocadas em prática pelos países signatários foram esquecidas no restante de sua administração (ORESQUES e CONWAY, 2010; WEART, 2003; EDWARDS, 2010).

Entretanto, o primeiro relatório do IPCC serviu como texto base nas discussões climáticas ocorridas na ECO-92. Quando os participantes do encontro formularam um acordo sobre as emissões dos gases do efeito estufa e constituíram o chamado *U.N. Framework Convention on Climate Change*, um grupo de trabalho em discussão entre os políticos fazia alguns anos. O documento do IPCC reforçou sua validade e foi assinado por alguns países na reunião de 1992, sendo ratificado por quase todos os membros da ONU apenas em 1994. Não foi um acordo fácil de ser estabelecido. Os EUA tiveram um papel na discussão que poderia ter levado ao fracasso de sua assinatura. (KANDEL, 2007; ORESQUES e CONWAY, 2010).

A historiografia indica que os assessores científicos estadunidenses na época da ECO-92, responsáveis pelas sugestões e conselhos ao presidente Bush, eram de conservadores, ligados ao, já citado aqui, *George Marshall Institute*, na época sob a tutela de S. Fred Singer, também nosso conhecido por alimentar as incertezas científicas

e criar contrainformação relacionada a mudanças climáticas desde os anos de 1970. Essa origem conservadora dos cientistas da Casa Branca fazia com que as pautas que poderiam causar alguma intervenção no andamento da economia do país, tal como regulações à indústria ou interferência direta do Estado no mercado, fossem vistas como um empecilho e deveriam ser combatidas (ORESQUES e CONWAY, 2010).

Esta contraofensiva dos céticos nos EUA foi liderada também pelos cientistas Bill Nierenberg, Robert Jastrow e Frederick Seitz, todos membros do *George Marshall Institute*, que publicaram, em 1990, um livro que mostrava um outro lado da pesquisa sobre o aquecimento global, pelo qual o sol seria um dos responsáveis pelo aumento das temperaturas. Para eles, as manchas solares (teoria que vimos no capítulo 2) eram uma explicação plausível para o aquecimento global e se encaixavam perfeitamente no período de elevação das temperaturas registrado. O Sol, quando apresentasse momentos de atividades mais intensas, teria esse efeito no clima e eles diziam que as décadas em que foi observado o fenômeno eram as mesmas nas quais ocorreram as manchas solares (ORESQUES e CONWAY, 2010).

Tais afirmações, segundo Oreskes e Conway (2010, p. 186), foram apresentadas aos assessores presidenciais e conseguiram convencê-los da veracidade da informação: “*A reunião teve um grande impacto, parou o momento positivo que foi construído na administração Bush [...].*”¹⁵. Os céticos tinham conseguido convencer esses assessores de que não havia ligação científica confirmada entre o aumento de CO₂ na atmosfera e as temperaturas em elevação, era tudo culpa do Sol. Deve ser destacado que não foram chamados para essa reunião os membros do outro grupo, dos favoráveis à teoria do aquecimento global; assim o posicionamento que os assessores tiveram partia somente dos críticos. (ORESQUES e CONWAY, 2010).

Um convencimento que já havia sido obtido pelos céticos anos antes, por volta de 1989, quando apresentaram em uma reunião fechada aos assessores de Bush uma publicação que fizeram na qual mostrariam a validade da teoria solar para explicar o aquecimento global. A jornalista da *Science*, Leslie Roberts, divulgou em uma matéria a controvérsia levantada pelos céticos. Para ela este livro dos céticos teria causado uma séria impressão nos burocratas da administração Bush: “*Um pequeno relatório, sem referências, que muitos cientistas têm rejeitado como tendencioso e enganoso, é tido*

¹⁵ “*The briefing had a big impact, stopping the positive momentum that had been building in the Bush administration [...].*”

como, ao menos parcialmente, um dos causadores da recente atitude da Casa Branca em relação as mudanças climáticas.” (ROBERTS, 1989, p. 992)¹⁶.

Mesmo com a pouca credibilidade científica que este grupo tinha, conseguiu convencer o governo estadunidense das causas naturais, da pouca importância do aquecimento global naquele momento e que nada precisaria ser feito. A jornalista ainda diz que os cientistas climáticos ficaram consternados com isto, mas quase nada conseguiram fazer politicamente para resolver o problema; apenas aconselharam que a *National Academy of Science* (NAS) revisse os resultados do livro (ROBERTS, 1989).

Neste momento, o peso político dos céticos era maior nos Estados Unidos e eles conseguiram atingir o objetivo de diminuir o ímpeto das políticas de Bush para o controle do aquecimento global. Quanto aos favoráveis, estes tinham o reforço do meio científico, mas sem o suporte político. Assim, muito pouco avançou nos anos seguintes sobre a questão do aquecimento global e o que existiu girou em torno da discussão da veracidade do enunciado e das suas causas humanas.

Mesmo com o peso político dos críticos, Bush acabou por assinar o tratado do Rio no último dia de discussões. Ainda que em baixa, existia a pressão pública para o presidente realizar suas promessas de campanha referentes ao aquecimento global. Também havia a coação vinda de outros chefes de estado que, naquele momento, estavam direcionados a aceitar o acordo criado na ECO-92. Para Oreskes e Conway (2010, p. 197), a assinatura de Bush se deu pela pouca abrangência do tratado: “*Tal como a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio, a Convenção-Quadro para as Mudanças Climáticas da ONU não era um perigo real: ela não definiu metas limitadoras nas emissões. Foi a princípio um comprometimento [...]*.”¹⁷.

Dessa forma, o primeiro relatório do IPCC ficou restrito a este contexto. Mesmo tendo sido aprovado durante a ECO-92, e mesmo estimulada a adoção de um acordo inicial para a redução dos gases do efeito estufa, sua abrangência foi pequena. As revistas pouco discutiram seu conteúdo, talvez por conta de seu teor, que nada trazia de novo em relação ao enunciado construído nos anos 1970. Este papel, contudo, mudou em 1995 com a divulgação do segundo relatório, o AR2.

¹⁶ “*A slim, unrefered report that many scientists have dismissed as biased and misleading is said to be at least partly behind the White House's recent temporizing on climate change.*”

¹⁷ “*Like the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, the U. N. Framework Convention on Climate Change had no real teeth: it set no binding limits on emissions. It was a agreement in principle [...].*”

Já no segundo relatório do IPCC, o AR2 de 1995, lançado em dezembro desse ano na reunião do IPCC organizada em Roma, seus autores deram o que muitos especialistas consideraram um passo à frente em relação às discussões ao considerarem que a ação humana tinha um papel, ainda que não fosse possível dimensionar, no aquecimento registrado e também no aumento previsto para as próximas décadas.

O documento trazia a expectativa da elevação entre 1,5°C e 4,5°C, nada precisa, mas estava de acordo com os estudos mais recentes, que apontavam para esta variação num futuro não muito distante, ao mesmo tempo que se mostrava conservadora, pois algumas hipóteses na época apresentavam um acréscimo maior nas temperaturas (IPCC, 1995).

Este relatório teve um impacto mais amplo do que o primeiro. Foi discutido em diversos tipos de reuniões científicas por especialistas e finalmente repercutiu nas revistas *Science* e *Nature*, embora ainda possamos considerar que de forma moderada em comparação ao tipo de divulgação que o órgão internacional e seus documentos terão a partir do ano de 1998.

O ponto chave deste relatório era a indicação da ação antropogênica, incluída como uma das causas do aquecimento global. Como vimos, isto não era uma novidade científica, em 1970 já havia sido discutida. Ao recordar o artigo de Hansen e seus colegas de 1979, o relatório trazia à tona esta questão sem apresentar nenhuma dúvida a respeito. A novidade, portanto, estava no fato de que um órgão do tipo do IPCC, composto por cientistas e políticos, tivesse identificado o papel humano no fenômeno climático como um consenso, trazendo uma perspectiva nova aos cientistas, tanto aos céticos quanto aos crentes desta tese. Na síntese do relatório temos a seguinte afirmação:

As concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, e entre eles o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), têm crescido significativamente desde os tempos pré-industriais (cerca de 1750): O CO₂ de cerca de 280 para quase 360 ppmv³, CH₄ 700-1720 ppbv e N₂O a partir de cerca de 275 para cerca de 310 ppbv. Essas tendências podem ser atribuídas em grande parte às atividades humanas, principalmente ao uso de combustíveis fósseis, mudanças no uso da terra e da agricultura. As concentrações de outros gases de efeito estufa antropogênicos também aumentaram. Um aumento das concentrações de gases de efeito estufa leva, em média, a um aquecimento adicional da atmosfera e da superfície da Terra. Muitos gases de efeito estufa

permanecem na atmosfera - e afetam o clima - por um longo tempo (IPCC, 1995, p. 3)¹⁸.

O futuro climático estaria em aberto, mas a tendência calculada pelos membros do IPCC era de um aumento considerável nas temperaturas médias do planeta, tendo como origem principal a emissão de poluentes pelas atividades econômicas. Mas o órgão fez uma restrição a essa afirmativa de que este futuro poderia ser surpreendente, pois a variabilidade do clima, sua não linearidade, poderia modificar o panorama (IPCC, 1995). Uma afirmação representativa das incertezas sobre os modelos climáticos adotados pela instituição e também das restrições políticas comuns em seus relatórios.

A afirmação das causas antropogênicas do aquecimento global, entretanto, não passou despercebida aos céticos. Paul Edwards conta que os autores desta parte do relatório, - o nomeado *Work Group I-*, liderados pelo cientista climático Ben Santer do *Lawrence Livermore National Laboratory* dos EUA, foram alvo de críticas, principalmente pelo fato de Santer ter reescrito sua parte do relatório após a sua confirmação pelos demais membros e revisores do IPCC (EDWARDS, 2010).

Como cada parte dos relatórios do IPCC era de responsabilidade de um determinado grupo de trabalho, tal como dissemos acima, suas conclusões passavam pela revisão de editores e a aprovação de todos os participantes do órgão internacional. Este processo levaria ao consenso entre as partes envolvidas, sendo, portanto, um documento escrito por grupos mas aprovado pela totalidade do IPCC. Segundo as críticas, Santer teria corrompido este procedimento, ao inserir na sua parte do texto afirmações sobre a origem antropogênica do aquecimento global após a aprovação do documento pela entidade.

No entender de Edwards, o cientista seguiu o procedimento do próprio IPCC e a indicação das causas antropogênicas não era final, tal como disseram os críticos, mas apenas uma forte sugestão (EDWARDS, 2010). Oreskes e Conway (2010) dizem que Santer apenas removeu algumas partes de seu capítulo do relatório, a pedido do próprio IPCC, após a aceitação de seu conteúdo. Conforme eles, foi retirado um sumário ao

¹⁸ “The atmospheric concentrations of the greenhouse gases, and among them, carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), have grown significantly since pre-industrial times (about 1750 A.D.): CO₂ from about 280 to almost 360 ppmv³, CH₄ from 700 to 1720 ppbv and N₂O from about 275 to about 310 ppbv. These trends can be attributed largely to human activities, mostly fossil-fuel use, land-use change and agriculture. Concentrations of other anthropogenic greenhouse gases have also increased. An increase of greenhouse gas concentrations leads on average to an additional warming of the atmosphere and the Earth’s surface. Many greenhouse gases remain in the atmosphere — and affect climate — for a long time.”

final do capítulo, com as principais discussões, sendo somente uma questão estética, já que o restante dos capítulos não tinha este item no final.

Essa questão foi parar nas páginas da *Science* e *Nature*. As revistas, que tinham dado uma atenção bem maior a este relatório do que ao anterior, serviram como palco das discussões entre os grupos que discutiam a existência do aquecimento e agora debatiam as suas causas.

Na *Science* de fevereiro de 1996, poucos meses depois da publicação do AR2 do IPCC, S. Fred Singer enviou uma correspondência na qual questionava a atuação de Santer. A carta de Singer estava permeada de acusações de que os cientistas participantes da equipe de Santer teriam presumido alguns dados climáticos sem que houvesse embasamento científico ou mesmo um consenso sobre eles. No texto, Singer enumera uma série de possíveis omissões e o que seria uma seleção de fatos que foram divulgadas pelo relatório do IPCC. Para o autor, o IPCC forçava a aceitação do enunciado e ignorava estudos científicos que mostravam outros elementos que poderiam prejudicar sua intenção maior: tornar o aquecimento global um problema de suma importância para humanidade resolver: “*O aquecimento global pode se tornar um não problema. O mistério é porque alguns insistem em fazer disto um problema, uma crise ou uma catástrofe ‘o maior desafio global para a humanidade’.*” (SINGER, 1996, p. 582)¹⁹.

A questão era que Singer, a nosso ver, percebeu que ao indicar a ação antropogênica sobre o clima, a consequente elevação das temperaturas e todo o perigo que isto representaria para o futuro, o IPCC dava um passo importante para a formulação de um acordo climático, possivelmente nos moldes do Protocolo de Montreal para os CFCs. Isso colocava em jogo os interesses do *George Marshall Institute* e suas tentativas de barrar os debates e o andamento das pesquisas do aquecimento global.

Neste sentido, Singer, em sua correspondência, cita que o governo estadunidense teria realizado estudos que apontavam um pequeno aumento das temperaturas até o ano de 2100, um valor que seria menos da metade do que o IPCC apontou em seu relatório: “*O relatório também não menciona uma declaração do governo dos EUA; este cita o aquecimento global como menor de 0,5°C em 2100 – a metade das previsões do IPCC*

¹⁹ “*Global warming would become a nonproblem. The mystery is why some insist on making it into a problem, a crisis, or a catastrophe ‘the greatest global challenge facing mankind’.*”

de 1995 [...]” (SINGER, 1996, p. 582)²⁰. Por isso, para ele, o IPCC não poderia falar em catástrofe ou mesmo em causas humanas para o aquecimento global; havia muitas dúvidas que não permitiam a definição tal como feita pelo relatório da entidade internacional.

De certa maneira, a percepção de Singer em relação à procura por um consenso amplo pelo IPCC estava correta. A *Science*, que, até então, tinha dado pouca atenção aos trabalhos do órgão, após a publicação do relatório e sua repercussão, abriu um espaço maior em suas páginas, tal como analisamos no próximo item. E o mesmo observamos também na *Nature*. De forma gradual, o IPCC parecia ganhar terreno ao adotar o discurso catastrófico inaugurado por Hansen em 1988.

Apesar disso, muito ainda precisava ser feito, pois no meio político a aceitação do relatório foi difícil. Como nos demais acordos climáticos, em grande parte, a pauta era dada pelo governo estadunidense que, no caso, decidiu não considerar como válidas as afirmações contidas no documento do IPCC. O governo do democrata Clinton estava preso a um Congresso de maioria republicana e, assim como no mandato de Bush, não avançou em políticas públicas neste sentido.

A presença de Al Gore era vista como uma oportunidade para a entrada definitiva da discussão do aquecimento global no meio governamental dos EUA. Para Spencer Weart (2003), o vice-presidente teria conseguido convencer Clinton a levar adiante os acordos firmados por Bush em 1992, mas o então presidente decidiu não se desgastar politicamente com a ala conservadora do Congresso estadunidense, principalmente por um assunto que não era um problema imediato para seu governo: “*Enfrentando estes adversários difíceis, Clinton não quis gastar seu capital político limitado em um tema que não seria agravado ao longo de seu mandato.*” (WEART, 2003, p. 206)²¹.

Por outro lado, internacionalmente, houve a continuidade das discussões na ONU, com a abertura de negociações climáticas, organizadas sob a tutela de um secretariado que foi organizado após a ECO-92 pela *U.N. Framework Convention On Climate Change* (UNFCCC). O objetivo deste está voltado ao auxílio aos países membros com a experiência tecnológica e científica, de forma a colocar em prática os

²⁰ “The summary also does not mention an authoritative U.S. government statement; it quotes a global warming as low as 0.5°C by 2100 – only half of the IPCC’s lowest 1995 prediction [...].”

²¹ “Enfrentado a estos ardorosos adversarios Clinton no quiso gastar su limitado capital político en un asunto que no se agravaría durante su mandato.”

termos presentes no acordo firmado em 1992 e depois de 1997 em atender aos termos do Protocolo de Kioto²² (UNFCCC, 2013).

O secretariado tem como base os relatórios do IPCC e também atuaria na análise do registro da emissão dos gases nos países membros da ONU que realizassem essa medição em seu território. O organismo organizaria reuniões anuais para a discussão e tomada de decisões políticas, encontros que ficaram conhecidos como *Conferências das Partes* (COP). O primeiro ocorreu em 1995, em Berlim (UNFCCC, 2013).

Nesses encontros, a movimentação dos políticos ficou centrada em discutir possíveis acordos, sem nenhum avanço nos anos seguintes e nas demais rodadas de negociação. Isso deveu-se à ofensiva que os críticos do aquecimento global realizaram logo após a divulgação do relatório. Além de S. Fred Singer, Richard Lindzen e outros apresentaram argumentos que tentavam desqualificar a posição adotada pelo IPCC e novamente ressaltaram as incertezas presentes no documento e mesmo a dificuldade de estabelecer um consenso tendo como base estudos diversificados tanto teoricamente quanto em relação à metodologia, pois cada grupo de trabalho tinha origens diversas e fazia escolhas diferentes de objetos de estudos (ORESQUES e CONWAY, 2010; EDWARDS, 2010).

Neste sentido, o que observamos é que as mesmas críticas se multiplicavam entre os céticos, especialmente cientistas como S. Fred Singer, que “liderou” os esforços céticos na contra-argumentação. Portanto, houve a concentração do empenho em divulgar as contrainformações e não avançaram para outros possíveis problemas na pesquisa do grupo contrário. A questão, presente na crítica de Oreskes e Conway (2010) era que os céticos não faziam pesquisa sobre o tema, não desenvolviam trabalhos próprios, apenas se baseavam em estudos de outros pesquisadores e, muitas vezes, distorciam os resultados para encaixá-los no argumento utilizado.

Semanas depois da correspondência de Singer, a *Science* publicou uma resposta dada pelo cientista Michael Prather da *University of California*, em que diz que Singer, quando participou das reuniões de divulgação do relatório de 1995 promovidas pelo IPCC²³, não fez tais questionamentos e o objeto de sua crítica era apenas um sumário das pesquisas, sendo que o detalhamento das pesquisas, contido em outro documento,

²² As informações sobre o secretariado foram obtidas no endereço virtual da *U.N. Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) - <http://unfccc.int/secretariat/items/1629.php> acessado em 19/12/2013 às 18:09hs.

²³ A presença de Singer era como membro de uma organização não governamental, a *George Marshall Institute*.

também disponível, sequer havia sido mencionado por Singer em sua carta. Para Prather, Singer havia se esquecido de que tudo o que foi dito pelo IPCC era parte de um consenso formulado entre centenas de cientistas de todo o mundo.

O sumário do IPCC é realmente um sumário e não inclui todas as partes da informação que vem no relatório completo. Matérias de apoio, incluindo a coleção variada de fatos destacados por Singer, estão presentes, referenciados e usados pelos cientistas em suas conclusões (PRATHER, 1996, p. 1043)²⁴.

Vemos que o mais importante argumento ficava em torno da questão política. Os críticos procuravam descredenciar os membros do IPCC ao afirmarem que suas decisões e consensos eram baseados em influência política e não na neutralidade científica esperada para esse tipo de trabalho. Como alguns cargos e funções no órgão eram indicação governamental, abria-se espaço para este tipo de crítica.

Dessa maneira, ambos os lados forneciam dados e explicações científicas para suas afirmações. Na análise que fazemos das controvérsias científicas em meio a discussões sobre a validade de um determinado enunciado, a capacidade de convencimento geral, ou da maioria, por uma das partes é o que definirá aquele que terá a vantagem ou mesmo sagrar-se vencedor no debate. O convencimento então é, em nosso entender, a possibilidade de determinado cientista ou grupo de cientistas mostrar aos seus pares e à sociedade em geral que suas afirmações, a construção de seu fato científico, é a que melhor exprime a realidade²⁵.

Neste sentido, alguns cientistas olharam para detalhes dos textos do IPCC e chegaram a colocar em questão a possibilidade de o aquecimento global ser uma mudança climática real. Os climatologistas australianos Adrian Gordon, John Bye e Roland Byron-Scott escreveram, em carta enviada para a *Nature* em abril de 1996, que essa dúvida era devido à confusão dentro do próprio IPCC em determinar o significado do termo mudanças climáticas. Conforme os cientistas, o criticado *Work Group I* de Ben Santer “[...] refere-se a qualquer mudança no clima no tempo, seja pela

²⁴ “The IPCC summary is indeed a summary and does not include every piece of information that went into the full report. Much more supporting material, including most of the eclectic collection of facts highlighted by Singer are noted, referenced, and used by the scientists in drawing their conclusions.”

²⁵ Seguimos na interpretação deste argumento o entendimento feito por Bruno Latour, no qual os enunciados científicos são resultantes de um processo de construção coletivo, em cuja dinâmica diversos atores podem ser incluídos. À medida que esta coletividade convence outros sujeitos sobre o fato na qual apostam ocorre o fortalecimento deste e consequentemente o seu estabelecimento como um enunciado socialmente aceito, o que daria fim a possíveis controvérsias. (Cf. LATOUR, 2000)

variabilidade natural ou como resultado da atividade humana [...]”. Para eles, uma definição que era diversa do sentido dado para o termo durante a reunião da ECO-1992, a *U. N. Framework Convention on Climate Change*, que “[...] *refere-se a uma mudança de clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, que altera a composição da atmosfera global e que é uma adição à variabilidade climática observada pela comparação entre períodos temporais.*” (GORDON et al., 1996, p. 478)²⁶.

Para os autores, algo que poderia ser considerado apenas um detalhamento maior do conceito entre um e outro documento do IPCC, com a adição, no último caso, da informação que as mudanças climáticas são provenientes da ação humana e agem junto com as variações cíclicas naturais do clima. Para esses cientistas, o IPCC não tinha dado a atenção necessária à relação entre seus documentos. A diferença entre ambas as definições era significativa no seu entender e poderia até mesmo servir para retirar o aquecimento global como uma das possíveis causas de mudanças climáticas, desde que estas fossem compreendidas enquanto um processo incluído na dinâmica climática do planeta, portanto, natural (GORDON et al., 1996).

Podemos atribuir essa dificuldade em estabelecer um sentido único para o conceito de mudanças climáticas pelo IPCC, por seu sistema de avaliação das pesquisas e pelo processo de busca de consenso entre seus membros. Na tentativa de montar um sistema de revisão rigoroso, que pudesse ser aceito pelos governos e demais tomadores de decisões políticas, a instituição fazia com que o relatório, a ser aprovado, passasse pelas mãos de diversos editores e especialistas; assim, a possibilidade de que um determinado conceito fosse alterado de um documento para outro era grande.

Além disso, como consideramos acima, vemos também que por ter que atender aos requisitos da classe política, os textos produzidos pelo órgão eram restritivos e muitas vezes considerados conservadores pela bibliografia especializada que utilizamos aqui. Dessa maneira, os cientistas autores dos relatórios utilizavam estratégias para inserir suas conclusões de forma que passassem pelo crivo dos revisores e demais membros do IPCC.

Exemplo disto é o argumento catastrofista presente no relatório de 1995. A informação inicial que temos sobre isso nos é dada por Oreskes e Conway (2010) e diz

²⁶ “[...] *refers to any change in climate over time whether due to natural variability or as a result of human activity [...]*” e “[...] *refers to a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods.*”

que o então presidente do IPCC, o climatologista sueco Bert Bolin, não queria utilizar o discurso alarmista nas páginas do documento publicado naquele ano. Para esses autores “*O IPCC de fato optou por não utilizar uma terminologia alarmista. Bert Bolin deliberadamente impôs uma política de extremo conservadorismo de linguagem [...].*” (ORESQUES e CONWAY, p. 206)²⁷. No entanto, o resumo deste relatório está permeado do catastrofismo, principalmente quando se refere às possíveis consequências do aumento das temperaturas causadas pelas emissões dos gases do efeito estufa na atmosfera pela ação humana:

Todas as simulações do modelo, sejam elas forçadas com o aumento das concentrações de gases de efeito estufa e aerossóis ou com o aumento das concentrações de gases de efeito estufa por si só, mostram as seguintes características: maior aquecimento da superfície da terra do que do mar no inverno, um aquecimento de superfície máximo nas altas latitudes do norte no inverno, pouco aquecimento da superfície sobre o Ártico no verão, um ciclo hidrológico médio global reforçado e aumento de precipitação e umidade do solo em altas latitudes no inverno. Todas essas alterações estão associadas a mecanismos físicos identificáveis (IPCC, 1995, pp. 5-6)²⁸.

Uma imagem amenizada certamente, ainda mais quando comparada às previsões contidas no enunciado do inverno nuclear, feitas pelo grupo TTAPS anos antes. Mesmo assim, mostrava um futuro climático afetado pela ação antropogênica que elevaria as temperaturas médias do planeta. Entendemos que os ajustes na narrativa eram necessários para poder exprimir aquilo que os cientistas do IPCC queriam que o público soubesse sobre o enunciado.

Isto aconteceu também quando Ben Santer foi acusado de fraude. Como vimos, por alterar o texto aprovado pelo IPCC, os céticos atacaram a narrativa que foi dada ao texto final, por ser incisiva na questão do papel humano no aquecimento global. Oresques e Conway (2010), que descrevem toda a polêmica gerada por isso, nos mostram que, apesar de tudo, o teor científico não foi questionado, mas sua possível conduta em dar ênfase a uma afirmação que era motivo de incerteza e controvérsias na época.

²⁷ “*The IPCC in fact bent over backward not to use alarmista terms. Bert Bolin had deliberately imposed a policy of extreme conservatism of language [...].*”

²⁸ “*All model simulations, whether they were forced with increased concentrations of greenhouse gases and aerosols or with increased concentrations of greenhouse gases alone, show the following features: greater surface warming of the land than of the sea in winter; a maximum surface warming in high northern latitudes in winter, little surface warming over the Arctic in summer; an enhanced global mean hydrological cycle, and increased precipitation and soil moisture in high latitudes in winter. All these changes are associated with identifiable physical mechanisms.*”

Entendemos que cada grupo, céticos e favoráveis, utilizava as estratégias argumentativas que lhes eram favoráveis e que eram possíveis dentro do espaço de divulgação de seus textos. Os favoráveis tinham como meio os relatórios do IPCC que, por mais restritivos que fossem, davam abertura para a apresentação de suas conclusões, tal como vimos, e assim procuravam divulgar o enunciado, além de contar com as revistas científicas especializadas que, desde o começo das discussões na década de 1970, deram espaço para as pesquisas.

Os céticos tinham acesso a revistas e jornais não especializados em ciências, normalmente aqueles de cunho conservador e que circulavam em meios empresariais, tal como o *Wall Street Journal*. Não tinham, dessa maneira, o *peer review* acadêmico, e suas perspectivas sobre o assunto eram lidas por aqueles com pouca ou nenhuma instrução científica (WEART, 2003). Um elemento que permitiu a eles não terem grandes impedimentos a suas publicações e também atingir um público que se interessava pelo tema e que poderia influenciar dos tomadores de decisões.

Além disso, em 1995, os membros do *George Marshall Institute* detinham grande influência no meio político dos EUA e com isto ajudavam a direcionar o interesse governamental para o tema pela perspectiva que lhes melhor convinha, ou seja, empurravam a questão para as incertezas científicas envolvidas e convenciam a administração dos EUA a ignorar o aquecimento global como sendo um enunciado com frágeis bases científicas (WEART, 2003; ORESKES e CONWAY, 2010).

Devemos lembrar que o país vivia, nessa época, um momento de grande expansão econômica, que representava a força da ideologia neoliberal e da liberdade de mercado. Esses cientistas se organizaram para combater qualquer enunciado que pudesse colocar em risco este *status quo* que os industriais estadunidenses tinham atingido nos últimos anos e, assim como ocorreu durante as discussões sobre o inverno nuclear, eles procuraram barrar a pauta política e impedir o andamento dos trabalhos científicos sobre o aquecimento global (STIEGLITZ, 2003).

As informações contidas no relatório de 1995, inicialmente, foram ignoradas pela administração Clinton. Era muito complicado para o presidente adotar medidas de controle das emissões de poluentes em um momento de euforia do mercado e de elevação das taxas de consumo e de produção industrial (STIEGLITZ, 2003). O lobby que atuou com mais força para que a administração Clinton não aceitasse as determinações contidas no relatório do IPCC de 1995 foi o que representava as indústrias do carvão e do petróleo, que se opunham a qualquer tipo de redução das taxas

de utilização dos combustíveis fósseis para conter a elevação das temperaturas, ainda mais quando era vista como uma informação científica que não tinha ficado estabelecida devido às suas inúmeras incertezas (KANDEL, 2007).

Do outro lado da questão, entre aqueles que acreditavam nas causas antropogênicas do fenômeno, o relatório do IPCC de 1995 foi considerado como um grande avanço para seu estabelecimento como um problema real. Apesar de ser ainda considerado conservador pela maioria desses pesquisadores, dado o consenso do IPCC não ir além do que era conhecido pela maioria deles havia muitos anos, o AR2 simbolizou politicamente a entrada do aquecimento global na pauta de vários governos, ainda que muitos, influenciados pela administração da Casa Branca, não tomaram grandes decisões a respeito.

Ao contrário dos céticos, estes pesquisadores tiveram espaço para a publicação de seus trabalhos em revistas científicas. A maior parte deste tipo de mídia divulgou os resultados do relatório de 1995 feito pelo IPCC com grande destaque, manchetes foram estampadas e editoriais escritos, trazendo como ponto principal o papel humano no aquecimento global.

No entanto, em nossa opinião, de forma geral o contexto era favorável aos céticos, que, ao levantarem incertezas e tentarem quebrar a credibilidade dos membros do órgão internacional, conseguiram montar uma espécie de blindagem política em relação às causas humanas. Além disso, apesar do interesse midiático, a degradação da camada de ozônio, mesmo que se esvaindo, detinha o protagonismo dos debates sobre o clima naquele momento²⁹.

A *Science* e a *Nature* apresentaram em suas páginas essa indefinição sobre o enunciado que caracterizava a controvérsia. Os anos finais de 1980 e início de 1990, nestas revistas, foram marcados pelas incertezas que descrevemos acima. Nenhuma delas apontou para uma linha editorial que mostrasse uma tendência de alinhamento a um ou outro grupo de cientistas em relação ao aquecimento global. Os editores-chefes de ambas, John Maddox (*Nature*) e Philip Abelson (*Science*), pouco se manifestaram a respeito. Elas proporcionaram muitas vezes apenas a reprodução das controvérsias que apareciam e foram mostradas acima.

Em fevereiro de 1995, Richard Kerr, jornalista da *Science* que, assim como no caso da degradação da camada de ozônio, foi o responsável pela maioria dos textos

²⁹ Basta lembrar que Paul Crutzen, Mario Molina e Sherwood Rowland ganharam o prêmio Nobel de química neste ano de 1995.

sobre aquecimento global para a revista, publicou o artigo “*Is the World Warming or Not?*” (KERR, 1995). Este artigo retrata a forma como as incertezas presentes nas pesquisas relacionadas ao tema, e expostas pelos céticos, dominavam o meio acadêmico e social nesta metade da década de 1990.

O jornalista citou entrevistas e matérias publicadas em jornais e revistas de grande circulação nos EUA (tal como a *Times* e a *Reader's Digest*) e mostrou as dúvidas e os debates a respeito do tema. Para Kerr, existiam muitas conclusões prematuras de ambos os lados científicos, no que polarizou, na época, como *aquecimento global/não aquecimento global*. “*Não tem tanto aquecimento quanto os modelos do efeito estufa previram – tudo continuando o mesmo, o aquecimento deve agora ser em média de 0,25°C por década [...].*” afirmou o jornalista, e “*Para as mudanças climáticas ficarem de acordo com as previsões, o aquecimento mínimo dos anos 1980 deverá acelerar no próximo milênio [...].*” (KERR, 1995, p. 612)³⁰. As incertezas e a precipitação nas conclusões, como escreveu Kerr, em nosso entender, levava à manutenção das controvérsias em 1995.

Este tipo de indefinição a respeito de qual grupo estaria correto em suas afirmações também esteve presente em editoriais e na seção de comentários e correspondência das revistas. Tanto na *Science* quanto na *Nature*, nestes primeiros meses de 1995, tudo indicava que seria mais um ano no qual as controvérsias se manteriam no mesmo estágio anterior, sem nenhuma novidade.

Em março de 1995, uma primeira rodada de negociações climáticas da Conferência entre as Partes (COP), organizada pelo IPCC, teve lugar na cidade de Berlim. Um dos objetivos era a ratificação do acordo estabelecido durante a ECO-92. A *Nature* publicou um editorial em que dizia que o desafio maior era “*Primeiro, não deveriam existir dúvidas de que o perigo do aquecimento global é uma realidade [...].*” (NATURE, 1995a, p. 199)³¹. Para a revista, antes de um acordo político era necessário que houvesse uma definição científica a respeito da veracidade do fenômeno, pois esta questão era a que movia as dúvidas e sem sua resolução, não haveria como os políticos darem sua contribuição.

A *Nature* considerava este assunto como importante para o futuro e por isso mesmo deveria ser levado a sério e respondido com firmeza pelos cientistas. Para os

³⁰ “*That’s not as much warming as greenhouse models predict – all else being equal, warming should now be averaging roughly 0,25°C per decade [...].*” e “*For climate change to live up to the predictions, the minimal warming of the 1980s will have to accelerate into the next millennium [...].*”

³¹ “*First, there is or should be no doubt that the threat of global warming is reality [...].*”

editores, as lacunas no enunciado colocavam em jogo esse consenso e o IPCC não tinha até então conseguido ser uma instituição de apoio e fornecedora dessa conformidade. Havia, no entanto, expectativa de que o relatório seguinte do órgão saísse e trouxesse uma luz maior a essa questão (NATURE, 1995a).

Após a reunião da *Conferência das Partes* (COP) em Berlim, a *Nature* apresentou outro editorial em que defendia que o problema era muito maior e questionou a capacidade dessa reunião em dar continuidade ao tratado da ECO-92, pois havia muitas discordâncias políticas entre os países “desenvolvidos” e “em desenvolvimento”. Para a revista, o desafio era mostrar que a proposta de cortes nas emissões de gases do efeito estufa não iria prejudicar o crescimento econômico de nenhum país. O editorial da revista percebia ainda que, dadas as incertezas científicas, não havia muito o que se fazer politicamente (NATURE, 1995b). Afinal, como os países iriam promover ações de controle e mitigação dos gases do efeito estufa sem que houvesse a certeza científica de que ocorria o fenômeno e ele era causado pelos seres humanos?

A *Science* se limitou a descrever as discussões ocorridas durante os onze dias do encontro em Berlim. O jornalista responsável pela matéria, Robert Koenig, escreveu que existia uma expectativa para que a reunião fosse apenas um indicativo do que deveria ser feito para as próximas reuniões. Além disso, os representantes dos países admitiam não ter uma definição do papel humano no aquecimento global e que as variações climáticas naturais eram consideradas ainda um fator tão importante quanto o fator antropogênico. Não havia um consenso científico e, portanto, não haveria um consenso político. Novamente eram grandes as expectativas para o relatório do IPCC daquele ano (KOENIG, 1995).

Parece-nos, então, que o grande problema na controvérsia da existência ou não do evento climático era definir um consenso, ainda que forçado, de tal forma que as pesquisas fossem reorientadas e novos problemas aparecessem. A modificação do panorama, em nossa compreensão, teve início a partir da publicação do relatório de 1995 do *Intergovernmental Panel on Climate Change* e a consequente adesão das revistas analisadas às afirmações ali contidas.

Com a defesa feita pelo relatório da ação humana no clima e de que o aumento registrado das temperaturas tinha como fontes principais as emissões industriais e a queima de combustíveis fósseis, uma nova perspectiva começava a se firmar nas linhas

editoriais das duas revistas analisadas: a de que era necessário um consenso científico para o aquecimento global.

A mudança na linha editorial, que se direcionou para o consenso para o enunciado, foi um processo longo. Começou com a substituição dos editores-chefes das revistas, ambas ocorridas em 1995, quando entrou Daniel Koshland Jr. (*Science*) e Philip Campbell (*Nature*). Passou pela grande atenção que os jornalistas começaram a dar para a política em relação ao clima nos anos posteriores, inclusive com a cobertura da *Conferência das Partes* de Kioto, em 1997 (COP3), com uma série de reportagens, comentários e editoriais. E tem seu ápice, em 1998, quando entendemos que a *Science* e a *Nature*, cada uma a sua maneira, apontam para o aquecimento global como um fenômeno real.

Uma pequena nota na *Nature* nos traz essa indicação. Em setembro de 1995, meses antes de sair o relatório do IPCC, a revista comentou um texto antecipatório lançado pela instituição. A questão mais importante, conforme a nota, era que o IPCC apontava a responsabilidade para os seres humanos e que, apesar das controvérsias sobre isto (que de fato vimos que aconteceram) dificilmente poderia se negar essa afirmação:

Mas cientistas familiarizados com o debate sobre o conteúdo do relatório final dizem que a ampla aceitação de tais conclusões – em particular, recentes trabalhos com modelos climáticos têm reforçado a conclusão de que as atividades humanas são o fator maior no aquecimento global – não devem ser alteradas (NATURE, 1995c, p. 189)³².

E, em dezembro, antes da publicação do relatório, saiu uma notícia nas páginas da revista inglesa com o título “*Climate Panel Confirms Human Role in Warming, Fights Off Oil States*”, do jornalista Ehsan Masood. A matéria mostrou que, apesar das controvérsias, a afirmação do *Work Group I*, de Ben Santer, auxiliava no estabelecimento de um consenso científico sobre o aquecimento (MASOOD, 1995).

Pela *Science*, esse direcionamento foi, conforme compreendemos, mais complicado e demorou um tempo maior. Forneceu indícios da mudança de sua percepção sobre o assunto em 1996. Um comentário assinado por Stephen Schwartz, cientista do *Bookhaven National Laboratory* nos EUA, e o bioquímico Meinrat O.

³² “But scientists familiar with the debate that has been taking place on the content of the final report say that the broad thrust of such conclusions – in particular, that recent work with climate models has reinforced the conclusion that human activity is a major factor in global warming – is unlikely to be altered.”

Andreae, do *Max Planck Institute of Chemistry* da Alemanha, nos mostram essa inclinação da revista pela adoção do consenso estimulado pelo IPCC.

Para os autores era motivo de preocupação uma pesquisa realizada pela *National Research Council* (NRC) dos EUA, que reduzia o papel dos gases emitidos pela ação humana na atmosfera no aumento da temperatura e, mesmo que essa pesquisa tentasse diminuir as incertezas sobre isto, os autores consideravam que ela não conseguiu chegar perto de seu intento, apenas reforçou as dúvidas. Schwartz e Andreae entendiam que era hora de superar as incertezas e caminhar para o estabelecimento de acordos climáticos, antes que fosse muito tarde e não houvesse recuperação para o clima no futuro:

Certamente, quanto mais nos atrasamos em buscar conhecimento sobre o papel do aerossol, necessário para direcionar as implicações políticas, mais profundo é o buraco que cavamos para nos mesmos em relação ao efeito estufa e sua potencial repercussão nas gerações futuras (SCHWARTZ e ANDREA, 1996, p. 1121)³³.

Eliminar as controvérsias era uma questão urgente. Os cientistas que apontavam para a realidade do aquecimento global e sua causa humana queriam que houvesse o encaminhamento dos processos políticos para sua resolução ou pelo menos para a diminuição de seus efeitos.

A questão em nossa opinião é que a revista *Science* apresentou, nos anos seguintes, um grande interesse por este consenso. Consideramos que a *Science* teve um papel da maior relevância nesse sentido, até mesmo mais que o IPCC, principalmente por polarizar os debates após 1998, com a gradual exclusão do grupo que defendia o *não aquecimento global* – os *céticos* – das publicações na revista e o aumento considerável de artigos que discutiam o tema.

Percebemos que as correspondências, comentários e matérias publicadas em ambas as revistas depois do relatório do IPCC começaram a apresentar a ideia do aquecimento global, aceita pela maioria dos cientistas, pois só traziam aqueles que acreditavam na existência do fenômeno. As publicações mostravam poucas controvérsias, a maior parte delas interna ao enunciado, referente às pesquisas que estavam sendo divulgadas.

³³ “Clearly, the longer we postpone getting the knowledge of the aerosol forcing that is required to address the policy implications of this realization, the deeper the hole we are digging for ourselves with respect to the greenhouse effect and its potential repercussions on future generations.”

Entendemos que este aumento de interesse da *Science* e *Nature* na formulação de um consenso teve como fator principal o grande número de cientistas que eram favoráveis à realidade do aquecimento global e que defendiam que este era um fenômeno causado pelos seres humanos. Conforme a bibliografia especializada, poucos eram os céticos em relação ao enunciado e a forma como estes publicavam e distorciam as informações científicas prejudicava e incomodava os demais pesquisadores. Essa força maior que dava suporte aos defensores do enunciado permitia às revistas a adoção de um lado, pois as críticas seriam mínimas. Além disso, politicamente e socialmente, o apelo por decisões relacionadas ao combate aos gases do efeito estufa, aos poucos, retornava à posição de destaque midiático. Como dissemos anteriormente, o relatório do IPCC de 1995 ocupou capas e foi tema de muitas matérias de revistas e jornais de vários países, especialmente nos EUA.

Para Spencer Weart, o consenso formulado pelo segundo relatório do IPCC, e que foi sendo aceito pelas revistas científicas, também sofreu influência do público, pois muitas revistas e jornais voltaram a publicar matérias que traziam a questão e que mostravam a seus leitores que o clima estava em mudança por conta das emissões antropogênicas de gases do efeito estufa (WEART, 2003). E estas mídias, de fato, se aproveitaram do crescente interesse público para divulgar as controvérsias que os céticos ainda tentavam manter, tal como o debate entre Santer e seus críticos, que analisamos acima (ORESQUES e CONWAY, 2010).

Consideramos, dessa maneira, que se juntou aqui, novamente, o tripé que deu, nos anos 1970, o suporte à entrada dos problemas ambientais como um assunto governamental. A demanda social e a força científica, para nós, teriam mostrado para os editores das revistas *Science* e *Nature* que o tema era de suma importância e que os impasses nas pesquisas causados pelas incertezas e tentativas de descrédito causadas pelos críticos deveriam ser superadas e assim dar um novo rumo aos trabalhos.

Dessa forma, houve a tentativa de conseguir apoio para a tese do aquecimento global e implantar medidas de controle dos gases estufa. Teve uma nova rodada de negociações em dezembro de 1997, quando ocorreu a terceira *Conferência das Partes* (COP3) na cidade de Kyoto no Japão. Esta cúpula que agrupou líderes de várias nações do planeta ficou conhecida pelo Protocolo de Kyoto. Um acordo que procurava diminuir as emissões de gases do efeito estufa e tinha como base de discussão o relatório do IPCC de 1995. De forma geral, foi um tratado muito semelhante ao Protocolo de Montreal (1987), que primou pela defesa do corte nas emissões de CFC ao final da

década de 1980, com a intenção de fechar o buraco na camada de ozônio (WEART, 2003; KANDEL, 2007; EDWARDS, 2010; ORESKES e CONWAY, 2010).

A reunião de Kioto trouxe diversos representantes de vários países, sendo uma rodada de negociações sobre o futuro climático do planeta e, de forma objetiva, uma tentativa de chegar a um acordo sobre as emissões de CO₂ que o IPCC naquele momento apontou como o principal gás causador do aquecimento global. Este encontro gerou muita expectativa pública e dos meios jornalísticos devido à crescente preocupação social com o aquecimento global e a possibilidade de Kioto representar uma solução política para o futuro climático.

A reunião trouxe mais de seis mil representantes de diversos países filiados à ONU, além de um sem número de membros de grupos ecologistas, do lobby industrial e de jornalistas (WEART, 2003). Para a *Science* e a *Nature*, a expectativa do que aconteceria durante o encontro, e também depois de Kioto, era grande e gerou editoriais e comentários nas páginas desses periódicos nos meses anteriores à reunião.

O ex-editor chefe da *Science*, Philip Abelson, substituído em 1985 por Floyd Bloom, escreveu o texto “*Constraints on Greenhouse Gases Emissions*”, na edição da revista de 31 de outubro de 1997. Abelson analisava o clima político em torno das possíveis propostas que seriam colocadas em jogo durante a reunião. Para ele seria difícil o estabelecimento de um acordo dada a disparidade de interesses nacionais envolvidos. Considerava ainda que havia, inclusive, a possibilidade de que o Congresso estadunidense vetasse qualquer medida assinada pelo país no encontro, devido a possíveis prejuízos à indústria e à economia dos EUA. A tônica da reunião para ele seria de “*Críticas repetidas aos Estados Unidos e promessas de constrangimento eventual pelos países menos desenvolvidos, serão provavelmente os produtos principais do encontro em Kioto*” (ABELSON, 1997, p. 783)³⁴.

O editorial da *Nature*, de junho de 1997, seguia o mesmo tom e enfatizou os possíveis empecilhos políticos ao estabelecimento de um tratado como previsto para Kioto. Na Inglaterra, a situação política, segundo o texto, era diferente da encontrada nos EUA; seria enviada para a reunião uma grande comitiva de representantes britânicos, liderados por Tony Blair – então primeiro ministro do país. A intenção destes seria a de promover um tratado que fosse enérgico na redução das emissões dos gases e mesmo que fizessem os EUA aceitarem tal proposta. O editorial ainda reconhecia a

³⁴ “*Repeated criticisms of the United States and promises of eventual constraint by less developed countries are likely to be the main products of the meeting at Kyoto.*”

difficuldade que seria ter o acordo firmado por todos os países, especialmente aqueles em desenvolvimento, dado que suas necessidades eram diferentes daquelas encontradas nos países desenvolvidos (NATURE, 1997).

Neste mesmo editorial da *Nature* foram feitas considerações a respeito do papel científico no encontro. Para a revista era imprescindível que os cientistas melhorassem seus modelos climáticos e que estes pudessem representar o clima regional. A possibilidade de especificar as mudanças que ocorreriam nesta escala de análise seria, no entender da revista, uma forma de tornar o enunciado científico “vendável” para os políticos, pois atrairia a atenção de eleitores: “*Inevitavelmente, governantes serão mais tentados a tomarem atitudes, se seus eleitores forem convencidos do interesse no assunto [...]*.” (NATURE, 1997, p. 637)³⁵.

O papel científico não era descartado, mas aparentemente toda a controvérsia que envolvia os relatórios do IPCC foi sistematicamente ignorada na pauta das revistas. Elas assumiam, em nossa compreensão, a necessidade do consenso entre cientistas a favor da teoria do aquecimento global e ajudaram forçá-lo antes mesmo da reunião ter início. Ao final de outubro de 1997, a *Science*, em comentário da repórter Jocelyn Kaiser (1997), deu a notícia de que o IPCC havia publicado um trabalho no qual apresentava os impactos regionais do aquecimento global, em consonância, portanto, com aquilo que a *Nature* sugeria como uma importante alavanca política para a reunião de Kioto.

As revistas mostravam que o foco da reunião de Kioto era a redução da emissão de CO₂, sem entrar em questões científicas. As causas principais do aumento de CO₂ na atmosfera eram atribuídas pelos cientistas ao ser humano, sem descarte das causas naturais. Bert Bolin, cientista climático e ex-presidente do IPCC, escreveu para a *Science*, em 1998, sobre este ponto da reunião afirmando que “*As atividades humanas mexem com essas trocas e a convenção concorda que as partes devem relatar os efeitos da interferência antropogênica deste tipo [...]*.” (BOLIN, 1998, p. 331)³⁶. A dificuldade era como calcular a emissão antropogênica e as naturais do CO₂, sendo os métodos

³⁵ “*Inevitably, governments will be more tempted to take action if their voters are convinced of the self-interest in doing so [...]*.”

³⁶ “*Human activities disturb these exchanges, and the convention agreed that parties should report on the effects of anthropogenic interference of this kind [...]*.”

cheios de lacunas e com grandes incertezas sobre sua eficácia: “*É difícil separar as mudanças induzidas antropogenicamente das alterações naturais [...].*” (Idem)³⁷.

De maneira geral, a reunião de Kioto, tal como a *U.N. Framework Convention on Climate Changes*, de 1992, ficou pautada pelo conceito de desenvolvimento sustentável. A associação entre um tratado climático para redução de gases que aumentariam o efeito estufa atmosférico e este conceito promoveu uma complicada negociação política entre as nações participantes da reunião de Kioto (WEART, 2003; KANDEL, 2007; ORESKES e CONWAY, 2010).

Segundo a bibliografia, as negociações se viram travadas pelos interesses nacionais. A proposta estadunidense era de estabilização das emissões em 2010 aos níveis registrados em 1990. Os países ditos em desenvolvimento não queriam reduzir sua produção industrial enquanto não atingissem os mesmos níveis alcançados pelos desenvolvidos. A Austrália, por exemplo, exigia que pudesse elevar seus níveis de emissões em 18%. O grupo das nações desenvolvidas, por sua vez, exigia um corte de todas as nações nas emissões de dióxido de carbono, seguindo a linha de proposta dos EUA (KANDEL, 2007).

Aparentemente, a previsão inicial, assim, era de que nada seria decidido e o encontro estaria legado ao fracasso. Como nenhuma das partes abriu mão de suas exigências, tudo indicava que a rodada somente alcançaria poucas decisões e nenhuma seria profunda o suficiente para alterar o cenário político e econômico do problema climático. Conforme os autores da bibliografia, o rumo da reunião teve uma mudança em seu último dia, quando o então vice-presidente dos EUA, Al Gore, viajou para Kioto e conseguiu convencer os demais dirigentes a formularem e assinarem um acordo nos moldes de Montreal. O Protocolo de Kioto, documento cunhado neste momento, teve, dessa forma, a participação de Al Gore como seu grande articulador (WEART, 2003; KANDEL, 2007, ORESKES e CONWAY, 2010).

Compreendemos que esta era uma das diretrizes políticas do vice-presidente estadunidense. Desde quando concorreu às eleições presidenciais, em 1989, levantava a bandeira do ambientalismo. Mesmo caracterizado como um dos divulgadores da política externa neoliberal do país na década de 1990, manteve seu discurso ambiental, ainda que muito pouco conseguiu fazer em relação a isto, por se encontrar travado pelo Congresso estadunidense, de maioria conservadora.

³⁷ “*It is thus difficult to separate anthropogenically induced changes in sources and sinks from natural changes [...].*”

Vemos, também, outros motivos para esta iniciativa de Al Gore. Primeiro, o segundo mandato de Bill Clinton chegaria ao seu fim em menos de dois anos e a corrida presidencial colocava Al Gore novamente como o candidato do partido Democrata – algo que se concretizou nos anos seguintes. Dessa maneira, aproveitou a crescente consternação social quanto ao aquecimento global e fincou seu nome como um dos, ou então, como o articulador de um pacto global para o controle das mudanças climáticas. Conforme o que vimos na *Nature*, o enunciado poderia ser uma alavanca política com fins eleitorais.

Em segundo lugar, o vice-presidente, como um dos responsáveis pela expansão da ideologia neoliberal do governo Clinton e sendo um daqueles que desejavam concretizar a chamada globalização, em que seu país deveria ter o papel de líder de uma nova realidade econômica e social, tinha interesse em fechar esse acordo e colocar os EUA como o protagonista da redução dos gases do efeito estufa (GOWAN, 2007).

O Protocolo de Kioto trouxe os elementos que faltavam para a composição de um consenso em relação ao aquecimento global: o econômico e o político. Definidos os seres humanos como causadores do aquecimento global, cabia o estabelecimento das metas e dos prazos para a redução das emissões. Como não foi atingido um acordo comum para estes objetivos, foi então definida uma variedade de prazos e níveis de redução para cada um dos países a partir de sua situação econômica e social. Os EUA, por exemplo, aceitaram uma redução de 7% em suas emissões de CO₂ para o ano de 2010 e a União Europeia, o total de 8%, mas isto variava, pois dependia da situação de alguns países deste bloco econômico. Outras nações não firmaram nenhum compromisso (KANDEL, 2007).

Outro resultado do Protocolo foi a criação do chamado *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo* (MDL) e dos créditos de carbono. Esta foi uma proposta estadunidense com a intenção de que fosse criado um mercado onde os países negociassem, entre si, a venda de excedentes das emissões dos gases do efeito estufa, ou seja, se determinada nação não atingisse sua cota de emissões, poderia vendê-la para outro país que não ficasse dentro dos limites. Um mecanismo que tinha sido firmado, também, no Protocolo de Montreal para os gases danosos à camada de ozônio. Uma tentativa de controle das emissões e não sua redução efetiva, pois apenas manteria os níveis de concentração dos gases, mas não a diminuição desta quantidade (UNFCCC, 1998).

Wagner Ribeiro, ao analisar o Protocolo de Kioto, afirma que os EUA, propositores desse mecanismo, foram derrotados, pois os demais países não o aceitaram. Apesar disso, Ribeiro diz que o mecanismo não foi totalmente descartado e ficou para ser implementado nas rodadas seguintes de negociação da *Conferência das Partes* (COP) (RIBEIRO, 2010).

No protocolo, em seu artigo 12, consta a implementação do MDL. Sua justificativa era poder proporcionar uma distribuição financeira de forma que tanto os países desenvolvidos, em nosso entender os principais interessados no mecanismo, quanto os outros países colocariam em prática os termos contidos no documento

A proposta do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir as Partes não incluídas no anexo I em atingirem o desenvolvimento sustentável e em contribuir para o objetivo último da Convenção e em ajudar as Partes incluídas no anexo I a alcançar seus compromissos de limitar as emissões e reduzir os compromissos [...] (UNFCCC, 1998, p. 11)³⁸.

Consideramos que os EUA não saíram derrotados de Kioto, como entendeu Wagner Ribeiro, já que o MDL foi incluído no documento³⁹. O Protocolo, dessa maneira, constituiu uma rede de negócios, cujo valor estimado era de 10 bilhões de dólares em 2007 e, segundo Bert Bolin, “A conferência de Kioto é um primeiro passo em direção à introdução de instrumentos econômicos para atingir objetivos específicos [...]” (BOLIN, 1988, p. 331)⁴⁰. O protocolo, dentro de nossa compreensão, acabou por servir para estimular o mercado de poluentes entre países e entre empresários⁴¹.

As revistas, por sua vez, divulgaram os andamentos dos trabalhos em Kioto. Na *Science*, um editorial publicado durante o encontro foi assinado por Robert M. May,

³⁸ “The purpose of the clean development mechanism shall be to assist Parties not included in Annex I in achieving sustainable development and in contributing to the ultimate objective of the Convention, and to assist Parties included in Annex I in achieving compliance with their quantified emission limitation and reduction commitments [...]”.

³⁹ Analisamos aqui a versão original do tratado disponível no endereço virtual da U. N Framework Convention On Climate Change (UNFCCC) – <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> acessado em 12/12/2013 às 15:35hs.

⁴⁰ “The Kyoto conference is a first step toward the introduction of economical instruments to achieve specific targets [...]”.

⁴¹ Não somente os países envolvidos no Protocolo poderiam formalizar projetos para adquirir os créditos de carbono, mas indústrias que promovessem ações de mitigação do carbono produzido em suas fábricas poderiam adquirir uma compensação financeira através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Conforme consta em seu artigo 12: “Participation under the clean development mechanism, including in activities mentioned in paragraph 3 (a) above and in the acquisition of certified emission reductions, may involve private and/or public entities, and is to be subject to whatever guidance may be provided by the executive board of the clean development mechanism” (UNFCCC, 1998, p. 12).

com o título “*Kyoto and Beyond*”. O autor considerou as implicações econômicas das propostas apresentadas pelos países participantes e fez suposições sobre o que deveria acontecer depois de findada a reunião; sua opinião era de que:

As ações necessárias para enfrentar a mudança climática serão impossíveis de realizar a não ser que o público esteja convencido dessa necessidade. Isso é difícil, porque, embora as consequências verdadeiramente graves serão em décadas futuras, a magnitude dos problemas de amanhã depende crucialmente das ações de hoje. As nossas instituições não estão bem adaptadas a certos problemas, tais como as alterações climáticas, em que nosso destino reside (MAY, 1997, p. 1691)⁴².

O acordo, para Robert May, seria fruto de um debate econômico entre as nações, - algo que vimos se concretizar -, e a dificuldade maior viria do fato de que as populações deveriam se adaptar aos acordos que estavam em discussão. Para ele, a demora política em agir contra o aquecimento do planeta teria comprometido a capacidade da sociedade e das instituições estatais em atender a futura demanda (MAY, 1997).

Já a *Nature* questionava a validade do documento final, devido à dúvida sobre a assinatura ou não dos EUA. Como existia um indicativo de que o Congresso do país não iria aceitar os termos do Protocolo, a revista colocava isto como um divisor entre a eficiência ou o esquecimento do tratado. O ponto chave era se os cientistas teriam capacidade de convencer os congressistas de que o acordo estava correto em suas proposições. Para o editorial da *Nature*, “*O ônus recairá sobre os cientistas em convencer tanto o Senado quanto o público que o conhecimento científico das mudanças climáticas é forte o suficiente para a agitação econômica requerida para implementar os objetivos de Kioto [...]*.” (NATURE, 1997b, p. 647)⁴³. E para que houvesse esse convencimento era necessário aos cientistas, conforme analisou o jornalista da revista, Ehsan Masood, melhorar os sistemas de monitoramento climático e a compreensão dos impactos regionais:

⁴² “*The actions needed to address climate change will be impossible to accomplish unless the public is persuaded of the need for them. This is hard, because although the truly serious consequences lie decades in the future, the magnitude of tomorrow's problems depends crucially on today's actions. Our institutions are not well adapted to handling issues such as climate change, on which our long-term fate hinges.*”

⁴³ “[...] *the onus will fall on scientists to convince both Senate and the wider public that scientific knowledge of climate change is sufficiently robust for the economic upheaval required to implement the targets agreed at Kyoto [...]*.”

Primeiro, os cientistas precisam definir detalhadamente como os gases do efeito estufa podem ser medidos e verificados – incluindo a emissão e absorção do carbono pelas mudanças no uso do solo e manejo das florestas. Segundo, os cientistas têm sido questionados para apresentar um mecanismo para a ‘troca’ das emissões antes da próxima conferência climática em Buenos Aires, daqui a um ano (MASOOD, 1997, p. 649)⁴⁴.

O Protocolo de Kioto, a partir de nosso entendimento, era como um acordo econômico, mas que necessitava das ciências para prosseguir no convencimento das sociedades e dos políticos da validade de seus termos. A continuidade das pesquisas sobre o aquecimento global era a peça chave para seu sucesso. Um passo que podia modificar o panorama dos trabalhos científicos, pois movimentava os pesquisadores em torno de novas questões, vinculadas diretamente aos processos internos do enunciado.

A partir destes editoriais e matérias, notamos que as revistas não mais trataram o aquecimento global como uma questão duvidosa no meio científico. A partir deste momento de definição do protocolo, as incertezas que fizeram parte do enunciado nos anos anteriores e que foram retratadas pelas publicações, sumiram. E as revistas indicavam novas pautas aos cientistas, ao detalharem quais deveriam ser os problemas a serem discutidos por eles.

Foi imposto um consenso sobre o aquecimento global? Compreendemos que sim, tanto pelas páginas das revistas quanto pelo IPCC.

O Protocolo pode ser aqui considerado um negócio climático que o meio científico e as revistas *Science* e *Nature* souberam aproveitar. Pois a imposição de um consenso proporcionou um espraçamento nas pesquisas e objetos sobre o tema, dando um tom de complexidade ao aquecimento global, ao mesmo tempo em que levou à criação de um mercado do carbono, que beneficiaria os países desenvolvidos ao poderem comprar cotas de emissões das nações que não atingiriam seus limites.

De forma geral, a partir do consenso de Kioto, quase tudo relacionado ao clima virou causa ou consequência do aquecimento global. Enchentes, tempestades, secas, nevascas, ventanias, furacões, marés, correntes marítimas, manchas solares, nuvens, geleiras, vulcões, florestas, corais, fauna, flora, são exemplos daquilo que entrou na lista dos debates em algum momento depois de 1997. Cientistas, políticos, membros de órgãos governamentais, membros de órgãos não governamentais, jornalistas etc. foram

⁴⁴ “First, scientists need to lay out in detail how greenhouse gas emissions are to be measured and verified — including the release and absorption of carbon from changes in land use and forest management. Second, scientists have been asked to come up with a mechanism for ‘trading’ emissions before the next climate conference in Buenos Aires in a year’s time.”

as pessoas que escreveram constantemente para as revistas, com opiniões e temas variados, mas tendo a veracidade do fenômeno climático e suas causas humanas como ponto em comum em seus textos (COLACIOS, 2011).

2 - A consolidação do consenso (1998-1999)

Os EUA assinaram o Protocolo de Kioto, mas o Congresso do país vetou sua adoção por meio de resolução formulada por alguns senadores. O governo Clinton ainda tentou manter alguns acordos presentes no tratado, mas era uma difícil luta no território estadunidense incluir qualquer tipo de controle às emissões dos gases do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO₂). Este cenário de não aceitação do Protocolo também pode ser verificado em outros países considerados grandes poluidores, como Rússia, Austrália e Japão. A União Europeia retificou, como um todo, o documento, e nações do chamado terceiro mundo não aceitaram todos os termos contidos no acordo, mas também houve uma ampla ratificação (KANDEL, 2007; ORESKES e CONWAY, 2010; RIBEIRO, 2010).

No âmbito internacional, o que impedia os EUA de manterem a sua assinatura era a diferenciação entre os países prevista no Protocolo. Como os países foram separados em nações desenvolvidas e subdesenvolvidas, cada um destes grupos teve metas distintas na redução das emissões dos gases do efeito estufa. Os EUA queriam que todos os membros que ratificaram o acordo recebessem objetivos semelhantes, um tom de igualdade que, no fundo, era uma forma de impedir o avanço das negociações (KANDEL, 2007; ORESKES e CONWAY, 2010; RIBEIRO, 2010).

No âmbito interno, o bloqueio à assinatura de Kioto era pautado pelo neoliberalismo que guiava as decisões políticas do país. Por um lado, o Congresso de maioria conservadora não desejava que houvesse o controle da produção industrial do país pela necessária redução dos gases emitidos pelas fábricas e automóveis, algo que alegavam iria reduzir o crescimento econômico estadunidense, que nos últimos anos anteriores tinha quebrado recordes históricos. De outro lado, o governo Clinton, em nosso ponto de vista, se beneficiava politicamente da não ratificação do tratado, pois com o clima de euforia econômica vivenciado pelo aumento considerável do padrão de vida e do consumo, qualquer alteração neste *status quo* adquirido na década de 1990 poderia significar uma perda de eleitores numa próxima eleição.

Eleição esta que seria disputada por Al Gore. Assim, o futuro candidato (novamente) ao cargo de presidente atuou em duas frentes. Uma, quando teria protagonizado a elaboração do Protocolo de Kioto, assunto ambiental de importância entre o eleitorado do país; e outra, por não tentar forçar a adoção do acordo, não provocava a ala conservadora e garantia a manutenção do clima de exuberância financeira nos anos finais do mandato de Clinton. Oreskes e Conway (2010, p. 215) consideram que este impedimento político do tratado representou o fim de qualquer esperança na sua aceitação: “*Cientificamente, o aquecimento global era um fato estabelecido. Politicamente, o aquecimento global estava morto.*”⁴⁵.

Para nós, entretanto, apesar desta dificuldade em tornar o acordo uma realidade no contexto estadunidense, fora de suas fronteiras havia uma grande expectativa de colocá-lo em prática e, mesmo no ano de 1998, alguns países mostravam uma redução das emissões de CO₂. Na União Europeia, pelas informações fornecidas por Wagner Ribeiro, os dois maiores poluidores, Inglaterra e Alemanha, apresentaram uma diminuição de 9% e 35% respectivamente e, num quadro geral dos países da região, foi registrado que um total de 2% de emissões deixaram de ser geradas (RIBEIRO, 2010).

No entanto, percebemos que o Protocolo de Kioto, ainda que firmado por muitos países e colocado em prática, não teve a mesma dinâmica do tratado de Montreal em 1987. Mesmo com o aquecimento global estabelecido como um fato científico, isto não significou que as incertezas referentes ao enunciado foram deixadas de lado; ao contrário, notamos que manter o consenso científico foi uma longa caminhada durante todo o ano de 1998 e boa parte de 1999. Neste biênio, houve o começo de um redirecionamento das questões que envolviam o tema e foi um período marcado, também, por diversas apropriações do enunciado, que levaram ao espriamento das pesquisas e objetos de análise por parte dos cientistas.

Consideramos os anos 1998-1999 como um momento de consolidação do consenso sobre o aquecimento global. As revistas *Science* e *Nature* procuraram, cada uma de sua maneira e em linhas editoriais diferentes, levar adiante essa conformidade com o enunciado e também expor as questões políticas envolvidas no tema. Por sua vez, os cientistas que publicaram textos de pesquisa nas revistas buscaram levar adiante rapidamente novos direcionamentos dos estudos. Assim, os estudos sobre mudanças

⁴⁵ “*Scientifically, global warming was an established fact. Politically, global warming was dead.*”

globais e o ciclo do carbono ganharam outros contornos, além de que o tema do aquecimento global teve um nova dinâmica de trabalhos e de controvérsias.

A *Science*, neste período, ocupou-se principalmente em relatar a situação das temperaturas globais. Mesmo com algumas notícias referentes às tentativas de Al Gore de convencer o Congresso estadunidense a passar algumas medidas mitigadoras dos gases do efeito estufa, a preocupação da revista era mostrar que o planeta vivia um período de altas temperaturas. Richard Kerr, por exemplo, jornalista da revista, publicou em fevereiro de 1998 uma matéria sobre a então recente afirmação de alguns pesquisadores de que o ano de 1997 foi o mais quente registrado no século: *“Climatologistas do governo, na última semana, anunciaram que 1997 foi o ano mais quente do século, considerando isto como outro sinal de que o aquecimento global é real [...].”*⁴⁶ (KERR, 1998, p. 315).

Ainda em fevereiro, Elizabeth Pennisi, também jornalista, escreve a matéria *“New Threat Seen From Carbon Dioxide”*, na qual descreve as consequências do aquecimento global para os recifes de corais e mostra também os novos possíveis danos.

Quinze anos atrás, os recifes do mundo começaram a embranquecer, ajudando a estimular a preocupação com as mudanças climáticas globais, por especialistas em recife atribuírem este branqueamento ao aquecimento dos mares [...] Desde então, os pesquisadores identificaram outros problemas, incluindo doenças e danos causados pelos seres humanos, que representariam uma ameaça mais imediata para a sobrevivência dos recifes. Agora, novas descobertas sugerem que nas próximas décadas, outra ameaça pode vir à tona: o aumento da quantidade de dióxido de carbono no ar (PENNISI, 1998, p. 989)⁴⁷.

No entendimento de Pennisi (1998), o aumento da quantidade de CO₂ no ar revelaria outro problema para os recifes de corais. O excesso desse gás, quando absorvido pelos oceanos, poderia enfraquecer a capacidade desses organismos em manterem suas taxas de crescimento. Além do embraquecimento, poderia haver a diminuição de sua capacidade de sobrevivência. Em sua matéria, Pennisi manteve a referência à veracidade do aquecimento global e à necessidade de ação rápida para conter os problemas que causaria no futuro.

⁴⁶ “Last week, government climatologists hailed 1997 as the warmest year of the century, citing it as another sign that greenhouse warming is real [...].”

⁴⁷ “Fifteen years ago, the world's reefs began turning white, helping to galvanize concern about global climate change as reef specialists attributed this bleaching to warming seas [...] Since then, researchers have identified other problems, including disease and damage inflicted by humans, that seemed to pose a more immediate threat to reef survival. Now, new findings suggest that in decades to come, yet another threat may come to the fore: the increasing amount of carbon dioxide in the air.”

Exemplos desse tipo de matéria, que traziam temas científicos e faziam a ligação política com o aquecimento global, foram comuns na *Science* nos anos de 1998 e 1999. Em junho de 1998, Gretchen Vogel e Andrew Lawler, também repórteres, divulgaram um novo estudo que mostrava que este ano havia superado 1997 como o mais quente da década. E escreveram que Al Gore teria usado esse fato como uma alavanca política para tentar convencer o Congresso à aprovação de medidas mitigadoras: “*Gore usou os dados da NOAA como munição na batalha da administração em convencer o Congresso a apoiar seus esforços para reduzir os gases do efeito estufa [...]*.” (VOGEL e LAWLER, 1998, p. 1684)⁴⁸.

Em 1999 manteve-se esse tipo de matérias relacionadas às ciências do aquecimento global e suas implicações para o planeta. Dessa forma, aparentemente, a linha editorial da *Science* indicava que o tema deveria focalizar sobretudo as questões científicas. Esta era uma forma que a revista *Science* encontrou, inicialmente, de trazer a política para a discussão e mostrar que estavam de acordo com o consenso forçado sobre o aquecimento global.

Richard Kerr e os demais jornalistas continuaram com seus textos sobre os esforços científicos para um entendimento melhor das causas e consequências do fenômeno climático. Sem grandes novidades, neste sentido, apenas relatavam os recentes enunciados. Para nós isto indica que a revista, aparentemente, mesmo tendo aceitado o consenso, como vimos pelas notícias acima, manteve uma posição de cautela quanto à crítica política. Não sabemos precisar se isso se deveu à posição editorial ou foi um direcionamento dado pela *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), órgão dirigente da revista.

O caminho encontrado pela *Science* neste momento foi de apostar na pesquisa científica como forma de fortalecer uma posição política favorável ao aquecimento global. Se, até então, os estudos científicos não haviam convencido os membros do Congresso estadunidense, a solução seria dar suporte ao consenso e relatar os enunciados científicos, vindos de várias frentes e com diversos tipos de objetos de estudo. A isto também devemos acrescentar uma dose de alarmismo que compunha as matérias e comentários.

Richard Kerr trouxe, em várias ocasiões no ano de 1999, os efeitos que o aquecimento global teria para o planeta. Em dezembro, escreveu uma reportagem em

⁴⁸ “*Gore used the NOAA data as ammunition in the Administration's uphill battle to convince a reluctant Congress to back its efforts to reduce greenhouse gases [...]*.”

que questionava a possibilidade de o gelo do Ártico ser completamente derretido por ocasião da elevação de temperaturas. Apesar do alarmismo, o autor escreveu que:

O declínio do gelo ártico parecia bastante real, embora ainda não alarmante. Através da combinação de observações de satélite e dos registros históricos da extensão do gelo, vários grupos descobriram que a área coberta pelo gelo no verão diminuiu em cerca de 3% por década durante as últimas décadas. A essa taxa [...] levaria mais 350 anos para que o Oceano Ártico ficasse livre do gelo durante o verão. Este encolhimento chamou a atenção de todos [...] (KERR, 1999, p. 1828)⁴⁹.

Apesar dos trezentos e cinquenta anos que separariam do possível derretimento do gelo ártico no verão, o título da matéria era a seguinte pergunta: “*Will the Arctic Ocean Lose All Its Ice?*”, o que poderia levar um leitor desavisado a entender o derretimento no polo norte como algo em vias de ocorrer. A ideia de catástrofe, assim entendemos, entrava naquele momento na pauta jornalística, na tentativa de trazer uma referência política ao tema e, possivelmente, aumentar a pressão para que o Congresso aceitasse a adoção de medidas de controle dos gases do efeito estufa.

Os comentários de especialistas publicados pela *Science* seguiram um posicionamento mais direto ao trazerem o argumento político. Com a ressaca de Kioto ainda presente no meio científico, em 1988 a revista publicou em sua sessão “*Policy Forum*” e nas correspondências, textos que avaliavam a capacidade de os EUA promoverem a redução das emissões de CO₂, tal como constava do Protocolo, em torno de 7% para o país até 2010.

A opinião geral era de que o país teria um enorme custo para promover essa mitigação do carbono, tanto pelas novas tecnologias quanto pela modificação do panorama de consumo de produtos e de uso da energia pela população, ambos geradores do gás em grande escala. “*Por conta da maioria das emissões antropogênicas de gases do efeito estufa (particularmente o CO₂) ser oriunda da produção e do uso da energia, este acordo tem a possibilidade de afetar toda a produção [...].*” escreveram os autores Joseph Romm, Mark Levine, Marilyn Brown e Eric Peterson, todos funcionários

⁴⁹ “*The decline of arctic ice had seemed real enough, though not yet alarming. By combining satellite observations and historical records of ice extent, various groups had found that the area covered by the ice in the summer has been decreasing by about 3% per decade during recent decades. At that rate [...] it would take another 350 years for the Arctic Ocean to be ice-free in summer. The shrinking caught everyone's [...].*”

governamentais dos EUA, de agências de energia, meio ambiente ou de laboratórios (ROMM et al., 1998, p. 669)⁵⁰.

Esses autores estadunidenses sabiam que deveria haver uma modificação profunda do sistema produtivo nacional, que só seria possível com investimento em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para a melhoria da eficiência energética em todo o país. Opinião compartilhada por E. A. Parsons, do *Belfer Center for Science and International Affairs*, e D. W. Keith, químico da *Harvard University*, que, em seu comentário para a *Science*, discutiam os possíveis caminhos para o sequestro do carbono atmosférico e a mitigação do gás no meio social. Conforme o texto, entendiam que uma soma de vários tipos de ações deveriam ser colocadas em prática para que fosse possível atingir as metas de Kioto, mas que a “*Adoção do sequestro do carbono através de aplicações sinérgicas [...]*” deveria vir associada com a cobrança de taxas pelo governo “[...] *irá necessitar de incentivos governamentais modestos para compensar os custos com a energia fóssil [...]*” (PARSONS e KEITH, 1998, p. 1054)⁵¹. Impostos que serviriam como estímulo para que a população e as indústrias se organizassem para adotar as medidas mitigadoras. Como exemplo, utilizaram o caso da Noruega, pois “*A resposta da indústria para as taxas de carbono da Noruega demonstram o poder das políticas que aplicam grandes incentivos para as emissões marginais.*” (Idem)⁵².

No entanto, todos esses autores entendiam que qualquer política deste tipo traria benefícios mas, também, problemas.

Parte da polêmica girava em torno do uso de modelos climáticos que eram considerados pouco eficientes para representar a realidade das mudanças que iriam ocorrer na atmosfera e nos ecossistemas. Em uma correspondência de 1999, o climatologista S. I. Rasool, ex-cientista chefe para mudanças globais da NASA, escreveu que com o consenso estabelecido houve uma espécie de corrida entre os cientistas para a publicação de resultados sobre o tema, de forma que muitas correções e retrações seriam feitas por conta disto (RASOOL, 1999).

Por conta dessa rapidez artificialmente construída, isto no entendimento de Rasool, os políticos e os demais membros governamentais poderiam ter uma base

⁵⁰ “*Because most anthropogenic greenhouse gas emissions (particularly CO₂) come from energy production and use, this agreement has the potential to affect the entire fabric of society [...]*.”

⁵¹ “*Adoption of CM beyond synergistic applications [...]*.” e “[...] *will require modest policy-generated incentives to offset its cost penalty over current fossil energy [...]*.”

⁵² “*Industry's response to Norway's carbon tax vividly demonstrates the power of policies that apply substantial incentives to marginal emissions.*”

errônea de informações e assim propor políticas públicas que não condiziriam com a realidade: “*O preço por uma decisão errada, baseada em análises espúrias, pode não ser insignificante.*” (RASOOL, 1999, p. 941)⁵³.

Os custos indiretos, principalmente, poderiam elevar a lista de problemas referentes à mitigação do carbono no território estadunidense. Para Romm e seus colegas:

Além dos custos diretos, há os custos indiretos e benefícios importantes que nem o novo relatório, nem a maioria dos outros estudos, estimou. Nos cenários de baixo carbono há vencedores e perdedores. Do lado positivo, a qualidade do ar melhorará substancialmente. Por outro lado, a redução da demanda por carvão afetará as indústrias do carvão e da estrada de ferro. Programas para reduzir ou mitigar esses impactos serão necessários (ROMM, 1998, p. 670)⁵⁴.

Dessa forma, além dos custos diretos envolvidos na mitigação, os autores afirmaram que deveriam ser contabilizados os indiretos, aqueles que normalmente ficariam de fora da planilha econômica do aquecimento global, e que projetos prevendo esses gastos e problemas teriam que ser levados em conta. Os custos, dessa forma, seriam altos, com benefícios e dificuldades na implantação dos projetos de mitigação dos gases do efeito estufa e, em destaque, do dióxido de carbono.

A *Science*, mesmo não sendo a responsável por esses comentários, que refletiam a opinião de fora da revista, nos mostra sua opção por uma linha editorial, neste biênio 1998-1999, em que procurou firmar o consenso sobre o aquecimento global e também dar suporte às tentativas da administração Clinton em colocar em prática o Protocolo de Kioto. Este estímulo vinha tanto da promoção das pesquisas científicas então recentes, quanto das análises que publicavam em relação ao lado econômico envolvido no assunto.

Uma situação diversa encontramos na publicação inglesa *Nature*. Sua linha editorial, apesar de também procurar dar suporte à ação política e ao consenso do aquecimento global – neste ponto as duas revistas foram semelhantes – teve uma atuação direta ao colocar o argumento político no centro de seus textos. Dessa maneira,

⁵³ “*The price for a wrong decision based on spurious analyses may not be insignificant.*”

⁵⁴ “*In addition to the direct costs, there are important indirect costs and benefits that neither the new assessment nor most other studies have evaluated. The low-carbon scenarios have winners and losers. On the positive side, air quality will improve substantially. On the other hand, the reduction in demand for coal will adversely affect the coal and railroad industries. Programs to reduce or mitigate these impacts will be necessary.*”

editoriais, notícias e os comentários publicados no periódico foram quase sempre voltados ao questionamento das decisões governamentais, sendo a administração estadunidense o foco maior das análises que aparecem em suas páginas. Maior até que os acontecimentos da Inglaterra.

Os editoriais foram incisivos em relação à situação política, ao contrário do que encontramos na *Science*, para o período. A revista criticou duramente a possibilidade de que a substituição da matriz tecnológica poluente por uma que auxiliasse na mitigação dos gases do efeito estufa fosse feita através do financiamento público. A publicação escreveu, no editorial de novembro de 1998, “*Research Is No Substitute for Political Action on Climate*”, que uma taxa aos consumidores e aos industriais seria a melhor medida para conter a geração de carbono dos EUA e questionava a atuação de Clinton neste sentido.

De fato, o suporte tecnológico, embora importante, é só uma das coisas que os Estados Unidos deveriam fazer para cortar suas emissões. Encorajar a eficiência energética não é uma ciência complicada. Isto meramente necessita um pouco de coragem política, o que não tem sido observado até agora no Presidente Clinton (NATURE, 1998, p. 1)⁵⁵.

A *Nature* via em Clinton um político reticente, que se preocupava com sua imagem política e por isso era cauteloso demais em suas ações referentes ao aquecimento global. Enquanto a *Science* discutia planilhas de custo das taxas e mudanças tecnológicas, a publicação inglesa era favorável aos impostos rígidos nos EUA. E também defendia que uma movimentação política rápida era uma necessidade maior mesmo que novas pesquisas “*Por agora, quando governantes falam sobre programas de pesquisa para contra-atacar as mudanças climáticas, existe o perigo de varrerem para debaixo do tapete as próprias falhas em formular incentivos para isto.*” (NATURE, 1998, p. 1)⁵⁶. Assim, os governos seriam eficientes em suas medidas, se forçassem economicamente os poluidores a mudarem a forma como produziam ou, no caso da sociedade, a geração individual de dióxido de carbono.

No mês de agosto de 1999, novamente a *Nature* volta à carga com sua crítica à demora política em criar e colocar em prática as políticas públicas necessárias para

⁵⁵ “In fact, technology support, while important, is only one of the things that the United States should be doing to curtail its emissions. Encouraging energy efficiency is not rocket science. It merely requires a little political courage, which has not been forthcoming thus far from President Clinton.”

⁵⁶ “For now, when governments talk of research programmes to counteract climate change, there is a danger that they are placing a fig-leaf over their own failure to put such incentives in place.”

atender ao acordo de Kioto. O editorial procurou mostrar que os países em desenvolvimento e os desenvolvidos tinham feito muito pouco nesse sentido e os EUA continuavam travados pela difícil aprovação do tratado pelo seu Congresso (NATURE, 1999).

O setor de jornalismo da revista também enfatizou os aspectos políticos com dois tipos de análise. Primeiro, relacionada às tentativas dos céticos em desqualificar o Protocolo de Kioto e, em segundo, quanto às iniciativas do governo dos EUA em fazer passar pelo Congresso leis e medidas que pudessem auxiliar na pesquisa sobre o aquecimento global.

Quanto aos céticos, poucos meses depois de firmado o Protocolo de Kioto, um grupo de cientistas liderados pelo *George Marshall Institute* divulgou que tinha feito uma petição assinada por mais de quinze mil cientistas de todo o mundo. Este documento era, de acordo com o jornalista da *Nature*, Colin Macilwain, uma forma de manifesto contra o tratado formulado em Kioto e seria uma maneira de mostrar que não haveria um consenso sobre a tese do aquecimento global.

Por volta de 15.000 cientistas graduados dos EUA, incluindo 6.000 doutores, assinaram uma petição que rejeita o Protocolo de Kioto sobre o aquecimento global e argumenta que o aumento no dióxido de carbono beneficia a Terra, isto de acordo com os organizadores da petição (MACILWAIN, 1998b, p. 639)⁵⁷.

A petição era acompanhada de um artigo, em que o jornalista fez questão de afirmar que não teria passado por nenhum tipo de *peer review*.

Compreendemos que a intenção dos céticos era tornar novamente relevantes as incertezas que nos anos anteriores pautaram os debates sobre o aquecimento global. Para isto incluíram um dos temas que era levado a público por uma coalisão de indústrias chamada de *Global Climate Coalition*, da qual participavam fábricas dos EUA, como montadoras de veículos (*General Motors, Ford, Chrysler*), fábricas de ar-condicionado (*Du Pont*), empresas petroleiras (*British Petroleum, Texaco, Shell e Esso*) e outras que entravam na lista de grandes geradores de gases do efeito estufa. Essa coalisão, nos diz a bibliografia especializada, ativa já antes de Kioto, tinha como principal tema de publicidade a compreensão de que o aumento das temperaturas seria

⁵⁷ “About 15,000 US science graduates, including 6,000 PhDs, have signed a petition that rejects the Kyoto agreement on global warming and argues that increases in carbon dioxide levels benefit Earth, according to the petition’s organizers.”

benéfico, por tornar o planeta mais bem habitável. Seu posicionamento era contra os relatórios apresentados pelo IPCC e, em especial, avesso a qualquer tipo de controle das emissões de suas fábricas. Os céticos provavelmente acamparam essa ideia como forma de aumentar a base de apoio de suas afirmações (WEART, 2003; KANDEL, 2007; MANN, 2012).

O contexto e as linhas editoriais mudaram com o consenso elaborado em Kioto e seus argumentos divulgados pela *Nature*. No texto de Macilwain, aparece a opinião de cientistas que tinham apoiado o consenso e que viam no documento do *George Marshall Institute* uma tentativa menor de atacar a decisão tomada no final de 1997.

Porém, a maioria dos cientistas que receberam a petição – acompanhada por um artigo que não tinha sido revisado ou publicado – e que acreditam que as emissões de dióxido de carbono são um problema grave, ficaram irritados. Eles dizem que o número dos assinaram é relativamente pequeno em comparação aos que receberam a petição (MACILWAIN, 1998b, p. 639)⁵⁸.

O pequeno número de assinantes do documento mostrava que existiam poucos cientistas que aderiam à convocação dos céticos para se posicionarem contra o Protocolo de Kioto e o consenso relativo ao aquecimento global. O que poderia ser considerado uma publicidade negativa para os céticos, ainda mais porque quando foi feita uma leitura atenta dos nomes que firmaram a petição, descobriu-se que muitos nomes haviam sido forjados e mesmo não cientistas teriam assinado a lista, tal como a então cantora Geri Halliwell, do grupo britânico *Spice Girls*.

Além disso, era um posicionamento que ia na contramão das demais associações científicas, que se colocavam a favor do consenso e tomavam medidas, entre seus membros, para o estímulo à pesquisa e para forçar que politicamente algo começasse a ser feito. Tal como a *American Geophysical Union* (AGU) que, em 1999, declarou aceitar o enunciado do aquecimento global. Algumas entidades ligadas aos céticos chegaram a acusar a AGU de ter sucumbido à pressão política exercida pelos grupos favoráveis ao enunciado (REICHHARDT, 1999).

Quanto às questões referentes aos EUA, foi comum no ano de 1998 os jornalistas da revista *Nature* fazerem matérias em relação à situação das discussões

⁵⁸ “But the mass-mailing of the petition to scientists — accompanied by a lengthy review article that had not been peer-reviewed or published — has angered some of those who believe that carbon dioxide emissions are a serious problem. They also argue that the number of signatories is a relatively small proportion of those who were mailed.”

políticas desse país para a adoção do Protocolo de Kioto. A relação entre a administração Clinton e o Congresso era vista como complicada, ainda mais quando as iniciativas do executivo estadunidense ficavam paradas nas mãos do legislativo. As sucessivas tentativas de passar orçamentos federais destinados a pesquisas ou ao incentivo à redução de emissões dos gases do efeito estufa eram rechaçadas pelos congressistas. Para os jornalistas da *Nature*, isto se devia, segundo foi possível constatar pela leitura desses artigos, por dois motivos.

Primeiro, a resistência dos políticos de características conservadoras, normalmente membros do Partido Republicano, em aceitar o aquecimento global como tendo causas humanas. A *Nature* divulgou uma matéria assinada por Colin Macilwain em que mostrava a dificuldade que estava sendo a aprovação de um pacote de estímulo à redução de taxas e impostos para aqueles que diminuíssem a geração de dióxido de carbono, inclusive com a perspectiva de modificação da matriz energética e a paulatina escolha de energias renováveis. O repórter menciona que isto apenas seria aceito pelo Congresso se a ala republicana, majoritária, fosse convencida pela proposta.

Para que a proposta passe pelo Congresso, seu destino dependerá do orçamento como um todo e do sentimento republicano em relação a Kioto. Na última semana, durante uma audição do comitê científico, alguns republicanos expressaram seu apoio para a pesquisa em energia. Roscoe Bartlett (republicano, Maryland) diz que ele não acredita no aquecimento global como obra humana, mas defende as pesquisas em energias alternativas já que elas são necessárias para substituir os combustíveis fósseis (MACILWAIN, 1998a, p. 620)⁵⁹.

A necessidade do governo Clinton, portanto, era convencer os conservadores da importância em controlar as emissões das indústrias e da população, algo que, de certa forma, ia contra a postura política-ideológica do neoliberalismo que guiava as ações do partido Republicano, como discutido aqui anteriormente. Ainda que alguns de seus membros aceitassem a iniciativa de uma mudança de matriz energética, isso não significava que estavam convencidos do papel humano no fenômeno climático.

Esta segunda questão nos revela que a indisposição dos republicanos tinha um objetivo mais direto: diminuir a presença política de Al Gore. Como dissemos, o vice-

⁵⁹ “As the proposal passes through Congress, its fate will depend on the wider budget picture and on Republican sentiment towards Kyoto. At last week’s science committee hearing, some Republicans expressed support for energy research. Roscoe Bartlett (Republican, Maryland) said he did not believe in manmade global warming, but still wanted research on alternatives because they are needed to replace fossil fuels.”

presidente dos EUA era tido, em 1998, como o candidato do partido Democrata ao governo do país. Por esse motivo era certo que qualquer tentativa sua de propor medidas, leis, pacotes orçamentários etc. seria barrada no Congresso.

Em outra matéria assinada por Colin Macilwain, temos Al Gore indo ao Congresso para pedir a aprovação de outro pacote financeiro, agora como incentivo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que auxiliassem na redução das emissões de dióxido de carbono. A fala do vice-presidente foi pautada pelo tom catastrófico, com o objetivo de sensibilizar os congressistas. Para tal ele falou sobre as secas e ondas de calor que haviam assolado o país naqueles últimos tempos e culpou o aquecimento global por isso. Segundo Macilwain, o discurso não teria funcionado e grande parte do orçamento foi cortado. Para o jornalista:

A nível pessoal, é quase certo que Gore será o indicado democrata para as eleições presidenciais de 2000 e seu longo interesse em mudanças climáticas tem levado a uma forte resistência às ações para as mudanças climáticas entre os Republicanos, que controlam ambas as casas do Congresso. ‘A realidade’, diz um assessor dos democratas, ‘é que qualquer coisa com o nome de Gore está morta por aqui’ (MACILWAIN, 1998c, p. 305)⁶⁰.

O clima político estadunidense não era de forma alguma favorável, tal como compreendemos pela análise das revistas, para o aquecimento global e nem para Al Gore. Os interesses partidários, assim como a ideologia dominante no cenário do país, não permitiram que fossem realizadas ações significativas neste sentido. A *Nature* pouco tratou dessa questão na Inglaterra, o que nos revela que as decisões tomadas no âmbito dos EUA era uma preocupação maior para os editores da revista.

Nos textos de autores externos publicados pelo periódico temos as mesmas opiniões que observamos na *Science*. Uma maioria da correspondência analisava as decisões dos governos e fazia sugestões de medidas para atender as exigências propostas em Kioto. Os autores especialistas de várias áreas viam a importância da discussão do tema e a necessária ação rápida dos governantes, nenhuma novidade em relação ao que foi dito por nós até aqui. Também, não encontramos opiniões contrárias ao consenso do aquecimento global neste tipo de texto publicado pela *Nature*.

⁶⁰ “On a more personal level, Gore is almost certain to be the Democrat nominee in the presidential election of 2000, and his longstanding interest in the climate change issue has encouraged strong resistance to action on climate change among the Republicans who control both houses of Congress. ‘The reality,’ says one frustrated Democrat staffer on Capitol Hill, ‘is that anything with Gore’s name on it is dead on arrival up here.’”

Ambas as revistas também se mostraram semelhantes nas pesquisas que publicaram em suas páginas. Neste biênio 1998-1999, o principal tipo de estudos que apareceram nas duas edições foram aqueles que faziam a análise das mudanças climáticas ocorridas no passado remoto do planeta. Além da entrada de trabalhos sobre as mudanças globais e o ciclo do carbono e a divulgação e debates em torno da pesquisa do climatologista Michael Mann e sua equipe.

Quanto aos estudos sobre as mudanças climáticas do passado, temos de maneira geral a repetição dos temas vistos durante da década de 1970. O diferencial eram os aperfeiçoamentos dos modelos e das tecnologias de captura das informações climáticas em geleiras, troncos de árvores etc. Surgiram também alguns trabalhos sobre a teoria climática de Milankovitch, vista a partir das novas ferramentas científicas. Entretanto, neste momento os cientistas faziam a relação entre essas mudanças climáticas e o aquecimento global no contemporâneo.

Os textos deste último tipo traziam como argumento a possibilidade de servirem de base de dados para os trabalhos sobre o fenômeno climático na atualidade. Os cientistas procuravam fazer a ligação entre o passado, o presente e o futuro, este último ao indicarem as possíveis consequências globais das elevações de temperatura. Percebemos que houve uma mudança na argumentação que, antes de Kioto, valorizava o próprio estudo científico e, deste momento em diante tinha sua justificativa relacionada ao aquecimento global.

Essa reconstrução do passado climático fornecia, portanto, as informações necessárias para a constituição de modelos climáticos para o presente. Conforme a análise feita por D. Rind (1999), climatologista da NASA, para a *Science*, devido à complexidade do sistema climático, os modelos elaborados para representar o clima e suas variações no futuro lidavam com incertezas que apenas com o trabalho científico seria possível amenizar.

Gabriele Hegerl, climatologista que em 1998 atuava pela *University of Washington*, escreveu para a *Nature* o texto “*The Past as a Guide to the Future*”, em que comentou a importância dos estudos climáticos do passado para elucidar a situação atual e futura do clima: “*Tais reconstruções são potencialmente úteis para a interpretação dos perigos do aquecimento no século vinte[...].*” (HEGERL, 1998, p. 758)⁶¹. Devido às diversas incertezas relativas ao sistema climático, um mecanismo

⁶¹ “*Such reconstructions are potentially useful for interpreting the warming trend in the twentieth century [...].*”

marcado pela variação e não pela constância, as pistas que os pesquisadores conseguiam obter no passado seriam, no entender da cientista, informações valiosas para desvendar e resolver as dúvidas do presente.

Dessa forma, os interesses e recortes dos pesquisadores do clima passado eram variados, mas, de forma geral, podemos considerar que estavam preocupados em traçar os momentos e os mecanismos prováveis que teriam desencadeado mudanças climáticas no passado, especialmente as derivadas do aumento do CO₂ e demais gases do efeito estufa. Bernhard Stauffer, cientista da *University of Bern*, entende que o foco poderia ser a interação entre essas substâncias e o clima, pois entre um e outro período de alteração do clima foi constatada a elevação dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera; dessa maneira, conforme escreveu para a *Nature*, em 1999:

As análises do gelo polar adicionaram muito para nosso conhecimento dos mecanismos que dirigem as mudanças climáticas. Pelo menos, os resultados desse tipo de análise servem como teste para os cientistas que criam os modelos climáticos e que têm a intenção de fazer previsões da resposta ao aumento das concentrações de gases do efeito estufa (STAUFFER, 1999, p. 413)⁶².

A interação entre o sistema climático e os gases do efeito estufa foi tida como uma variável importante para a compreensão do funcionamento do aquecimento global no contemporâneo. Com os modelos direcionados para esta interpretação, a teoria também deveria ser revisada a partir desse novo olhar. A hipótese de Milankovitch que, no final da década de 1970, obteve o consenso científico como sendo a explicação que melhor enquadrava as mudanças climáticas do passado, teve neste biênio 1998/1999 alguns pesquisadores que voltaram a considerá-la dentro da perspectiva do aquecimento global.

O geólogo da *University of North Carolina*, J. A. Rial, publicou um relatório de pesquisa pela *Science* em que fez considerações a respeito de um dos ciclos de Milankovitch, a excentricidade orbital. Para o cientista, os recentes estudos científicos aumentavam o suporte à teoria como formuladora de uma explicação para as mudanças climáticas mas, acima de tudo, “*Entender o clima do passado geológico recente tem sua importância, porque descobrir como o ambiente terrestre transformou a entrada do calor solar em variações climáticas pode ajudar a prever as mudanças climáticas*

⁶² “Analyses of polar ice cores have added immensely to our knowledge of the mechanisms that govern global climate change. Not least, the results of these analyses provide tests for climate models intended to predict possible future responses to increasing concentrations of greenhouse gases.”

futuras [...]” (RIAL, 1999, p. 564)⁶³. A alteração climática a que se refere Rial não está relacionada especificamente ao aquecimento global, mas incluiria um fator a mais nos cálculos científicos sobre este fenômeno, ao introduzir o fator orbital e sua influência no clima planetário.

Direta ou indiretamente, os textos traziam, em seu teor, o tema que dirigia grande parte dos esforços científicos nestes anos. O estudo realizado pela equipe do cientista da *Oxford University*, Santo Bains, publicado também pela *Science*, procurava entender o aquecimento ocorrido cinquenta e cinco milhões de anos atrás, mas não deixava de fazer uma comparação com os acontecimentos do presente. Os níveis de CO₂, calculados pelos autores naquele passado remoto, seria semelhante com os registrados nos últimos anos: “*A magnitude e duração do fluxo de carbono e a mudança climática através do LTPM são os únicos exemplos conhecidos no Cenozoico que podem aproximar-se das emissões industriais antropogênicas.*” (BAINS et al., 1999, p. 724)⁶⁴. Essa comparação permitiu aos cientistas relacionarem também as consequências deste episódio de aquecimento com aquilo que demais pesquisadores acreditavam que ocorreria futuramente devido à elevação das temperaturas.

Os pesquisadores do aquecimento global contemporâneo tinham, dessa maneira, a possibilidade de trabalhar com uma base de informações sólida, construída desde a década de 1970, pelo menos, e que, após Kioto, passou a ser relacionada aos estudos do fenômeno climático atual.

Uma pesquisa que se enquadra nestas características foi a do climatologista Michael Mann (*University of Massachusetts*) e demais colegas que foi publicada na *Nature* de abril de 1998 com o título “*Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries*”. O texto consiste na análise que fizeram das variações de temperatura ocorridas em um curto espaço de tempo, quinhentos anos, quando consideramos os demais trabalhos com deste tipo de recorte temporal: “*Conhecer tanto os padrões espaciais quanto temporais das mudanças climáticas de séculos atrás permanece como a chave para entender o possível impacto antropogênico*

⁶³ “*Understanding the climate of the recent geological past is of importance, because finding out how Earth's environment has transformed the heat input from the sun into climate variations can help predict future global climate change [...]*.”

⁶⁴ “*The magnitude and duration of carbon flux and climatic change across the LTPM are the only known examples in the Cenozoic record that may approximate the pace of industrial anthropogenic emissions [...]*.” LTPM é a sigla em inglês utilizada pelos autores para *Late Paleocene Thermal Maximum*.

no clima pós-industrial [...].” (MANN et al., 1998, p. 779)⁶⁵. O objetivo era claro: pensar o aquecimento do presente a partir das variações de temperatura dos últimos séculos.

A pesquisa possibilitou que elaborassem uma série de gráficos que representariam a relação entre temperaturas e gases do efeito estufa. Um destes ficou famoso no cenário científico e social da época e causou uma série de controvérsias. Trata-se do gráfico em que os autores apresentam a variação de temperatura junto com os níveis de CO₂, que foi chamado de “*Hockey Stick*” (taco de hockey) devido a seu formato parecido com este instrumento esportivo (MANN et al., 1998).

A descrição dos acontecimentos envolvidos depois da publicação do gráfico vem do próprio Michael Mann no livro “*The Hockey Stick and the Climate Wars*” de 2012. Na obra, o autor traz um retrato, de tons memorialísticos, do debate em que foi envolvido; nos serve como um testemunho da época que trouxe elementos do funcionamento das ciências e de suas controvérsias que foram significativas para a análise. O gráfico, em sua explicação, que serviria para mostrar que havia uma correlação entre as variações de temperatura e as quantidades de dióxido de carbono atmosférico, era uma forma de apoiar a teoria do aquecimento global, pois, conforme o gráfico, as elevações das temperaturas registradas iam ao encontro do aumento do gás na atmosfera (MANN, 2012).

Ainda conforme Mann, os críticos do aquecimento global afirmaram que o gráfico de Mann e seus colegas era manipulado e não mostrava o período de aquecimento ocorrido durante o período medieval, pois isto poderia ser um fator de enfraquecimento do enunciado, já que a constatação deste momento de altas temperaturas mostraria que a elevação contemporânea não tinha relação com as atividades humanas, sendo resultante de causas naturais, relativas aos ciclos climáticos do planeta (MANN, 2012). Por isso, os céticos divulgaram que os cientistas a favor do aquecimento global estavam tentando induzir os políticos com provas distorcidas e fatos incompletos. Mann, por sua vez, se defendeu ao dizer que seu modelo climático não era confiável para um recuo acima de meio milênio e que se tivessem recuado mais do que isto provavelmente seriam acusados de utilizar dados que eram contestáveis (MANN, 2012).

⁶⁵ “*Knowing both the spatial and temporal patterns of climate change over the past several centuries remains a key to assessing a possible anthropogenic impact on post-industrial Climate [...].*”

De qualquer forma, o estudo dentro dos quinhentos anos seria considerado consistente pelos especialistas. O IPCC, inclusive, atribuiu a Mann a liderança de um dos grupos de trabalho para o relatório a ser divulgado em 2001, o terceiro do órgão internacional. Mesmo com a manutenção do ataque pelos céticos, este gráfico e outros produzidos na mesma época por demais grupos científicos e que tinham a mesma conclusão foram utilizados pelo IPCC e reproduzidos integralmente neste documento (MANN, 2012).

Entendemos que o consenso obteve tonalidades tão fortes no meio científico, e provavelmente social, que mesmo uma controvérsia relacionada a um dos argumentos principais que compuseram o documento do IPCC não foi tomado como significativo, a ponto de ser descartado.

Anos mais tarde, em 2003, Michael Mann e P. D. Jones, climatologista da *East Anglia University*, desenvolveram outro estudo, publicado pela *Geophysical Research Letters*⁶⁶, com um gráfico mais apurado, em que apresentavam um recuo maior no passado climático, que atendia às expectativas dos céticos, mas que mostrava uma situação climática favorável aos cientistas pró aquecimento global (MANN e JONES, 2003).

(Mann e Jones, 2003)

⁶⁶ Mann não explica o motivo da escolha por esta revista, mas revela que ela era considerada de nível inferior que a *Science* ou a *Nature*, onde publicaram o primeiro estudo.

O gráfico acima mostraria a variação das temperaturas médias em um período acima de mil anos para os dois hemisférios do planeta. Podemos notar os diferentes aumentos e diminuições ocorridas para essas duas regiões. O que seria a informação mais marcante do gráfico é a elevação acentuada em ambos no mesmo período, após 1800, o que se encaixava na interpretação feita pelos cientistas favoráveis à responsabilidade humana no enunciado, quando diziam que 1850 foi o ano em que as temperaturas começaram a subir em todo o planeta.

Este aumento do recorte temporal na avaliação do passado climático presente no gráfico de Mann e de Jones era mais uma das provas que os cientistas construíram para fortalecer o consenso de Kioto. Para nós, a valorização dos estudos do passado climático tal como ocorreu no biênio 1998/1999 representou um elemento que fortaleceu o consenso sobre o aquecimento global e deu as bases científicas para os trabalhos posteriores e discussões que vieram junto. Estes anos como um todo simbolizaram, em nossa compreensão, a revalorização de várias áreas que estavam relacionadas ao enunciado, como os estudos sobre o ciclo do carbono e as chamadas mudanças globais, que eram temas de pesquisa havia alguns anos: o primeiro pelo menos desde a década de 1970, e do segundo temos indicativos de que estava presente no rol das áreas de estudo desde o início dos anos 1990. Pesquisas estas referentes ao que podemos considerar as causas e as consequências do aquecimento global.

A análise da geração e absorção do carbono, notadamente o dióxido de carbono, na atmosfera ganhou destaque depois de Kioto. A necessidade de cortar ou reduzir as emissões deste gás e seus produtos pelas indústrias (e seus produtos) levou à maior presença da área nas revistas. Segundo David Schimel, bioquímico do *Max Planck Institute*,

Na sequência da assinatura da Convenção Climática no Rio em 1992, e a subsequente conferência em Kioto no último ano, existe uma necessidade de descobrir mais sobre a relação entre as emissões antropogênicas do principal gás do efeito estufa, CO₂, e as suas concentrações atmosféricas (SCHIMEL, 1998, p. 208)⁶⁷.

Era preciso entrar nas minúcias dos processos internos do aquecimento global. Como o dióxido de carbono era tido como o protagonista da elevação das temperaturas,

⁶⁷ “Following the signing of the Climate Convention in Rio in 1992, and the subsequent conference in Kyoto late last year, there is a pressing need to find out more about the relationship between anthropogenic emissions of the main greenhouse gas, CO₂, and the resulting atmospheric concentrations.”

os cientistas que eram especialistas na análise do carbono na natureza tiveram, a partir dos tratados políticos, um momento de valorização de seus estudos. Na *Science* e *Nature* vários trabalhos foram publicados tendo como objetivo desde a análise da geração antropogênica do CO₂ e as estimativas de seu montante na atmosfera, até aqueles que procuravam entender como e quanto os oceanos e as plantas conseguiam absorver de todo o carbono lançado pelos seres humanos, ou então, pela natureza. Conforme Schimel “*A absorção ou emissão do CO₂ dos oceanos e dos ecossistemas terrestres é central para entender a relação entre geração de CO₂ e seus níveis atmosféricos [...]*.” (SCHIMEL, 1998, p. 208)⁶⁸. Compreendemos que serviam, também, como instrumento político para análise do impacto do CO₂ e para as estratégias de redução do gás na atmosfera.

Dessa forma, cientistas como Gerald Dickens, da *James Cook University* nos EUA, mostravam nas páginas da *Nature*, em 1999, que entre duas e quatro mil gigatoneladas de dióxido de carbono tinham sido injetadas na atmosfera pelos seres humanos no últimos mil anos (DICKENS, 1999). Outros cientistas tentavam entender as formas que os oceanos e a vegetação tinham de absorção desse carbono, além de criar métodos que pudessem detectar o gás em todos os momentos de seu ciclo (PENG et al., 1998; SARMIENTO et al., 1998; TANS e WHITE, 1998).

Os estudos sobre as mudanças globais, por sua vez, mostravam o outro lado do aquecimento global. Traziam os possíveis efeitos aos ecossistemas planetários, e às sociedades, causados pelo aumento da temperatura. Furações intensos, derretimento do gelo polar, embraquecimento dos recifes de corais, alterações na fauna e flora etc. foram temas recorrentes neste biênio 1998/1999 nas revistas. Todos traziam projeções futuras e certa dose de catastrofismo, elementos políticos importantes, como vimos, para a pressão aos governantes e demais tomadores de decisões.

Com o aperfeiçoamento dos modelos climáticos nos últimos anos, segundo o climatologista A. Pittock da *CSIRO Atmospheric Research*, tinha havido um maior detalhamento das consequências atmosféricas, sociais e ambientais das mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global, inclusive sido elaborados modelos específicos para o que era chamado de impacto climático, nos quais era analisada a ação humana junto com a influência natural no clima (PITTOCK, 1999).

⁶⁸ “*Uptake or release of CO₂ from the world’s oceans and terrestrial ecosystems is central to understanding the relationship between emissions of CO₂ and its atmospheric levels [...]*.”

Mike Hulme da *University of East Anglia* e outros cientistas climáticos ingleses provenientes de outras instituições de pesquisa desenvolveram, a partir deste tipo de modelo, um trabalho amplo que analisou a relação entre o impacto humano e natural sobre diversos tipos de ecossistemas. A junção destes dois fatores que de alguma forma modificam o clima era importante para os autores. Normalmente estudos que procuravam entender os efeitos do aquecimento global se restringiam ao papel humano e faziam assim as projeções para o futuro, mas conforme a expectativa de Hulme e colegas: “*Se a simulação incorporar os parâmetros não climáticos (por exemplo, a fertilização), então, estes podem também ser alterados para refletir um futuro tecnológico ou físico diferente [...]*.” (HULME et al., 1999, p. 689)⁶⁹. Para ele, a interação entre os dois deveria ser considerada para que se formulassem estratégias políticas de controle das emissões humanas tendo em perspectiva que naturalmente o clima também se modificaria.

Esta não foi a tônica dos demais estudos sobre mudanças globais. Outros cientistas que se dedicaram a este tema procuraram enfatizar a atuação humana no clima. Ao analisar a alteração no regime e no tipo de furacões devido ao aquecimento global, Thomas Knutson, Robert Tuleya e Yoshio Kurihara, todos cientistas da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dos EUA, tinham como perspectiva a avaliação do aumento dos gases do efeito estufa nos últimos anos anteriores: “*O aquecimento climático gerado pelo efeito estufa pode afetar os furacões de várias maneiras, incluindo a mudança de sua intensidade [...] frequência [...] e os locais de ocorrência [...]*.” (KNUTSON et al., 1998, p. 1018)⁷⁰. E concluíam com a afirmação de que haveria no futuro, devido ao aquecimento global, furacões mais fortes que surgiriam em regiões diferentes das usuais para este tipo de fenômeno natural.

Um argumento parecido foi utilizado para discutir os efeitos sobre as geleiras, particularmente a *West Antarctic Ice Sheet* (WAIS). Michael Oppenheimer do *Environmental Defense Fund* discutiu nas páginas da *Nature*, em 1998, o possível colapso desta porção de gelo do polo sul. A WAIS, que desde os anos 1970 era monitorada pelos cientistas, tinha grandes chances, segundo o autor, de derreter nas décadas seguintes devido ao aquecimento global.

⁶⁹ “*If the simulation model incorporates non-climate parameters (for example, fertilizer application) then these may also be perturbed to reflect a different future physical or technological environment [...]*.”

⁷⁰ “*Greenhouse gas-induced climate warming could affect hurricanes in a number of ways, including changing their intensity [...] frequency [...] and locations of occurrence [...]*.”

O futuro da WAIS será determinado pelas respostas internas da camada de gelo às tendências milenares do clima global e do nível do mar, juntamente com as mudanças na acumulação e descarga de gelo devido ao aquecimento global. A probabilidade de uma exercer uma grande contribuição para a elevação do nível do mar é baixa durante o século XXI, mas aumenta substancialmente depois. Acumulação atmosférica de gases de efeito estufa, ao longo dos próximos 100 anos, poderá irreversivelmente afetar o futuro da WAIS (OPPENHEIMER, 1998, p. 325)⁷¹.

A catástrofe da perda desta geleira não representaria por si só uma elevação considerável dos oceanos. Simbolizava, para o autor, que ações políticas não deveriam ser restritas somente às respectivas nações e deviam prestar atenção no que acontecia nessas regiões remotas do globo (OPPENHEIMER, 1998). Como este era um tema discutido desde 1970 (vide capítulo 2), não havia grandes novidades que Oppenheimer pudesse trazer a respeito; assim, seu longo artigo na revista era uma compilação de estudos anteriores, com a intenção de mostrar a fragilidade da geleira e as consequências disso para todos os países.

Era, mesmo assim, um forte argumento político, que procurava reforçar o consenso de Kioto e transformar o aquecimento global em um tema social, mesmo porque as cidade costeiras seriam as mais afetadas pela elevação do nível do mar ocasionado pelo derretimento das geleiras, ou, então, as novas áreas onde os furacões iriam aparecer gerariam a alteração no cotidiano de muitas pessoas. A catástrofe de muitos ecossistemas e sociedades que viria através do aquecimento global era o argumento principal que guiava a ação científica em torno do fortalecimento político do enunciado.

Quanto às pesquisas científicas diretamente relacionadas ao problema, neste biênio 1998/1999, elas foram direcionadas para o aperfeiçoamento das metodologias, obtidas tanto pelos novos estudos em mudanças climáticas do passado, quanto pelos dados trazidos nos trabalhos sobre as mudanças globais e o ciclo do carbono. Muitas incertezas pairavam sobre o enunciado, a maior delas era quanto ao papel humano no aquecimento.

Pela nossa compreensão, Kioto formulou um consenso científico relacionado à existência do fenômeno climático fora dos padrões compreendidos pelos cientistas

⁷¹ “The future of WAIS will be determined by internal responses of the ice sheet to millennia scale trends in global climate and sea level, coupled with changes in the accumulation and discharge of ice due to global warming. The probability of a major contribution to global sea-level rise is low during the twenty-first century, but increases substantially thereafter. Atmospheric accumulation of greenhouse gases over the next 100 years could irreversibly affect the future of WAIS.”

quanto ao que seria o funcionamento regular do clima. Mas isto não significava o estabelecimento da ação antropogênica como causador. Como escreveu Bert Bolin para a *Science* em janeiro de 1998, e que comentamos acima, o papel da humanidade tinha sido considerado, mas não havia sido possível aos cientistas separarem este dos ciclos naturais (BOLIN, 1998).

O gráfico “*Taco de Hockey*” desenvolvido por Michael Mann e seus colegas e outros estudos parecidos que surgiram no mesmo momento auxiliaram neste sentido, mas não foram suficientes para superar as dúvidas a respeito. A intensidade da mudança do clima nos últimos anos, com ondas de calor, grandes furacões, nevascas e secas fora de época, levavam muitos especialistas a tentar entender onde estava o ser humano nisto tudo e o que era parte dos ciclos naturais. Klaus Hasselmann, meteorologista do *Max Planck Institute*, expressou essas dúvidas em um comentário que a *Nature* publicou em 1999: “*Podem os anunciados aumentos na frequência dos eventos extremos tal como tempestades, enchentes e secas serem associadas à influência humana ou elas são simplesmente causadas pelas variações naturais do clima?*”; no entender do autor, se estes fenômenos eram naturais, então deveria também ser questionado: “[...] *quais podem ser os efeitos da possível mudança climática antropogênica nestas anomalias no futuro?*” (HASSELMANN, 1999, p. 755)⁷². No entender de Hasselmann, a intensificação do efeitos climáticos, pela soma dos dois fatores, caso isto fosse confirmado, teria consequências sérias para a humanidade.

O mesmo tipo de preocupação também ocupou o argumento de Mann e demais autores em seu texto de 1998. Os cientistas entenderam que a separação entre o que era fenômeno natural e aquilo que fosse causado pelos seres humanos era um dos elementos importantes na análise que fizeram.

Com um melhor conhecimento de como o clima tem variado antes do século XX, nós seremos capazes de colocar ainda melhores definições sobre a importância dos fatores naturais e antrópicos que regem o clima dos últimos séculos, fatores que, sem dúvida, continuam a afetar a variabilidade climática no futuro, para além de quaisquer efeitos antropogênicos (MANN et al., 1998, p. 785)⁷³.

⁷² “*But can claimed increases in the frequency of extreme events such as storms, floods and droughts be ascribed to human influence, or are they simply due to the natural vagaries of climate?*” e “[...] *what might be the effects of possible anthropogenic climate change on the occurrence of such anomalies in the future?*”

⁷³ “*With a better knowledge of how the climate has varied before the twentieth century, we will be able to place even better constraints on the importance of natural and anthropogenic factors governing the climate of the past few centuries, factors which will no doubt continue to affect climate variability in the future, in addition to any anthropogenic effects.*”

Outros cientistas, como Thomas Wigley e Ben Santer, procuraram mostrar o papel humano e sua relação com os ciclos naturais em outros objetos de análise. Ambos, junto a R. L. Smith, estatístico da *University of North Carolina*, publicaram um estudo na *Science* em 1998, “*Anthropogenic Influence on the Autocorrelation Structure of Hemispheric-Mean Temperatures*”, em que buscaram diferenciar a ação humana e a natural a partir das médias de temperaturas entre os hemisférios terrestres. No texto mostraram que a diferença entre um lado e outro do planeta neste quesito se devia a uma força externa, fora do sistema climático, vinda de duas frentes: “*Nós também demonstramos que a força externa é muito provavelmente composta tanto dos componentes naturais (sol) como dos antropogênicos (gases do efeito estufa e aerossóis).*” (WIGLEY et al., 1998, p. 1676)⁷⁴.

Durante o biênio 1998-1999, as pesquisas tiveram como marca o objetivo de compreender o lugar do ser humano neste processo de aquecimento global. Sabemos, pela análise feita para a década de 1970, que isto já seria um fato para a comunidade científica. Devido à dificuldade de fazer com que o enunciado passasse pelo crivo político, especialmente do Congresso dos EUA, vemos que as minúcias desse processo antropogênico no clima tinham que ser trazidas à tona pelos cientistas.

Além dessa tentativa de persuasão política, era também uma forma de convencer o público em geral de sua responsabilidade em relação ao que acontecia com o planeta. As mudanças climáticas seriam de cunho humano e isto exposto para as pessoas aumentaria a demanda para a criação de políticas públicas. Portanto, em nossa compreensão, estes dois anos após a assinatura de Kioto serviram para o estabelecimento do consenso científico e seu fortalecimento no meio social.

3 - O debate político como uma via de mão dupla (2000-2005)

No final de 1999, a *Science* anunciou a saída do editor-chefe Floyd Bloom, para a entrada de Donald Kennedy no cargo, que iria assumir a partir do ano 2000. Em 2001, George W. Bush, filho do ex-presidente dos EUA, ganhava de Al Gore as eleições presidenciais, numa polêmica contagem de votos que beneficiou o candidato republicano (WEART, 2003; KANDEL, 2007, MANN, 2012). Isso representou, em

⁷⁴ “*We also demonstrate that this external forcing is most likely to be composed of both natural (solar) and anthropogenic (greenhouse gas and aerosol) components.*”

nossa análise, uma alteração no cenário em dois sentidos: um avanço nas revistas em relação ao debate político e o retrocesso da administração pública do país em procurar resolver o fenômeno climático.

Esses dois sentidos, entretanto, não alteraram o andamento das pesquisas científicas sobre o tema de forma profunda. Estas não se mostraram diferentes dos anos anteriores e, assim, continuou o trabalho sobre as mudanças globais e o ciclo do carbono. Também, um novo relatório do IPCC foi publicado em 2001. A marca política, no entanto, se manteve no argumento dos cientistas, pois ainda era necessário encerrar o debate referente a quanto o ser humano influenciava nas mudanças climáticas do aquecimento global.

Várias foram as pesquisas científicas que procuraram enfatizar este aspecto e houve mesmo a convergência dos estudos de mudanças globais e ciclo do carbono, na tentativa de mostrar e fortalecer o argumento relacionado à antropogenia do aquecimento global. Em nosso entendimento, esta continuidade da ação dos cientistas em dar suporte ao enunciado foi devida à alteração no contexto político dos EUA. Uma modificação que provocou o retrocesso das medidas propostas em Kioto para grande parte do planeta.

Se durante a administração Clinton na Casa Branca havia uma barreira que impedia a criação de políticas públicas que visassem combater o aquecimento global, com Bush no lugar de presidente dos EUA, esse bloqueio se expandiu e tornou-se uma das diretrizes do novo governo. O novo presidente retirou a assinatura do país no Protocolo de Kioto e promoveu uma escalada na divulgação de incertezas pelos céticos, novamente assessores científicos presidenciais.

Houve uma quebra da continuidade do processo político em questão. Pela análise das notícias publicadas nas revistas para o final de mandato de Clinton e a chegada de Bush, o que foi possível entender foi que estava em vias de acontecer a abertura do Congresso estadunidense para um acordo em relação às propostas contidas no Protocolo de Kioto. Colin Macilwain, repórter da *Nature*, escreve em maio de 2000, ainda durante a administração de Clinton, que os senadores e deputados dos EUA estavam dispostos a ouvir aquilo que os cientistas favoráveis ao aquecimento global tinham a dizer. O senador republicano John McCain teria convocado para uma audição no Congresso especialistas que afirmaram que os seres humanos seriam os responsáveis pelo fenômeno climático observado pelas ciências nas décadas anteriores (MACILWAIN, 2000).

Pela *Science*, Richard Kerr mostrou que qualquer modificação neste panorama político seria de difícil negociação. O país era o maior emissor de gases do efeito estufa e uma redução afetaria a economia que estava em franco crescimento. Neste sentido, para ele, qualquer corte no carbono geraria um ônus para as indústrias e para o mercado em expansão. O autor, entretanto, via certa flexibilização política, de forma vagarosa, mas que caminhava para uma avanço nos acordos políticos (KERR, 2000). Ou seja, ele considerava que os políticos estadunidenses mantinham o mesmo argumento econômico para nada fazer em relação ao aquecimento global.

Durante as campanhas presidenciais no ano 2000, Bush, conforme relata Michael Mann em seu livro publicado em 2012, teria feito um discurso favorável a medidas para resolver o aquecimento global, ao revelar que adotaria uma política de incentivos e taxas para que as indústrias reduzissem os níveis de emissões de carbono e inclusive indicou como futuro chefe da *Environmental Protection Agency* uma política conhecida como inclinada ao ambientalismo, Christine Whitman (MANN, 2012).

Com a eleição de Bush tudo mudou. O novo presidente alegou que o consenso de Kioto era baseado em decisões políticas e não científicas. Pelo entendimento que ele passava ao público dos EUA, a responsabilidade humana no aquecimento global não tinha sido comprovada cientificamente. Para Robert Kandel (2007, p. 107), “*O presidente Bush procurou justificar sua decisão de retirar os Estados Unidos do processo de Kyoto alegando que os relatórios do GIEC [IPCC] não constituem uma base científica confiável para tais compromissos [...]*”⁷⁵.

O então funcionário do Banco Mundial, Robert Watson, resumiu para a *Science*, em 2003, os pontos considerados decisivos para que Bush desse um passo atrás no Protocolo de Kioto: as incertezas que eram consideráveis para a administração da Casa Branca, os altos custos na implantação das metas que iriam prejudicar a economia do país, e o acordo, tido como injusto e ineficiente, por determinar objetivos diferentes aos países do terceiro mundo, algo que Bush e seus assessores não admitiam como legítimo, pois todos deveriam pagar a conta pelas reduções dos gases do efeito estufa (WATSON, 2003).

Essas colocações da Casa Branca significaram, para Spencer Weart, um golpe final nas políticas para o aquecimento global. Para o historiador, Bush, no início de seu

⁷⁵ GIEC é a sigla em português para *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que para o tradutor do livro de Kandel ficaria *Grupo Intergovernamental de Estudos Climáticos*. Uma tradução errônea, pois no Brasil, a entidade ficou conhecida como Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

mandato, “[...] *recusou qualquer regulação significativa das emissões de CO₂ em seu país, negando-se a reconhecer publicamente os acordos de Kioto.*” (WEART, 2003, p. 222)⁷⁶. Conforme nossa análise, não foi bem assim, um golpe final. Isto não representou que teria sido descartado o aquecimento global no plano de governo, e sim que Bush teria optado por ser reticente em decisões que pudessem afetar a economia do país. Portanto, caracterizaríamos a ação de Bush como uma espécie de envenenamento que acaba com sua vítima aos poucos.

Donald Kennedy, o editor-chefe da *Science*, também escreveu sobre a atitude de Bush em um editorial publicado dias após o término de uma das *Conferências entre as Partes* (COP), ocorrida em Bonn no ano de 2001. Para o editor-chefe da revista, o resultado da reunião revelou que os EUA estavam sozinhos em sua decisão de não ratificar Kioto e pouco responder ao aquecimento global. Uma posição que o próprio Bush queria manter (KENNEDY, 2001).

Segundo analisou Kennedy, o presidente não queria seguir nenhuma meta estabelecida dentro do contexto internacional, mas apenas aquelas que seu próprio governo determinasse. Uma posição considerada independente e que, para o editor-chefe, traria vantagens e desvantagens. O lado positivo seria poder mostrar ao restante do planeta que os EUA estavam comprometidos com a redução dos gases do efeito estufa. Esta iniciativa era uma forma de nada fazer em relação a tal comprometimento, conforme Kennedy:

O acordo de Bonn deu vida nova às esperanças de um avanço sobre a mudança climática global. Essas esperanças são atenuadas, no entanto, pelos EUA e pela falta de um mecanismo de cumprimento real que apóie os compromissos dos países participantes. Além disso, mesmo com o cumprimento das metas nos deixará, em meio século, com o dobro das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera em relação aos níveis pré-industriais e continuando a crescer (KENNEDY, 2001, p. 1221)⁷⁷.

Os EUA, ao definirem uma pauta própria para o corte dos gases do efeito estufa, estariam em uma posição privilegiada, caso isto fosse realmente colocado em prática, o que não foi. Não somente Kennedy via estas incertezas nas decisões de Bush em relação

⁷⁶ “[...] *rechazó cualquier regulación significativa de las emisiones de CO₂ en su país, negándose a reconocer publicamente los acuerdos de Kioto.*”

⁷⁷ “*The Bonn agreement has breathed new life into the hopes for progress on global climate change. Those hopes are tempered, however, by U.S. abstinence and by the lack of a real compliance mechanism to support the commitments of the participating nations. Moreover, even achievement of the modified targets will leave us, in mid-century, with atmospheric carbon dioxide concentrations more than twice preindustrial levels and still growing.*”

ao tema, Richard Kerr escreveu que muitos especialistas e cientistas entenderam essa atitude como uma justificativa para nada fazer quanto ao aquecimento global. Uma proposta de ações vagarosas e com metas incertas a serem atingidas pelas indústrias e demais geradores de carbono: “*Bush esquematizou uma alternativa, completamente voluntária e morosa, para a redução dos gases do efeito estufa tal como previsto no Protocolo de Kioto [...].*” (KERR, 2002, p. 1439)⁷⁸. Em nosso entender, Bush simplesmente aplicou o neoliberalismo nas decisões desse porte, ao colocar nas mãos do mercado a livre iniciativa em reduzir os gases produzidos.

Kandel nos informa que as metas de redução propostas pelo governo de Bush visavam à diminuição das emissões em 18% até o ano de 2010 e que tal objetivo, no entanto, era pequeno em comparação a países como o Japão e alguns membros da União Europeia, que teriam sido mais audaciosos. A grande questão para Kandel (2007, p. 108) era que “[...] com o crescimento da população e da riqueza dos Estados Unidos, as emissões americanas de CO₂ e de outros GES [gases do efeito estufa] têm chance de aumentar 20% ou até mais [...]”; dessa forma, as iniciativas de Bush seriam nulas, tendo em vista a relação entre crescimento da geração de gases e a limitação proposta.

Entendemos, assim, que com este segundo Bush no cargo mais importante do país podia se esperar que o neoliberalismo fosse livremente ampliado para todos os setores públicos. Foi o que aconteceu: as medidas adotadas pelo governante atenderam a essas expectativas e o caso do aquecimento global pode ser entendido dentro deste pacote de políticas pró mercado livre.

Nem mesmo o lançamento, no final de 2001, do terceiro relatório do IPCC ajudou a melhorar o panorama político estadunidense para o aquecimento global. No sumário para os políticos do relatório de 2001⁷⁹ podemos ver claramente a tentativa da entidade internacional de mostrar que as decisões tomadas por Bush, e também em outros países, seriam a longo prazo prejudiciais para o esforço internacional de combate ao fenômeno climático. O terceiro relatório trazia a afirmação de que os seres humanos eram os responsáveis pela situação de aumento das temperaturas e que não havia muitas dúvidas em relação a isto (IPCC, 2001).

O terceiro relatório do IPCC trazia a formulação de um conjunto de informações científicas que poderiam auxiliar os políticos nas suas decisões sobre as mudanças

⁷⁸ “*Bush outlined a go-slow, entirely voluntary alternative to the reduction of greenhouse gas emissions required by the Kyoto Protocol [...].*”

⁷⁹ Esta é uma versão do relatório do IPCC que contém um resumo do documento e que vem com uma linguagem científica acessível a leitores não especialistas.

climáticas. Em seu sumário para os políticos, um dos parágrafos contém o que consideramos uma resposta à crítica da administração Bush que avaliou como incertos os dados divulgados pela instituição e utilizados no Protocolo de Kioto:

Os tomadores de decisão têm de lidar com incertezas, incluindo o risco da não-linearidade e/ou mudanças irreversíveis, o que envolve equilibrar o risco de ações insuficientes ou excessivas e abarca uma análise cuidadosa das consequências (tanto ambientais e econômicas), sua probabilidade e da atitude social em relação ao risco. Este último é suscetível de variar de país para país e de geração para geração. A questão relevante é “qual é o melhor caminho em curto prazo, dada a mudança climática prevista para o longo prazo e as incertezas que a acompanham” (IPCC, 2001, p. 39)⁸⁰.

Aceitar as incertezas de um conhecimento científico era considerado pelo IPCC (2001) uma forma de fazer algo em favor de um risco que toda a humanidade tinha assumido ao promover o aquecimento global pelas emissões de dióxido de carbono. Em nenhum momento, o relatório apresenta dúvidas em relação às causas humanas, o que para nós seria uma forma explícita de apontar a responsabilidade humana e criar um novo consenso científico em relação a este mecanismo do aquecimento global.

O relatório de 2001 traz, em umas dezenas de dados, as bases que o levaram a afirmar a antropogenia do aumento das temperaturas nas últimas décadas. A diminuição das geleiras nos polos, o embraquecimento dos recifes de coral, o aquecimento dos oceanos, a modificação no regime de chuvas, secas e oscilações climáticas fora de contexto etc. eram as provas que os cientistas haviam obtido para a convicção da realidade do fenômeno e de sua ligação com as atividades humanas (IPCC, 2001).

Conforme o documento procura mostrar, todas essas consequências do aumento da temperatura do planeta estavam em consonância com o acréscimo de dióxido de carbono e de outros gases do efeito estufa na atmosfera. Uma elevação dos termômetros que estaria na casa dos 0,6°C até aquele momento, que podemos ver, estava de acordo com as conclusões da década de 1970. Já as projeções do relatório para o futuro apontavam para um aumento entre 1,4°C e 5,8°C, também dentro dos prognósticos anteriores. Essa variação futura estaria relacionada às medidas tomadas para a mitigação dos gases do efeito estufa, assim o aumento continuaria até o ano de 2100, mas sua

⁸⁰ “Decision making has to deal with uncertainties including the risk of non-linear and/or irreversible changes and entails balancing the risk of either insufficient or excessive action, and involves careful consideration of the consequences (both environmental and economic), their likelihood, and society’s attitude towards risk. The latter is likely to vary from country to country and from generation to generation. The relevant question is “what is the best course for the near term given the expected long-term climate change and accompanying uncertainties’.”

intensidade dependeria de quão rígidas fossem as políticas de controle do aquecimento global (IPCC, 2001).

Entendemos que o texto do IPCC não oferecia espaço para que Bush continuasse a apresentar reticências às incertezas e conclusões científicas nele contidas. Apesar de o relatório admitir que dúvidas faziam parte dos processos inerentes às ciências, compreendemos que superadas pelo consenso científico adquirido em anos anteriores e reforçada por mais pesquisas e discussões políticas.

A atitude de Bush, que consideramos como uma espécie de retrocesso político, pode ser vista também como uma manutenção do pensamento dominante no país desde a década de 1980, quando o republicano Ronald Reagan estava no comando da nação estadunidense. A sequência de presidentes não alterou a linha ideológica neoliberal, que influenciava as decisões políticas e econômicas, com a valorização do mercado livre e do poderio econômico militar do país.

Nem mesmo a entrada do democrata Clinton alterou esse contexto, com o presidente preso às decisões do Congresso a respeito do aquecimento global. Não agiu firmemente nem ele nem seu vice, Al Gore. Portanto, Clinton apenas manteve a condução neoliberal nas decisões políticas nos EUA.

Entendemos que Bush, quando assume em 2001, deu sequência e aprofundou a ideologia na Casa Branca e tomou como verdade que as incertezas sobre o enunciado eram um fato mais significativo que o consenso científico em torno dele. Contudo, a dúvida levantada pela administração Bush pairou apenas sobre a responsabilidade humana no aquecimento global, não atingindo o enunciado como um todo.

3.1 - A reação a Bush na Science e Nature

O teor das pesquisas científicas não se modificou nesse novo momento inaugurado com a entrada de Bush na Casa Branca. De forma geral, os estudos sobre mudanças globais, ciclos do carbono e sobre o passado climático mantiveram os objetos que analisavam e os argumentos que utilizavam desde 1998. Os cientistas enfatizaram, nos textos enviados para as revistas, o papel humano no enunciado que, mesmo tendo adquirido um consenso no relatório do IPCC de 2001, ainda era utilizado pelo governo estadunidense como motivo de incertezas em relação a tese do aquecimento global.

Quanto a isto, os trabalhos diretamente relacionados ao aquecimento global apresentaram um tom mais enfático quanto ao fator antropogênico. Paul Crutzen deu o

teor destes textos ao inserir o termo “antropoceno” com o significado de que, na atual era geológica, o ser humano ditava as alterações globais, especialmente no clima. O termo, apesar de cunhado na década anterior, teve seu significado aprofundado neste novo momento de debates sobre o aquecimento global. Em um texto que escreve junto com Will Steffen, climatologista da *The Australian National University* e outros colegas, foi definido o conceito como:

O termo Antropoceno sugere: (i) que a Terra agora saindo de sua atual era geológica, chamada Holoceno e (ii) que a atividade humana é em grande parte responsável por esta saída do Holoceno, ou seja, que a humanidade tornou-se uma força geológica mundial por direito (STEFFEN et al., 2011, p. 843)⁸¹.

Essa associação entre o ser humano como uma força geológica e o consenso de 2001 sobre as causas antropogênicas do aquecimento global formam, para nós, uma forte imagem que os cientistas pretendiam passar para o público. Dessa forma, apesar de continuarem com a mesma linha de pesquisas, os temas relacionados ao aquecimento global traziam essa marca em seu conteúdo: a ênfase na ação humana e a necessária resposta política.

Os recifes de coral que estavam em processo de embranquecimento nos últimos anos devido ao aumento da temperatura dos oceanos, causado pelos aquecimento global, passaram a ser vistos como um dos temas fundamentais a serem discutidos pelos cientistas e que também deveria ter a atenção política. T. P. Hughes, cientista da *James Cook University* da Austrália, e colegas escreveram em 2003 um artigo sobre a situação dos recifes, em que afirmaram que “*As nações ricas têm a obrigação de liderar o aumento dos recifes que são preservados, enquanto simultaneamente controlam as emissões dos gases do efeito estufa.*” (HUGHES Et. Al., 2003, p. 933)⁸². Tal obrigação das nações ricas se devia ao fato, segundo os autores, de que pouco haviam feito para compensar as grandes perdas que provocaram nas áreas de coral, através das mudanças climáticas provocadas pela ação humana⁸³.

⁸¹ “The term Anthropocene suggests: (i) that the Earth is now moving out of its current geological epoch, called the Holocene and (ii) that human activity is largely responsible for this exit from the Holocene, that is, that humankind has become a global geological force in its own right.”

⁸² “Wealthy countries have an obligation to take the lead in increasing the proportion of reefs that are NTAs [no-take areas], while simultaneously controlling greenhouse-gas emission.”

⁸³ A edição da *Science* na qual foi publicado o estudo de Hughes e demais cientistas colocou um recife de coral em sua capa.

O outro tema de impacto dentro das mudanças globais era o possível derretimento das calotas polares. No relatório de pesquisa para a *Science*, escrito por Gerald Meehl e sua equipe do *National Center of Atmospheric Research* (NCAR) dos EUA, os autores trazem considerações a respeito do aumento previsto do nível do mar pelo acréscimo de água causado pelo aquecimento global. Os cientistas acreditavam que as grandes quantidades de gases do efeito estufa na atmosfera seriam significativas, ainda mais que a elevação dos oceanos era uma realidade, não importasse que medidas políticas fossem adotadas naquele momento: “*Assim, mesmo se nós conseguirmos estabilizar as concentrações de gases do efeito estufa, já estamos comprometidos com o aquecimento e o aumento do nível do mar, não importa qual cenário se seguirá [...]*” (MEEHL et al., 2005, p. 1772)⁸⁴.

Os estudos sobre o ciclo do carbono seguiam também essa argumentação, buscando mostrar o papel humano e a necessidade de ação política imediata. Christopher Sabine e equipe, que atuavam pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), apresentaram, em 2004, o estudo “*The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂*” sobre a capacidade dos oceanos em absorver o CO₂ gerado pela humanidade. Os cálculos eram necessários para simular o futuro da concentração do gás na atmosfera e também como forma de fazer um inventário apurado das suas quantidades até aquele ano (SABINE et al., 2004).

Thomas Karl e Kevin Trenberth, o primeiro climatologista do NOAA e o segundo pelo NCAR, escreveram em 2003 sobre o clima na modernidade. Eles afirmaram em um artigo pela *Science* que o fator humano tinha sobrepujado os ciclos naturais no sistema climático: “*Nos últimos 50 anos, as interferências humanas têm sido a influência dominante nas mudanças climáticas [...]*” (KARL e TRENBERTH, 2003, p. 1720)⁸⁵. Uma influência que tinha alterado profundamente o balanço energético do planeta e muitos tipos de ecossistemas também sofreram com este impacto que, segundo o entendimento dos autores, seriam ainda muito maiores no futuro, com o incremento do aquecimento global:

Em nosso avanço para o futuro, a magnitude das mudanças antropogênicas do presente irão sobrepujar as alterações naturais. Na falta de políticas de mitigação temos 90% de probabilidade que o intervalo de

⁸⁴ “*Thus, even, if we could stabilize concentrations of GHGs, we are already committed to significant warming and sea level rise no matter what scenario we follow [...]*.”

⁸⁵ “*Over the past 50 years, human influences have been the dominant detectable influence on climate change [...]*.”

aquecimento de 1990 a 2100 seja entre 1,7° e 4,9°C (KARL e TRENBERTH, 2003, p. 1721)⁸⁶.

Como ambos os autores eram funcionários de instituições de pesquisa governamentais dos EUA, podemos inferir que a pressão política para que Bush reavaliasse sua posição quanto à ratificação de Kioto e à adoção de medidas mais incisivas para a redução do carbono e o controle do aquecimento global vinha de vários lados, inclusive de dentro de sua administração.

Por outro lado, o clima também exerceu sua pressão e, assim como em anos anteriores, auxiliou na argumentação dos cientistas. James Hansen e outros autores enviaram uma carta para a *Science*, em 2002, em que diziam que o ano de 2001 era o segundo mais quente em cem anos: “*No geral, a temperatura de 2001 aumenta o aquecimento global incomum das últimas décadas [...]*” e para eles não havia dúvidas de que “*Este aquecimento pode ser considerado como consequência dos gases do efeito estufa antropogênicos [...]*” (HANSEN et al., 2002, p. 275)⁸⁷. Hansen e seus colegas acreditavam também que as elevadas temperaturas de 2001 iriam revigorar o debate político.

Afirmações como essas de Hansen e colegas, que culpavam a variação climática em um curto espaço de tempo, de um ano a outro, eram vistas por outros climatologistas como uma distorção científica, pois os pesquisadores sabiam que o aquecimento global representava modificações climáticas em larga escala temporal e não em tão pouco tempo. Mesmo assim, o simples registro e sua associação com o enunciado, tal como feito pelo autores, era um argumento forte, ainda que polêmico.

No nosso entendimento, de maneira geral, as pesquisas científicas procuraram dar o suporte para influenciar uma mudança no rumo político em relação ao tema. Fizeram isso a partir do estabelecimento do consenso sobre as causas humanas do aquecimento global. No entanto, a eficiência desta estratégia foi pequena no sentido de levar o governo estadunidense a modificar sua postura em relação aos acordos. Conseguiu fazer aumentar a pressão pública, tanto dentro quanto fora dos EUA, para que medidas fossem adotadas.

⁸⁶ “*As we progress into the future, the magnitude of the present anthropogenic change will become overwhelmingly large compared to that of natural changes. In the absence of climate mitigation policies, the 90% probability interval for warming from 1990 to 2100 is 1.7° to 4.9°C [...]*.”

⁸⁷ “*Overall, the 2001 temperature extends the unusual global warming of recent decades [...]*” e “*This warming is considered to be a consequence of anthropogenic greenhouse gases [...]*.”

Em nossa análise, isto é notado pelas notícias, comentários e editoriais que foram publicados por ambas as revistas nestes anos de Bush na Casa Branca. Os textos presentes nas edições enfatizaram os aspectos políticos do problema climático e uma avalanche de textos foi publicado em ambas as revistas com ênfase neste tema.

A reviravolta política e as novas dificuldades enfrentadas pelo enunciado levou a que ambas as revistas adotassem uma atitude direta em relação a isto. As linhas editoriais que adotavam uma posição neutra nas discussões, depois da atuação de Bush colocando o aquecimento global como um tema marginal em suas preocupações governamentais, mudaram de rumo e questionaram diretamente a falta de uma política climática rígida dos EUA.

Editores, repórteres e demais colaboradores das revistas intensificaram suas críticas. Compreendemos que isto tinha dois sentidos: um era aumentar a pressão sobre os tomadores de decisões políticas que, junto ao trabalho científico, serviria para pesar na balança a favor e provocar uma comoção social em torno do enunciado; e, também, poderia funcionar como acúmulo de informações e críticas a serem utilizadas no período pós-Bush, como parte da argumentação do futuro novo acordo climático, o chamado *Kioto II*. Consideramos que essa foi a forma que as revistas encontraram de agirem politicamente contra a situação que estava desenhada naquele momento. Necessário destacar que ambas tiveram uma mesma atitude: a gradual exclusão dos céticos de suas páginas.

Esta seleção de autores, com a preferência pelos favoráveis ao aquecimento global, foi notada pelo cientista S. Fred Singer. Este, em correspondência a *Science* no ano de 2003, questionou se a revista, particularmente o editor-chefe, Donald Kennedy, acreditava no aquecimento global a ponto de dar voz e fazer crítica aos seus críticos. Na carta intitulada “*Science Editor Bias on Climate Change?*”. Singer faz alusão a alguns dos editoriais de Kennedy, nos quais ele criticava as decisões políticas de Bush ou, então, dava ênfase aos trabalhos científicos que confirmavam o aquecimento global e sua causa antropogênica. (SINGER, 2003).

Para Singer, este tipo de posicionamento apenas prejudicava o debate e provocava uma influência negativa para a sociedade: “*O editor-chefe da Science, Donald Kennedy, utiliza inapropriadamente seus editoriais para advogar por metas políticas e coloca em risco o papel da Science e também a sua credibilidade com o*

público [...]” (SINGER, 2003, p. 595)⁸⁸. Singer via a linha editorial da revista em franco ataque à administração Bush e seu plano climático e que este tipo de opinião, sem bases científicas, segundo seu entendimento, era uma maneira cega de compreender o problema da mitigação dos gases do efeito estufa. Segundo Singer, em suas afirmações, Kennedy ignoraria as pesquisas científicas que mostravam as mudanças climáticas como parte dos ciclos naturais e, para Singer, nem mesmo o aquecimento global era real: “*Não existe evidência sólida para o atual aquecimento [...]*” (SINGER, 2003, p. 595)⁸⁹. E, a partir disso desafia as mesmas críticas encontradas ao longo de toda a década de 1990 em relação ao enunciado.

O editor da *Science*, por sua vez, diz que as informações científicas utilizadas por Singer para acusá-lo eram baseadas em pesquisas sobre o clima do passado e não tinham ligação com o consenso da atualidade que apontava o aquecimento. Em nenhum momento rebate o argumento de uso político dos editoriais, até porque, como foi possível observar em nossa análise, este era um dos caminhos encontrados por ele para fazer sua parte na busca por uma modificação do panorama para o aquecimento global nos EUA (KENNEDY, 2003b). Neste sentido, basta a leitura de seus textos para notar que a entrada da revista no jogo político era uma definição de sua linha editorial.

No editorial “*The Policy Drought on Climate Change*” que escreveu em janeiro de 2003, Kennedy não se eximia da crítica ao novo plano para as mudanças climáticas dos EUA que, na sua opinião, faltava com a urgência de mais estudos e em apontar o papel humano nas mudanças climáticas; além disso, não tinha sequer menção à questão dos transportes e incentivos à mitigação do carbono e nada a dizer a respeito das tecnologias de sequestro do gás, era “[...] *em suma, um documento do tipo espere para ver o que acontece.*” (KENNEDY, 2003a, p. 309)⁹⁰.

Os leitores da *Science* tinham acompanhado a revista publicar as provas da existência do fenômeno climático, então não haveria dúvidas a este respeito, até porque a comunidade científica tinha endossado o enunciado fazia algum tempo. O perigo, para Kennedy, residia nos planos climáticos ineficientes da administração Bush, e ele tinha esperança de que os cientistas conseguissem fazer com que o presidente voltasse atrás e assinasse o Protocolo de Kioto: “[...] *as apostas vão além do interesse, porque a não*

⁸⁸ “*Science's editor-in-chief Donald Kennedy uses his Editorials inappropriately to advocate politically derived goals undermining the proper role of Science and endangering credibility with the public [...].*”

⁸⁹ “*There isn't even solid evidence for current warming [...].*”

⁹⁰ “[...] *in short, a wait-and-see document.*”

participação dos Estados Unidos nos esforços globais para as mudanças climáticas é mais que uma vergonha nacional. É perigosa.” (KENNEDY, 2003a, p. 309)⁹¹.

A inclinação política de seus textos, embora desabonadora para alguns críticos, tal como Singer, era representativa, em nosso entender, de seu histórico de atuação científica. O então editor-chefe da revista era conhecido pelo seu ativismo em diversas frentes. Por exemplo, ele redigiu a introdução do livro sobre o inverno nuclear do qual resultou a conferência realizada pelo TTAPS no final de Outubro de 1983 (cap. 3). O texto ressaltava a importância das ciências para os políticos tomarem decisões racionalmente equilibradas e aí Kennedy afirmava que havia aprendido muito em sua passagem pela burocracia governamental para saber de suas responsabilidades como cientista.

Também, antes de Kennedy assumir o cargo de editor-chefe, a *Science* publicou algumas informações a seu respeito. Nesta matéria, consta que era presidente da *Stanford University*, cargo que manteria durante seu primeiro ano de trabalho na revista, e que, na universidade, mantinha um grupo de pesquisa em políticas ambientais que primava pelo estudo, entre vários outros temas, das mudanças climáticas.

Sua pesquisa atual e tema de ensino é em política ambiental. Ele divide a liderança de um centro interdisciplinar em Stanford que trabalha com o desenvolvimento de políticas em questões tais como: mudanças no uso do solo, alterações nas práticas agrícolas e mudanças climáticas globais (SCIENCE, 1999, p. 1263)⁹².

Quando assumiu a direção de uma publicação do porte da *Science*, dificilmente deixaria de lado sua postura, além do que aqueles que o colocaram no cargo conheciam bem seu histórico e, portanto, consideramos que endossavam seu posicionamento político nas páginas da revista. Assim, a *Science* passou a ser um meio de discussão dos rumos dados ao enunciado do aquecimento global e suas causas antropogênicas. Kennedy apenas trouxe para a publicação sua experiência e responsabilidades como cientista.

Entendemos, dessa maneira, que o foco editorial da *Science* era manter viva a pressão pela assinatura dos EUA no Protocolo de Kioto, mas não somente isto.

⁹¹ “[...] the stakes are well beyond interest, because the nonparticipation of the United States in the global effort on climate change is more than a national embarrassment. It’s dangerous.”

⁹² “His current research and teaching focuses on environmental policy. He co-chairs an interdisciplinary center at Stanford that explores the development of policies on issues such as land-use changes, shifts in agricultural practices, and global climate change.”

Devemos ter em consideração também que, se a situação interna do enunciado nos EUA passava por uma crise, fora dela não era muito diferente. Apesar de muitos países que ratificaram Kioto terem criado políticas públicas que atendiam a demanda do tratado e, assim, atingiram uma boa parte de suas metas para a redução do carbono, as rodadas seguintes de negociação entre as partes foram consideradas um fracasso. A influência negativa da nova diretriz política estadunidense levou muitos países a abandonar Kioto.

Tendo esta perspectiva em foco, a linha editorial da *Science* enfatizou os aspectos políticos do problema climático e a *Nature* adotou a mesma postura, o que podemos ver como a consolidação de um amplo esforço de crítica aos rumos das políticas climáticas em todo o mundo. O jornalista Quirin Schiermeier escreveu, em 2003, para a publicação britânica sobre a situação do Protocolo de Kioto e foi enfático ao dizer que o acordo tinha morrido naquele ano, dado o isolamento dos EUA. Ainda havia um fio de esperança, desde que as pessoas tivessem uma postura própria diante do aquecimento global.

Os ambientalistas lembrarão de 2003 como o ano no qual o Protocolo de Kioto morreu. Porém, mesmo que a primeira tentativa internacional de acabar com as mudanças climáticas esteja em declínio, isto não é necessariamente uma derrota para o planeta: isto pode forçar as pessoas a olharem mais realisticamente para nossa habilidade de diminuir – e nos adaptar a isso – a mudança climática (SCHIERMEIER, 2003, p. 756)⁹³.

O novo rumo estadunidense era o problema principal. Tal como analisamos acima, isto teve um peso importante no panorama internacional. Vemos que, com o grande poluidor mundial fora dos acordos internacionais, os demais países podiam também se eximir de tomar atitudes de maior impacto no efeito antropogênico sobre o clima. Configurou-se uma situação de inatividade política, com as nações na expectativa de um sinal dos EUA para a retomada das negociações, o que não aconteceria nos anos seguintes ao recorte temporal que utilizamos aqui.

A Rússia, por exemplo, que, após o fim do regime comunista, registrou uma queda das emissões de CO₂, não tinha assinado o acordo em 1997. Com o acentuado crescimento econômico do país detectado nos últimos anos e o consequente aumento da geração do gás, quando passou a representar 17% das emissões mundiais, apresentou-se

⁹³ “Environmentalists may remember 2003 as the year in which the Kyoto Protocol died. But even if the international community’s first attempt at tackling climate change is in terminal decline, this isn’t necessarily a defeat for the planet: it might force people to look more realistically at our ability to slow down — and adapt to — the changing climate”.

à discussão sobre a ratificação ou não do documento. Para Schiermeier, a Rússia era a última esperança de manter vivo o Protocolo (SCHIERMEIER, 2003). A mesma impressão tinha o membro do Banco Mundial, Robert Watson, no comentário citado acima, quando fez considerações a respeito da situação política do aquecimento global e disse que “*A ratificação russa é essencial para que o Protocolo de Kioto entre em atividade.*” (WATSON, 2003, p. 1925)⁹⁴.

Em maio de 2004, a *Science* noticiou que Vladimir Putin, então primeiro-ministro russo, iria assinar o tratado. Os repórteres que escreveram a notícia, Vladimir Pokrovsky e Andrey Allakhverdov, disseram que a Academia de Ciências russa tinha produzido um relatório favorável a Kioto e que o político iria tomar uma decisão a respeito em breve (POKROVSKY e ALLAKHVERDOV, 2004). Em outubro do mesmo ano, os dois repórteres voltaram com a notícia de que a assinatura de Kioto era uma questão de tempo e que isto ajudaria a manter ativo o tratado, já que os EUA ainda não tinham assinado (ALLAKHVERDOV e POKROVSKY, 2004).

A Rússia ratificou o documento em 14 de novembro de 2004 e, em sua declaração após a assinatura, podemos perceber as dificuldades enfrentadas pelo enunciado e seu acordo nestes anos:

A Federação Russa parte do pressuposto de que os seus compromissos no âmbito do Protocolo terá consequências graves para o seu desenvolvimento social e econômico. Portanto, a decisão sobre a ratificação foi tomada na sequência de uma análise aprofundada de todos os fatores, nomeadamente, a importância do protocolo para a promoção da cooperação internacional, e tendo em conta que o Protocolo possa entrar em vigor somente se a Federação da Rússia ratifique (UNFCCC, 2004)⁹⁵.

Mesmo ao provocar a ativação de Kioto, a assinatura da Rússia representou de forma geral apenas um suspiro, prolongado porém, da situação política do aquecimento global. As conferências realizadas nos anos seguintes visavam ao aperfeiçoamento do acordo, o que na verdade poderíamos entender como o seu ajuste às necessidades de cada grupo de países ou individualmente. Neste sentido, a negociação foi considerada

⁹⁴ “*Russian ratification is essential for the Kyoto Protocol to enter into force.*”

⁹⁵ “*The Russian Federation proceeds from the assumption that the commitments of the Russian Federation under the Protocol will have serious consequences for its social and economic development. Therefore, the decision on ratification was taken following a thorough analysis of all factors, inter alia, the importance of the Protocol for the promotion of international cooperation, and taking into account that the Protocol can enter into force only if the Russian Federation ratifies it.*”

difícil por especialistas e repórteres das duas revistas e, assim, pouco teria acontecido de significativo nas COPs entre 1998 a 2005.

A assinatura da Rússia foi um fato marcante nas duas revistas científicas, tanto que criou a esperança de que um novo Protocolo de Kioto, chamado de Kioto II, fosse concretizado, mas somente depois da saída de Bush da Casa Branca e de um novo relatório do IPCC, esperado para 2007. O protocolo original de 1997 expiraria em 2012, quando as metas deveriam ter sido atingidas pelos países participantes. Dessa maneira, Kioto II era tido, especialmente pela *Nature*, como o melhor caminho a ser seguido depois da era Bush no poder estadunidense. Para a revista, era necessário, portanto, rever o acordo de 1997 e remodelá-lo conforme a realidade política e científica da época (NATURE, 2005)

Em um editorial escrito em 2005, a revista via como necessário que fossem superadas as barreiras políticas colocadas ao Protocolo de 1997 e que, nas próximas rodadas de negociação entre as Partes (COP), as decisões caminhassem no sentido de definir um novo acordo climático: *“Um próximo acordo terá de encarar alguns obstáculos políticos. Mas os negociadores poderão colocar estes de lado e perguntar a si mesmos: qual tipo de acordo é melhor justificado a partir de nosso atual conhecimento da ciência climática?”* (NATURE, 2005, p. 713)⁹⁶.

As esperanças, em 2004, foram jogadas para um futuro acordo climático. O consenso científico referente ao aquecimento global e suas causas antropogênicas não teria sido capaz de sobrepujar os interesses econômicos. Observamos, com isto, que, em 2005, ano final de nosso recorte temporal, o Protocolo de Kioto e o aquecimento global, tal como apresentado pelas revistas, estava fora do jogo político e possivelmente nada conseguiria salvá-lo.

3.2 - Hansen encerra a questão?

O jornalista australiano Tim Flannery, em seu livro de 2007 sobre as mudanças climáticas, escreveu no posfácio que, em 2005, um artigo publicado por uma equipe sob a tutela do climatologista James Hansen teria dado a palavra final sobre o aquecimento

⁹⁶ “A successor agreement faces some formidable political obstacles. But negotiators should put these to one side for now and ask themselves this: what kind of agreement is best justified by our current knowledge of climate science?”

global, ao divulgar provas que seriam incontestáveis quanto à existência do fenômeno climático e sobre este ser causado pelos seres humanos.

Dentro de nosso recorte, que vai até o ano de 2005, foi o último estudo publicado pela *Science* sobre pesquisas referentes ao aquecimento global e tinha como autores uma equipe de cientistas de diversas instituições, liderados por James Hansen. No artigo intitulado “*Earth’s Energy Imbalance: confirmation and implications*”, seus autores abordaram a questão da inércia térmica do planeta e as consequências para ela das modificações na composição da atmosfera, derivadas da emissão de gases do efeito estufa.

O efeito da inércia é atrasar a resposta da Terra nas forças climáticas, por exemplo, as mudanças no balanço energético do planeta que tende a alterar a temperatura global. Este atraso fornece a oportunidade de reduzir a magnitude das mudanças climáticas antropogênicas antes de elas serem completamente realizadas, se houver uma ação apropriada [...] (HANSEN et al., 2005, p. 1431)⁹⁷.

Para os cientistas que escreveram o artigo, era possível, através da avaliação da relação entre o total de entrada de radiação e a saída dele do planeta, calcular exatamente o quanto estava permanecendo de calor e assim determinar se havia ou não retenção deste dentro da atmosfera. Ou seja, Hansen e seus colegas retomavam a questão inicial dos debates: se ocorria ou não o aquecimento global e se as mudanças climáticas antropogênicas poderiam ser diminuídas por conta desta inércia, caso as medidas corretas fossem tomadas.

Esta preocupação com a inércia térmica do planeta era um dos temas desenvolvidos por Hansen desde, pelo menos, a década de 1980, quando, no ano de 1985, escreveu também para a *Science* “*Climate Response Times: Dependence on Climate Sensitivity and Ocean Mixing*”, em que, junto a outra equipe, estudou a sensibilidade climática e a capacidade do oceano em responder ao aumento da temperatura (HANSEN et al., 1985). Uma pesquisa que, depois, serviu de base ao artigo de 2005, com as devidas atualizações de dados.

De volta ao texto de 2005, os autores trabalharam com um recorte temporal que abrangia todo o período considerado pelos cientistas de aquecimento global, de 1883 até

⁹⁷ “The effect of the inertia is to delay Earth’s response to climate forcings, i.e, changes of planet’s energy balance that tend to alter global temperature. This delay provides an opportunity to reduce the magnitude of anthropogenic climate change before it is fully realized, if appropriate action is taken [...]”

2003. A equipe de Hansen pretendia trazer a média da sensibilidade climática em relação aos gases do efeito estufa, além de outros gases, como os aerossóis; também trazia para análise o papel dos vulcões, que, como vimos anteriormente, eram considerados uma força climática desde os anos 1970 (HANSEN et al., 2005).

A inclusão destas variáveis era uma forma de Hansen e seus colegas estabelecerem a inércia térmica do planeta, ou seja, aquela que os cientistas entendiam como regulada apenas pela natureza, sem a interferência humana. Dessa forma, ao terem estes dados em mãos, poderiam observar ao longo do período recortado as anomalias a este estado regular e mostrar como o ser humano influenciou no clima nestes mais de cem anos. Como conclusão, apresentam os mesmos valores para a elevação da temperatura registrado em outros estudos e presentes no relatório do IPCC, ou seja, o aquecimento entre 1880 até 2003 teria sido em torno de $0,6^{\circ}$ a $0,7^{\circ}\text{C}$ (HANSEN et al., 2005)⁹⁸.

Não consideramos que este artigo colocou um ponto final no debate. Em nosso entender, o artigo representa algo diferente: 1) pode ser compreendido como um aglutinador de informações, pois trazia elementos anteriormente tratados por Hansen e outros cientistas, tal como o relatório do IPCC, portanto, nenhuma novidade científica; e 2) apesar da firmeza de suas afirmações, com poucos espaços para incertezas, ele foi, para nós, um retrocesso, ao voltar a tratar da controvérsia sobre a existência ou não do aquecimento global, um debate finalizado desde 1997, com o consenso de Kioto.

Quanto a este último ponto que levantamos, a existência de um artigo nos moldes do de Hansen e sua equipe significa, para nós, que os debates sobre o enunciado voltaram a apresentar dúvidas significativas. Neste momento, nem tanto pelas incertezas e questionamentos dos céticos, mas pelas decisões políticas que, a partir de 2001, modificaram as características das controvérsias relacionadas ao tema. Esse momento, assim entendemos, gerou para os cientistas a necessidade de novas pesquisas que comprovassem o aquecimento global como forma de tentar convencer novamente os políticos, tal como ocorreu anos antes, em 1997.

Dessa forma, a intensificação da discussão política nas revistas científicas levou a um retrocesso dos temas pesquisados pelos cientistas. E mesmo que ainda marcados pela complexidade, o que houve foi o retorno das dúvidas. O consenso de Kioto, apesar

⁹⁸ “The observed 1880 to 2003 global warming is 0.6° to 0.7°C , which is the full response to nearly 1 W/m^2 of forcing. Of the 1.8 W/m^2 forcing, 0.85 W/m^2 remains, i.e., additional global warming of $0.85 \times 0.67 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ is “in the pipeline” and will occur in the future even if atmospheric composition and other climate forcings fixed at today’s values.”

de ter sido um ponto crucial na discussão sobre o tema, não fechou as incertezas da teoria do aquecimento global. Houve, portanto, a partir de 2005, o afloramento dessas questões, que compreendemos ter levado à pergunta inicial: o aquecimento global causado pela humanidade é real?

Conclusão

Os meandros da construção dos fatos científicos não são acessíveis a todos, sejam eles versados em ciências ou o público geral. Apenas os especialistas nas variadas áreas do conhecimento científico têm a noção dos processos envolvidos no estabelecimento de um enunciado. Temos apenas relatos e testemunhos desses momentos, normalmente filtrados pela percepção dos próprios cientistas envolvidos, que nos dão em sua maioria uma visão particular desses lados obscuros da ciência.

Alguns pesquisadores de fora do círculo científico tentaram analisar, com relativo sucesso, este momento desconhecido do fazer ciências. O filósofo francês Bruno Latour pode ser considerado um exemplo nesse tipo de trabalho. Em sua pesquisa de doutorado na década de 1970, fez um estudo antropológico do trabalho em um importante laboratório dos Estados Unidos, o *Salk Institute*, tendo a oportunidade de acompanhar o dia a dia das pesquisas do neuroendocrinologista Roger Guillemin e sua equipe. O resultado deste estudo pode ser encontrado no livro “*A Vida de Laboratório*” publicado no Brasil em 1994 de Latour, junto com o sociólogo estadunidense Steve Woolgar. (LATOUR e WOOLGAR, 1994).

No livro, os autores consideram os diversos aspectos da construção do fato científico observado por Latour em seu estudo no laboratório. Todavia, o mais relevante foi a noção apresentada por eles das controvérsias que envolviam o estabelecimento do enunciado no meio acadêmico e social. Seria, na leitura que fizeram, mediante os debates que as formas de convencimento, as táticas e estratégias argumentativas dos cientistas aparecem e nos mostrariam a faceta política do fazer ciências. Latour desenvolve essa questão das controvérsias em outros trabalhos posteriores ao livro com Woolgar, mas de qualquer forma, para nós, o conceito está posto e nos serviu como parâmetro principal de análise do objetivo proposto.

Dadas as restrições de uma pesquisa histórica, aqui, nós apenas conseguimos vislumbrar os debates relacionados a um destes fatos construídos e que veio à tona pelas páginas de duas das maiores revistas científicas de todo o mundo, a *Science* e a *Nature*. Visando a análise da construção científica do enunciado das mudanças climáticas e de seus eixos temáticos – aquecimento global, inverno nuclear e degradação da camada de ozônio – procuramos compreender as controvérsias a eles relacionadas. A hipótese

norteadora: foi o fator político presente nessas disputas que acabou por definir os vencedores nas controvérsias e a hegemonia de um enunciado científico em relação a outro nas revistas.

Encontramos sinais das discussões sobre a situação e o futuro do clima no planeta desde meados do século XIX, quando pensadores e cientistas se preocuparam em desvendar os “segredos” do mecanismo climático e assim prever suas mudanças ou mesmo aqueles que vislumbraram a possibilidade de que eventos climáticos catastróficos pudessem ser gerados pela influência humana. A tudo isso, também, estudos empíricos passaram a ser feitos, com a investigação em busca da datação das eras glaciais ocorridas no passado remoto, milhares e milhões de anos atrás. Geleiras, folhas e troncos de árvores foram os objetos principais dos cientistas que tinham este tema como foco de atenção.

As interrogações relacionadas aos processos climáticos, mesmo com esses esforços, foram muitas e pouco conhecimento científico ficou estabelecido entre o final do XIX e grande parte do XX. A década de 1970, início do recorte histórico que analisamos, modifica esse panorama e as novas técnicas e tecnologias adentram o cenário científico, fornecendo novos dados e permitindo aos cientistas um olhar novo. É o momento que o historiador estadunidense Paul Edwards chamou de começo da climatologia moderna. Os trinta e cinco anos que se seguiram, de 1970 a 2005, podem ser caracterizados pelos enunciados climáticos que se tornaram um consenso no meio acadêmico. Assim, a teoria explicaria as mudanças climáticas, os ciclos de Milankovitch, as técnicas de pesquisa, com a análise dos isótopos de oxigênio em geleiras, e as tecnologias, como os satélites. Isso não resolveu as controvérsias sobre o clima – do contemporâneo e do futuro.

As dificuldades em estabelecer um consenso científico sobre a situação climática do planeta foram muitas e vindas de variadas frentes de atuação científica. A questão era que os dados obtidos através da tecnologia, dos estudos *in loco* e provenientes da teoria eram interpretados de formas diferentes, dependendo do cientista ou do grupo de cientistas que se dedicavam a isso. Daí gerando conclusões distintas umas das outras, com pouca unidade na compreensão científica do clima. Esta é uma conclusão que podemos estender para todo o período estudado.

Podemos entender que, mesmo tendo as bases do conhecimento científico concretizadas, as maneiras como essas foram utilizadas pelos cientistas variavam e por isso a dificuldade em alcançar um consenso científico sobre o clima. Não é somente

isso. Os estudos das mudanças climáticas, seja qual for o eixo temático, suscitavam uma série de questões políticas, que colocavam os cientistas em meio a um jogo complicado que envolvia decisões econômicas e sociais em âmbitos nacionais e internacionais. A busca pelo consenso climático, concluímos, teve a política como um dos fatores determinantes.

Quando, na segunda metade da década de 1970, os especialistas discutiram, tanto nas páginas da *Science* quanto na *Nature*, se o futuro climático do planeta estaria fadado à queda ou ao aumento das temperaturas, causando o resfriamento ou aquecimento global, o fator político na questão foi fundamental. Ambos os grupos apresentaram argumentos científicos concretos, baseados em pesquisas empíricas e de acordo com a teoria climática hegemônica, o ciclo de Milankovitch.

Aqueles que eram a favor do resfriamento argumentaram que a queda nas temperaturas estava vigorando nos últimos trinta anos, desde 1940, e que os ciclos de Milankovitch mostravam que o planeta estava próximo de uma nova era glacial. Além disso, os seres humanos e suas emissões de aerossóis, gases do efeito guarda-sol, estariam afetando o equilíbrio atmosférico e com isso incrementando o resfriamento. Por sua vez, os cientistas favoráveis ao aquecimento apresentavam dados que mostravam que o aquecimento, notado desde 1850, era a tendência majoritária para todo o planeta, enquanto o resfriamento condizia ao Hemisfério Norte. Além disso, as emissões humanas dos gases do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono, teriam um papel maior no desequilíbrio da atmosfera, mantendo o calor solar por mais tempo na superfície do planeta.

A balança pesou para um lado, entretanto, quando as questões políticas foram colocadas em jogo. Apesar do impacto que o resfriamento causaria em algumas regiões do planeta, pouco representava para o Hemisfério Norte. O aquecimento global legava um problema maior aos países dessa parte do planeta, especialmente os EUA, cujo cinturão agrícola seria extremamente prejudicado pelo aumento das temperaturas, além de questões mais gerais, como o derretimento do gelo nos polos e a consequente elevação do nível dos oceanos, que provocaria um perigo para as cidade costeiras em diversos países.

Consideramos que o aquecimento global saiu vitorioso da controvérsia científica do final dos anos 1970. O enunciado sobreviveu à controvérsia com o resfriamento e se manteve como tema de pesquisa nas décadas seguintes, mesmo que por algum tempo tenha permanecido marginal nas discussões científicas sobre mudanças climáticas.

Em 1983, através da *Science* começaram as discussões sobre o inverno nuclear, um dos temas que substituiu o aquecimento global. Na *Nature* o tema ganhou espaço no ano seguinte, em 1984. O enunciado era característico da Guerra Fria e trazia junto no seu teor os elementos desse período.

Divulgado pelo grupo de cientistas conhecidos pela sigla TTAPS liderado pelo astrofísico de renome internacional Carl Sagan, o enunciado associado à perspectiva de uma guerra nuclear de grandes proporções trazia uma visão catastrófica do futuro climático do planeta. A perspectiva desses cientistas era de que ocorreria uma queda nas temperaturas a níveis extremos abaixo de zero devido à poeira e à fumaça levantadas pelas explosões nucleares que impediriam que os raios solares ultrapassassem a atmosfera.

O enunciado trazia consequências trágicas para os ecossistemas terrestres e para toda a humanidade. A expectativa dos cientistas era de que as sociedades seriam desarticuladas e que o período de baixas temperaturas dificultaria a sobrevivência dos organismos vivos na superfície do planeta. O inverno nuclear colocava em risco também a política de defesa dos EUA contra a URSS.

Um dos motes da argumentação do inverno nuclear era o desarmamento. Uma das únicas formas de evitar a catástrofe nuclear era a diminuição dos arsenais atômicos. Isso ia contra a direção dada pela presidência de Ronald Reagan, que pregava o endurecimento das relações com os soviéticos e a manutenção do poderio militar, inclusive com a criação de um sistema de defesa espacial.

A questão passou rapidamente de uma hipótese científica para um problema político quando se colocaram em discussão tais planos bélicos de Reagan. Houve cientistas que apoiaram os estudos do TTAPS e mostraram com novas pesquisas que a informação por eles divulgada estava correta. Outros cientistas, grande parte proveniente do *George Marshall Institute*, promoveu uma campanha pública para o descrédito da equipe de Sagan e de seu enunciado, utilizando uma tática de contra informação científica, que por muitas vezes distorcia o argumento de forma a fortalecer seu ponto de vista.

As controvérsias geradas não encontraram uma solução científica. O tema foi se esvaindo nos anos seguintes e com o fim da Guerra Fria em 1989 ela perdeu o significado, pois junto veio a queda da URSS e da ameaça nuclear característica do período. Houve uma breve retomada em 1991 com a Guerra do Golfo e o incêndio nos

poços de petróleo do Kuwait, mas sem o mesmo impacto de antes. O tema havia encontrado um ponto final na quebra do contexto político da época.

Concomitante a isto um tema vinha retomando o protagonismo nos debates climáticos da década de 1980 nas revistas - a degradação da camada de ozônio. Iniciado na década anterior, anos 1970, quando estudos teóricos formularam a hipótese de que substâncias químicas estariam prejudicando a camada de ozônio estratosférica. Assim, várias substâncias passaram a ser questionadas como possíveis meios de destruição do ozônio, mas com os trabalhos de Sherwood Rowland e Mario Molina em 1974, os clorofluorcarbono (CFCs) se tornaram os principais responsáveis por esse processo.

A prova da destruição do ozônio, entretanto, veio anos depois, em 1985, com a observação de um buraco na camada desse gás acima da Antártida. Isto gerou uma grande movimentação científica e política. Científica quando os especialistas se deslocaram para a região a fim de promoverem mais observações e de entenderem os processos químicos envolvidos. Política, quando houve reuniões internacionais com a intenção de estabelecer um acordo para o controle das emissões dos gases nocivos ao ozônio.

As controvérsias sobre o enunciado emergiram junto com o novo momento pós-1985, quando novamente os cientistas do *George Marshall Institute*, patrocinados pela indústria do CFC, divulgaram a contrainformação científica, em que colocavam as incertezas como o argumento que derrubaria o enunciado. Não chegaram a criar um impasse nas discussões sobre o eixo temático, mas a indústria se aproveitou das incertezas para continuar produzindo e também apresentar substâncias que substituíram os CFCs e outros gases nocivos ao ozônio.

Contudo, a política resolveu o problema. O Protocolo de Montreal, firmado em 1987, trazia em seu conteúdo o enunciado e, nos anos seguintes, quando foi assinado pela maioria dos países membros da ONU, forçou os governantes dessas nações a controlar e mesmo eliminar do sistema produtivo os gases prejudiciais à camada de ozônio dentro de um prazo variável, dependente da situação econômica e social de cada um.

Entendemos assim que, com a aceitação política do enunciado tal como interpretada pelos cientistas, as controvérsias chegaram a um termo, especialmente em 1992, quando o encontro da ONU no Rio de Janeiro, a ECO-92, consolidou os termos de Montreal. A partir desse momento, os cientistas interessados neste tema passaram a

fazer o monitoramento da camada de ozônio e a analisar o potencial de degradação dos substitutos dos gases nocivos a esta parte da atmosfera.

As revistas *Science* e *Nature* mantiveram uma linha editorial parecida. Cada uma procurou dar voz aos grupos em conflito; dessa maneira, publicavam as correspondências, artigos e relatórios científicos, além dos comentários especializados. Também as notícias e editoriais davam a noção daquilo que estava em discussão. Uma posição que privilegiava certo tipo de neutralidade, mas compreendemos que as escolhas do que se publicava sempre existiram neste período.

Esta postura, entretanto, muda a partir de 1998, especialmente em relação à *Science*. Desde 1988 houve a retomada das discussões sobre o aquecimento global que, embora encobertas pela questão do ozônio, mantiveram-se como um assunto do meio acadêmico. Novas controvérsias surgiram com relação à realidade do fenômeno e ao papel humano como seu principal responsável. Alguns cientistas do *George Marshall Institute* lideraram o grupo chamado de cético, que procurou argumentar que o enunciado não era uma realidade, enquanto outros cientistas discutiam a existência disto como um fato científico.

O embate ficou no campo científico. Não houve uma ampliação da discussão para toda a sociedade, mesmo com a criação de uma entidade internacional que congregava cientistas e políticos – o IPCC – e que agiria como um articulador de pesquisas, publicando relatórios sobre a situação do tema.

No final de 1997, o eixo temático foi o mote de um novo protocolo. Em moldes parecidos com a de Montreal, a reunião de Kioto procurou controlar as emissões de dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa. O Protocolo trazia o consenso presente em um dos relatórios do IPCC, de 1995, que indicava o aquecimento global como real e de origem humana. Isso alterou o panorama das controvérsias ao forçar a aceitação de um consenso científico.

Entre 1998 e 1999 as revistas passaram a incorporar este consenso forçado e foram eliminando de suas páginas os contrários a ele. Também publicaram matérias jornalísticas e editoriais criticando o governo dos EUA, que, apesar de ter assinado o Protocolo de Kioto, não teria conseguido implantar as medidas nele contidas no país, dado o impedimento do Congresso estadunidense de maioria conservadora, que não aceitava o acordo de 1997.

Na nossa análise mostramos que a ideologia neoliberal se chocava com as medidas políticas e econômicas necessárias para conter as mudanças climáticas, em

especial o aquecimento global. Quando houve a troca presidencial nos Estados Unidos, a entrada de George W. Bush, a partir de 2001, alterou de vez o cenário, com o país retirando sua assinatura de Kioto e promovendo uma política que ignorava o consenso de 1997.

A *Science*, na figura de seu editor-chefe Donald Kennedy, passa a criticar a atitude do governo Bush em suas páginas. A *Nature* traz notícias da situação do Protocolo nos EUA. Uma postura que marca as tonalidades políticas presentes nas duas revistas. A intenção, assim notamos, era de provocar uma mudança no rumo da nova administração estadunidense, já que a retirada da assinatura de Kioto poderia colocar um fim ao Protocolo, ao diminuir sua força na promoção das políticas públicas necessárias ao controle das emissões dos gases do efeito estufa.

Pelo lado das pesquisas, o consenso forçado do enunciado a partir de 1997 aumentou sua complexidade. Houve a valorização de problemas antes marginais, como o ciclo do carbono na natureza e as mudanças globais provocadas pelo aquecimento global. A pesquisa procurava também dar argumentos políticos suficientes para alterar a posição dos Estados Unidos, mostrando o perigo imediato que representava a elevação das temperaturas.

Todavia, consideramos que os esforços de ambos os lados foram em vão. A Casa Branca endureceu sua política climática e muito pouco fez em direção ao controle das emissões dos gases do efeito estufa. As incertezas falaram mais alto e o restante dos países, apesar de manterem a assinatura de Kioto, nos anos seguintes à entrada de Bush na presidência, não cumpriram as metas estipuladas no documento. Em 2005, ano final de nosso recorte, notamos que houve o ressurgimento das dúvidas no meio científico e novamente os cientistas, tal como James Hansen, tiveram que trazer estudos que comprovariam a existência do aquecimento global.

Por fim, repetimos aqui a frase do começo: o clima faz parte da vida das pessoas. No entanto, nas últimas décadas, as pesquisas científicas, a movimentação política, a divulgação de enunciados climáticos e as controvérsias geradas incrementaram esse cotidiano climático. Podemos afirmar, assim, que as mudanças climáticas também fazem parte das preocupações de cada um de nós.

Fontes Documentais

1 - Fontes Revistas Science e Nature

ABELSON, Philip. Progress in abating air pollution. **Science Magazine**, vol. 167, n. 3925, p. 1567, 20/mar/1970.

_____. Changing attitudes toward environmental problems. **Science Magazine**, vol. 172, n. 3983, p. 517, 07/mai/1971.

_____. Energy and climate. **Science Magazine**, vol. 197, n. 4307, p. 941, 02/set/1977.

_____. Constraints on greenhouse gas emissions. **Science Magazine**, vol. 278, n. 5339, p. 783, 31/out/1997.

ALLAKHVERDOV, Andrey; POKROVSKY, Vladimir. Russia, reluctantly, backs Kyoto. **Science Magazine**, vol. 306, n. 5694, p. 209, 08/out/2004.

ALVAREZ, L. W. *et al.* Extraterrestrial cause for the cretaceous-tertiary extinction. **Science Magazine**, vol. 208, n. 4408, p. 1095-1108, 06/06/1980.

ANDERSON, Alun. Depletion of ozone layer drives competitors to cooperate. **Nature**, vol. 331, n. 6153, p. 201, 21/jan/1988.

ANDERSON, Christopher. Ozone hits new low. **Nature**, vol. 352, n. 6333, p. 271, 25/jul/1991.

BAINS, Santo *et al.* Mechanisms of climate warming at the end of the Paleocene. **Science Magazine**, vol. 285, n. 5428, p. 724-727, 30/jul/1999.

BALDWIN, Betty *et al.* Stratospheric aerosols and climatic change. **Nature**, vol. 263, n. 5578, p. 551-555, 14/10/1976.

BARRIE, J. *et al.* Ozone destruction and photochemical reactions at polar sunrise in the lower arctic atmosphere. **Nature**, vol. 334, n. 6178, p.138-141, 14/jul/1988.

BEARDSLEY, Tim. Global limit for CFC emissions. **Nature**, vol. 323, n. 6086, p. 286, 25/set/1986.

BERGER, A. L. Support for the astronomical theory of climatic change. **Nature**, vol. 269, n. 5623, p. 44-45, 01/set/1977.

BOLIN, Bert. Changes of land biota and their importance for the carbon cycle. **Science Magazine**, vol. 196, n. 4290, p. 613-615, 06/mai/1977.

BOLIN, Bert. The Kyoto negotiations on climate change: a science perspective. **Science Magazine**, vol. 279, n. 5349, p. 331, 16/jan/1998.

BRASSEUR, G. e HITCHMAN, M. Stratosphere response to trace gas perturbations: changes in ozone and temperature distributions. **Science Magazine**, vol. 240, n. 4852, p. 634-637, 29/abr/1988.

BREMNER, J. M. e BLACKMER, A. M. Nitrous oxide: emission from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. **Science Magazine**, vol. 199, n. 4326, p. 295-296, 20/jan/1978.

BROECKER, Wallace. Climatic change: are we on the brink of a pronounced global warming? **Science Magazine**, vol. 189, n. 4201, p. 460-463, 08/ago/1975.

BROECKER, W. *et al.* Fate of fossil fuel carbon dioxide and the global carbon budget. **Science Magazine**, vol. 206, n. 4417, p. 409-418, 26/out/1979.

BRYSON, Reid A. A perspective on climatic change. **Science Magazine**, vol. 184, n. 4138, p. 753-760, 17/mai/1974.

CAIRNS, T. L.; JESSON, J. P. The ozone question (response). **Science Magazine**, vol. 190, n. 4219, p. 1040-1042, 12/dez/1975.

CALLIS, Linwood B.; NATARAJAN, Murali. Ozone and nitrogen dioxide changes in the stratosphere during 1979-1984. **Nature**, vol. 323, n. 6091, p. 772-777, 30/out/1986.

CAREY, W. D. A run worth making. **Science Magazine**, vol. 222, n. 4630, p. 1281, 23/12/1983.

CARTER, Luther. The global environment: M.I.T. study looks for danger signs. **Science Magazine**, vol. 169, n. 3946, p. 660-662, 14/ago/1970. (a)

_____. Air pollution: Muskie throws down the gauntlet. **Science Magazine**, vol. 169, n. 3948, p. 841, 28/ago/1970. (b)

CAVALIERI, D. J. *et al.* Observed hemispheric asymmetry in global sea ice changes. **Science Magazine**, vol. 278, n. 5340, p. 1104, 07/nov/1997.

CHIN, Gilbert. Climate science: beyond natural variation. **Science Magazine**, vol. 298, n. 5596, p. 1139, 08/Nov/2002.

CICERONE, Ralph *et al.* Stratospheric ozone destruction by man-made chlorofluoromethanes. **Science Magazine**, vol. 185, n. 4157, p. 1165-1167, 27/set/1974.

CLARK, J. A.; LINGLE, C. S. Future sea-level changes due to west Antarctic Ice Sheet fluctuations. **Nature**, vol. 269, n. 5625, p. 206-209, 15/set/1977.

COLLINS, Peter. WMO silent on ozone depletion. **Nature**, vol. 257, n. 5524, p. 265, 25/set/1975.

COVEY, C. *et al.* Global atmospheric effects of massive smoke injections from a nuclear war: results from general circulation model simulations. **Nature**, vol. 308, n. 5954, p. 21-25, 01/03/1984.

CRAWFORD, Mark. Ozone plan: tough bargaining ahead. **Science Magazine**, vol. 237, n. 4819, p. 1099, 04/set/1987. (a)

_____. Landmark ozone treaty negotiated. **Science Magazine**, vol. 237, n. 4822, p. 1557, 25/set/1987. (b)

_____. EPA to cut U.S. CFC production to protect ozone in stratosphere. **Science Magazine**, vol. 238, n. 4833, p. 1505, 11/dez/1987. (c)

CROWLEY, Thomas J. Causes of climate change over the past 1000 years. **Science Magazine**, vol. 289, n. 5477, p. 270, 14/jul/2000.

CRUTZEN, Paul; ARNOLD, Frank. Nitric acid cloud formation in the cold Antarctic stratosphere: a major cause for the springtime 'ozone hole'. **Nature**, vol. 324, n. 6098, p. 651-655, 18-25/dez/1986.

CULOTTA, Elizabeth. Is the geological past a key to the (near) future? **Science Magazine**, vol. 259, n. 5097, p. 906, 12/fev/1993.

DAMON, Paul; KUNEN, Steven M. Global cooling? **Science Magazine**. vol. 193, n. 4252, p. 447, 06/ago/1976.

DEAN, Walter E. *et al.* The variability of Holocene climate change: evidence from varved lake sediments. **Science Magazine**. vol. 226, n. 4679, p. 1191, 07/dez/1984.

DICKENS, Gerald. The blast in the past. **Nature**, vol. 401, n. 6755, p. 752-754, 14/out/1999.

DONAHUE, Thomas. The SST and ozone depletion. **Science Magazine**, vol. 187, n. 4182, pp. 1142, 28/mar/1973.

DU PONT. You want the ozone question so does. **Science Magazine**, vol. 190, n. 4209, pp. 08-09, 03/out/1975.

EHRLICH, Paul *et al.* Long-term biological consequences of nuclear war. **Science Magazine**, vol. 222, n. 4630, p. 1293-1300, 23/12/1983.

FARMAN, J. *et al.* Large losses of total ozone in Antarctic reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. **Nature**, vol. 315, n. 6016, p. 207-210, 16/mai/1985.

FARMER, C. B. *et al.* Stratospheric trace gases in the spring 1986 Antarctic atmosphere. **Nature**, vol. 329, n. 6135, p. 126-130, 10/set/1987.

FEELY, Richard A. *et al.* Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. **Science Magazine**, vol. 305, n. 5682, p. 362-366, 16/Jul/2004.

FISHER, D. A. *et al.* Model calculations of the relative effects of CFCs and their replacements on stratospheric ozone. **Nature**, vol. 344, n. 6266, p. 508-512, 05/abr/1990.

FISHER, D. A. *et al.* Evaluating ozone depletion potentials (response). **Nature**, vol. 348, n. 6298, p. 203-204, 15/nov/1990.

FISHMAN, J. *et al.* Tropospheric ozone and climate. **Nature**, vol. 282, n. 5741, p. 818-820, 20-27/dez/1979.

FLEAGLE, Robert G. Organization of the climate program. **Science Magazine**, vol. 200, n. 4337, p. 9, 07/abr/1978.

FOX, Jeffrey L. Will there be life on the farm after the bomb? **Science Magazine**, vol. 222, n. 4630, p. 1308, 23/12/1983.

GILLETTE, R. Human environment conference: slow start toward Stockholm. **Science Magazine**, vol. 172, n. 3987, p. 1011-1013, 04/jun/1971.

GLANTZ, Michael. A political view of CO₂. **Nature**, vol. 280, n. 5719, p. 189-190, 19/jul/1979.

GOLDING, B. W. *et al.* Importance of local mesoscale factors in any assessment of nuclear winter. **Nature**, vol. 319, n. 6051, p. 301-303, 23/01/1986.

GRIBBIN, J. Aerosols and climate: hotter or cooler? **Nature**, vol. 253, n. 5488, p. 162, 17/jan/1975. (a)

_____. Cause and effects of global cooling. **Nature**, vol. 254, n. 5495, p. 14, 06/mar/1975. (b)

_____. Man against nature in the climatic stakes. **Nature**, vol. 258, n. 5533, p. 195-196, 28/nov/1975. (c)

- GROBECKER, Alan J. The SST and ozone depletion (response). **Science Magazine**, vol. 187, n. 4182, p. 1145, 28/mar/1973.
- HAMMOND, Allen. Global environment. **Science Magazine**, vol. 176, n. 4030, p. 38, 07/Abr/1972.
- HANEL, R. A.; CONRATH, B. J. Thermal emission spectra of the Earth and atmosphere from the nimbus 4 Michelson interferometer experiment. **Nature**, vol. 228, n. 5267, p. 143-145, 10/out/1970.
- HANSEN, James *et al.* Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. **Science Magazine**, vol. 213, n. 4511, p. 957-966, 28/ago/1981.
- _____. Climate response times: dependence on climate sensitivity and ocean mixing. **Science Magazine**, vol. 229, n. 4716, p. 857-859, 30/ago/1985.
- _____. Earth's energy imbalance: confirmation and implications. **Science Magazine**, vol. 308, n. 5727, p. 1431-1435, 03/06/2005.
- HARRISON, Halstead. Stratospheric ozone with added water vapor: influence of high-altitude aircraft. **Science Magazine**, vol. 170, N. 3959, p. 734-736, 13/nov/ 1970.
- HASSELMANN, Klaus. Linear and nonlinear signatures. **Nature**, vol. 398, n. 6730, p. 755-756, 29/abr/1999.
- HAYS, J. D. *et al.* Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice ages. **Science Magazine**, vol. 194, n. 4270, p. 1121-1132, 10/dez/1976.
- HEGERL, Gabriele. The past as a guide to the future. **Nature**, vol. 392, n. 6678, p. 758-759, 23/abr/1998.
- HILLS, Alan J. *et al.* Kinetics of the BrO+ClO reaction and implications for stratospheric ozone. **Nature**, vol. 328, n. 6129, p. 405-408, 30/jul/1987.
- HOBBS, P. V. *et al.* Atmospheric effects of pollutants. **Science Magazine**, vol. 183, n. 4128, p. 909-915, 08/mar/1974.
- HOFFMAN, A. *et al.* EPA's role in ambient air quality monitoring. **Science Magazine**, vol. 190, n. 4211, p. 243-248, 17/out/1975.
- HOFFMAN, Michele. Taking stock of Saddam's fiery legacy in Kuwait. **Science Magazine**, vol. 253, n. 5023, p. 971, 30/08/1991.
- HOLDEN, C. Scientists describes 'nuclear winter'. **Science Magazine**, vol. 222, n. 4625, p. 822-823, 18/11/1983.
- _____. Antarctic ozone hole hits record depth. **Science Magazine**, vol. 254, n. 5030, p. 373, 18/out/1991.
- HOWARD Philip H.; HANCHET, Arnold. Chlorofluorocarbon sources of environmental contamination. **Science Magazine**, vol. 189, n. 4198, p. 217-219, 18/jul/1975.
- HUGHES, T. P. *et al.* Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. **Science Magazine**, vol. 301. N. 5635, p. 929-933, 15/ago/2003.
- HULME, Mike *et al.* Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. **Nature**, vol. 397, n. 6721, p. 688-691, 25/fev/1999.
- HURTLEY, Stella; SZUROMI, Phil. Where goes CO₂. **Science Magazine**, vol. 305, n. 5682, p. 305, 16/Jul/2004.

IDSO, Sherwood B.; BRAZEL, Anthony J. climatological effects of atmospheric particulate pollution. **Nature**, vol. 274, n. 5673, p. 781-782, 24/ago/1978.

INGRAM, M. J. *et al.* Historical Climatology. **Nature**, vol. 276, n. 5686, p. 329-334, 23/nov/1978.

JOHNSTON, Harold. Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust. **Nature**, vol. 173, n. 3996, p. 517-522, 06/ago/1971.

JOHNSTON, Kathy. New US position threatens to jeopardize CFC agreement. **Nature**, vol. 328, n. 6133, p. 749, 27/ago/1987. (a)

_____. First steps in ozone protection agreed. **Nature**, vol. 329, n. 6136, p. 189, 17/set/1987. (b)

JUKES, Thomas. Spray no more, ladies. **Nature**, vol. 257, n. 5526, p. 441, 09/out/1975.

KAISER, Jocelyn. Panels lead the way on the road to Kyoto conference: helping those most at risk. **Science Magazine**, vol. 278, n. 5336, p. 217, 10/out/1997.

KARL, Thomas R.; TRENBERTH, Kevin E. Modern global climate change. **Science Magazine**, vol. 302, n. 5651, p. 1719-1723, 05/dez/2003.

KARNER, D. B.; MULLER, R. A. A. Causality problem for Milankovitch. **Science Magazine**, vol. 288, n. 5474, p. 2143, 23/jun/2000.

KEARNY, C. On a nuclear winter. **Science Magazine**, vol. 227, n. 4685, p. 357, 25/01/1985.

KELLY, P. M.; LAMB, H. H. Prediction of volcanic activity and climate. **Nature**, vol. 262, n. 5563, p. 5, 01/jul/1976.

KENNEDY, Donald. Going it alone. **Science Magazine**, vol. 293, n. 5533, p. 1221, 17/Ago/2001.

_____. The policy drought on climate change. **Science Magazine**, vol. 299, n. 5605, p. 309, 17/jan/2003. (a)

_____. Science editor bias on climate change? (response). **Science Magazine**, vol. 301, n. 5633, p. 595-596, 01/ago/2003. (b)

KERR, Richard A. Carbon dioxide and climate: carbon budget still unbalanced. **Science Magazine**, vol. 197, n. 4311, p. 1352-1353, 30/set/1977.

_____. Taking shots at ozone hole theories. **Science Magazine**, vol. 234, n. 4778, p. 817-818, 14/nov/1986.

_____. A shallower ozone hole, as expected. **Science Magazine**, vol. 242, n. 4878, p. 515, 28/out/1988.

_____. Hansen vs. the world on the greenhouse threat. **Science Magazine**, vol. 244, n. 4908, p. 1041-1043, 02/jun/1989.

_____. Another deep Antarctic ozone hole. **Science Magazine**, vol. 250, n. 4979, p. 370, 19/out/1990.

_____. Ozone hole: not over the arctic – for now. **Science Magazine**, vol. 256, n. 5058, p. 734, 08/mai/1992.

_____. Did Pinatubo send climate-warming gases into a dither? **Science Magazine**, vol. 263, n. 5153, p. 1562, 18/mar/1994.

_____. Is the world warming or not? **Science Magazine**, vol. 267, n. 5198, p.612, 03/fev/1995.

_____. The hottest year, by a hair. **Science Magazine**, vol. 279, n. 5349, p. 315-316, 16/jan/1998.

_____. Will the Arctic Ocean lose all its ice? **Science Magazine**, vol. 286, n. p. 1828, 5446, 03/dez/1999.

_____. More science and a carrot, not a stick. **Science Magazine**, vol. 295, n. p. 1439, 5559, 22/fev/2002.

KNUTSON, Thomas *et al.* Simulated increase of hurricane intensities in a CO₂-warmer climate. **Science Magazine**, vol. 279, n. 5353, p. 1018-1020, 13/fev/1998.

KO, M. K. W. *et al.* Better protection of the ozone layer. **Nature**, vol. 367, n. 6463, p. 505-508, 10/fev/1994.

KOENIG, Robert. Rio signatories to negotiate new goals. **Science Magazine**, vol. 268, n. 5208, p. 197, 14/abr/1995.

KUKLA, George J.; MATTHEWS, R. K. When will the present interglacial end? **Science Magazine**, vol. 178, n. 4057, p. 190-191, 13/out/1972.

KUKLA, George J.; KUKLA, Helena J. Increased surface albedo in the northern hemisphere. **Science Magazine**, vol. 183, n. 4126, p. 709-714, 22/fev/1974.

KUKLA, George J. *et al.* Orbital signature of interglacials. **Nature**, vol. 290, n. 5804, p. 295-300, 26/mar/1981.

LANDSBERG, Helmut. Man-made climatic changes. **Science Magazine**, vol. 170, n. 3964, p. 1265-1274, 18/dez/1970.

LINDLEY, David. First steps towards preserving the earth's ozone layer. **Nature**, vol. 330, n. 6148, p. 513, 10/dez/1987.

_____. Surprising new ozone data from NASA satellite. **Nature**, vol. 335, n. 6192, p. 657, 20/out/1988.

LOVELOCK, James. Atmospheric fluorine compounds as indicators of air movements. **Nature**, vol. 230, n. 5293, p. 379, 09/abr/1971.

LOVELOCK, James *et al.* Halogenated hydrocarbons in an over the Atlantic. **Nature**, vol. 241, n. 5386, p. 194-196, 19/jan/1973.

LOWE, P.; WORBOYS, M. The ecology of ecology. **Nature**, vol. 262, n. p. 432-433, 05/ago/1976.

MACILWAIN, Colin. \$6bn package to cut us carbon emissions comes under attack. **Nature**, vol. 391, n. 6668, p. 619-620, 12/fev/1998. (a)

_____. Petition strengthens hand of global warming sceptics. **Nature**, vol. 392, n. 6677, p. 639, 16/abr/1998. (b)

_____. Gore calls for action on climate change as congress stalls. **Nature**, vol. 394, n. 6691, p. 305, 23/jul/1998. (c)

_____. Congress wakes up to climate change. **Nature**, vol. 405, n. 6785, p. 385, 23/mai/2000.

MADDOX, J. Nuclear winter not yet established. **Nature**, vol. 308, n. 5954, p. 11, 01/mar/1984. (a)

_____. Nuclear winter to be taken seriously (response). **Nature**, vol. 311, n. 5984, p. 307, 27/set/1984. (b)

_____. Nuclear winter and carbon dioxide. **Nature**, vol. 312, n. 5995, p. 593, 13/dez/1984, 1984. (c)

_____. Where now with nuclear winter? **Nature**, vol. 312, n. 5996, 20- p. 696, 27/dez/1984. (d)

_____. The great ozone controversy. **Nature**, vol. 329, n. 6135, p. 101, 10/set/1987.

_____. What happened to nuclear winter? **Nature**, vol. 333, n. 6170, p. 203, 19/05/1988. (a)

_____. Jumping the greenhouse gun. **Nature**, vol. 334, n. 6177, p. 9, 07/jul/1988. (b)

MAHLMAN, J. D. A looming arctic ozone hole? **Nature**, vol. 360, n. 6401, p. 209-210, 19/nov/1992.

MALONE, Thomas F. Preventing nuclear war. **Science Magazine**, vol. 223, n. 4634, p. 340, 27/01/1984.

MALONE R. C. *et al.* Influence of solar heating and precipitation scavenging on the simulated lifetime of post-nuclear war smoke. **Science Magazine**, vol. 230, n. 4723, p. 317-319, 18/10/1985.

MANN, Michael E. *et al.* Global-scale temperatures patterns and climate forcing over the past six centuries. **Nature**, vol. 392, n. 6678, p. 779-787, 23/abr/1998.

MANZER, L. E. The CFC-ozone issue: progress on the development of alternatives to cfcs. **Science Magazine**, vol. 249, n. 4964, p. 31-35, 06/jul/1990.

MARGITAN, J. J. Causes and effects of a hole. **Nature**, vol. 325, n. 6102, p. 297-298, 22/jan/1987.

MASON, B. J. Global atmospheric research programme. **Nature**, vol. 233, n. 5319, p. 382-388, 08/out/1971.

_____. The world climate programme. **Nature**, vol. 276, n. 5686, p.327-328, 23/nov/1978.

MASOOD, Ehsan. Climate panel confirms human role in warming, fights off oil states. **Nature**, vol. 378, n. 6557, p. 524, 17/dez/1995.

_____. Kyoto agreement creates new agenda for climate research. **Nature**, vol. 390, n. 6661, p. 649, 18-25/dez/1997.

_____. Ozone recovery will be long-term affair. **Nature**, vol. 393, n. 6687, p. 723, 25/jun/1998.

MAUGH II, Thomas H. The ozone layer: the threat from aerosol cans is real. **Science Magazine**, vol. 194, n. 4261, p. 170-172, 08/out/1976.

_____. The threat to ozone is real, increasing. **Science Magazine**. vol. 206, n. 4423, p. 1167, 07/dez/1979.

MAY, Robert. Kyoto and beyond. **Science Magazine**, vol. 278, n. 5344, p. 1691, 05/dez/1997.

MCELROY, M. B. *et al.* Reductions of Antarctic ozone due to synergistic interactions of chlorine and bromine. **Nature**, vol. 321, n. 6072, p. 759-762, 19/jun/1986.

MEEHL, Gerald A. *et al.* How much more global warming and sea level rise? **Science Magazine**, vol. 307, n. 5716, p. 1769-1772, 18/mar/2005.

MERCER, J. H. West Antarctic ice sheet and CO₂ greenhouse effect: a threat of disaster". **Nature**, vol. 271, n. 5643, p. 321-325, 26/jan/1978.

MOLINA, M. J.; ROWLAND, S. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. **Nature**, vol. 249, n. 5460, p. 810-812, 28/jun/1974.

_____. The ozone question. **Science Magazine**, vol. 190, n. 4219, p. 1038-1039, 12/dez/1975.

MOLINA *et al.* Antarctic stratospheric chemistry of chlorine nitrate, hydrogen chloride, and ice: release of active chlorine. **Science Magazine**, vol. 238, n. 4831, p. 1253-1257, 27/nov/1987.

NATURE. First issue. **Nature**, p. 9, 1869.

_____. Commonsense on environmental pollution. **Nature**, vol. 225, n. 5228, p. 122-123, 10/jan/1970. (a)

_____. Prophets of pollution. **Nature**, vol. 225, n. 5231, p. 397, 31/jan/1970. (b)

_____. Politics of pollution. **Nature**, vol. 226 n. 5250, p. 990-991, 13/jun/1970. (c)

_____. Booms in the stratosphere. **Nature**, vol. 227, n. 5259, p. 655-656, 15/ago/1970. (d)

_____. The great greenhouse scare. **Nature**, vol. 229, n. 5286, p. 514, 19/fev/1971.

_____. Homilies for the Club of Rome. **Nature**, vol. n. 5362, p. 237-238, 04/ago/1972.

_____. US scientists double estimates of ozone depletion rate. **Nature**, vol. 282, n. 5736, p. 220, 15/nov/1979.

_____. Summer heat fire policy hares. **Nature**, vol. 334, n. 6181, p. 457, 04/ago/1988.

_____. Berlin and global warming policy. **Nature**, vol. 374, n. 6519, p. 199, 16/mar/1995. (a)

_____. Conflicts of interest on the greenhouse. **Nature**, vol. 374, n. 6522, p. 483, 06/abr/1995. (b)

_____. New IPCC report set to confirm earlier warming conclusions. **Nature**, vol. 377, n. 6546, p. 189, 21/set/1995. (c)

_____. Ozone layer chemists represent nobel 'first'. **Nature**, vol. 377, n. 6550, p. 565-566, 19/out/1995. (d)

_____. Seizing global warming as an opportunity. **Nature**, vol. 387, n. 6634, p. 637, 12/jun/1997.

_____. Post-Kyoto agendas. **Nature**, vol. 390, n. 6661, p. 647, 18-25/dez/1997.

_____. Research is no substitute for political action on climate. **Nature**, vol. 398, n. 6706, p. 1, 05/nov/1998.

_____. Better news – perhaps – on global warming. **Nature**, vol. 400, n. 6744, p. 487, 05/ago/1999.

_____. Kyoto – the sequel. **Nature**, vol. 435, n. 7043, p. 713-714, 09/jun/2005.

NEWELL, Reginald. water vapour pollution in the stratosphere by the supersonic transporter. **Nature**, vol. 226, n. 5240, p. 70-71, 04/abr/1970.

NORMAN, Colin. SSTs: it's an ill wind. **Nature**, vol. 253, n. 5490, p. 298-299, 31/jan/1975.

NORMAN, C.; SHERWELL, C. USA: treading softly on the ozone layer. **Nature**, vol. 263, n. 5575, pp.268-269, 23/set/1976.

NUESSLE, Virginia; HOLCOMB, Robert W. Will the SST pollute the stratosphere? **Science Magazine**, vol. 168, n. 3939, p. 1562, 26/jun/1970.

OPPENHEIMER, Michael. Global warming and the stability of the West Antarctic Ice Sheet. **Nature**, vol. 393, n. 6683, p. 325-332, 23/mai/1998.

PALCA, Joseph. Heated response to US drought. **Nature**, vol. 334, n. 6178, p. 92, 14/jul/1988.

PARSONS, E. A.; KEITH, D. W. Fossil fuels without CO₂ emissions. **Science Magazine**, vol. 282, n. 5391, p. 1053-1054, 06/nov/1998.

PENG, Tsung-Hung *et al.* Quantification of decadal anthropogenic CO₂ uptake in the ocean based on dissolved inorganic carbon measurements. **Nature**, vol. 396, n. 6711, p. 560-563, 10/dez/1998.

PENNISI, Elizabeth. New threat seen from carbon dioxide. **Science Magazine**, vol. 279, n. 5353, p. 989, 13/fev/1998.

PITTOCK, A. B. The question of significance. **Nature**, vol. 397, n. 6721, p. 657-658, 25/fev/1999.

POKROVSKY, Vladimir; ALLAKHVERDOV, Andrey. Russia prepares to ratify Kyoto. **Science Magazine**, vol. 304, n. 5675, p. 1225, 28/mai/2004.

POLLACK, J. *et al.* Are solar spectral variations a drive for climatic change? **Nature**, vol. 282, n. 5739, p. 600-603, 06/12/1979.

POOL, Robert. The elusive replacements for CFCs. **Science Magazine**, vol. 242, n. 4879, p. 666-668, 04/nov/1988.

_____. Ozone loss worse than expected. **Nature**, vol. 350, n. 6318, p. 451, 11/abr/1991.

PRATHER, Michael J. Climate change consensus. **Science Magazine**, vol. 271, n. 5252, p. 1042-1043, 23/fev/1996.

RAMANTHAN, V. Greenhouse effect due to chlorofluorocarbons: climatic implications. **Science Magazine**, vol. 190, n. 4209, p. 50-52, 03/out/1975.

_____. The greenhouse theory of climate change: a test by an inadvertent global experiment. **Science Magazine**, vol. 240, n. 4850, p. 293-299, 15/abr/1988.

RASOOL, S. I. Scientific responsibility in global climate change research. **Science Magazine**, vol. 283, n. 5404, p. 940-941, 12/fev/1999.

RECK, Ruth. Stratospheric ozone effects on temperature. **Science Magazine**, vol. 192, n. 4239, p. 557-559, 07/mai/1976. (a)

_____. Atmospheric temperature calculated for ozone depletions. **Nature**, vol. 263, n. 5573, pp. 116-117, 09/set/1976. (b)

REICHHARDT, Tony. Geophysicists call for action on global warming. **Nature**, vol. 397, n. 6718, p. 373, 04/fev/1999.

RIAL, J. A. Pacemaking the ice ages by frequency modulation of earth's orbital eccentricity. **Science Magazine**, vol. 285, n. 5427, p. 564-568, 23/jul/1999.

RIND, D. Complexity and climate. **Science Magazine**, vol. 284, n. 5411, p. 105-107, 02/abr/1999.

ROBERTS, Leslie. Global warming: blaming the sun. **Science Magazine**, vol. 246, n. 4933, p. 992-993, 24/nov/1989.

ROBOCK, Alan. Enhancement of surface cooling due to forest fire smoke. **Science Magazine**, vol. 242, n. 4880, p. 911, 11/nov/1988.

_____. Nuclear winter is a real and present danger. **Nature**, vol. 473, n. 7347, p. 275-276, 19/05/2011.

ROMM, Joseph *et al.* A road map for U.S. carbon reductions. **Science Magazine**, vol. 279, n. 5351, p. 669-670, 30/jan/1998.

ROWLAND, Sherwood. Ozone depletion theory (response). **Science Magazine**, vol. 261, n. 5125, p. 1103, 27/ago/1993.

R. R. D. Global perspectives on climate. **Nature**, vol. 242, n. 5396, pp. 295-296, 30/mar/1973.

RUSSEL III, James M. *et al.* Satellite confirmation of the dominance of chlorofluorocarbons in the global stratospheric chlorine budget. **Nature**, vol. 379, n. 6565, pp. 526-529, 08/fev/1996.

SABINE, Christopher *et al.* The ocean sink for anthropogenic CO₂. **Science Magazine**, vol. 305, n. 5682, p. 367-71, 16/jul/2004.

SAGAN, Carl. Reducing greenhouses and the temperature history of earth and mars. **Nature**, vol. 269, n. 5625, pp. 224-226, 15/set/1977.

_____. Kuwaiti fires and nuclear winter. **Science Magazine**, vol. 254, n. 5037, p. 1434, 06/12/1991.

SAGAN, Carl; CHYBA, C. The early faint sun paradox: organic shielding of ultraviolet-labile greenhouse gases. **Science Magazine**, vol. 276, n. 5324, p. 1217-1221, 23/mai/1997.

SAGAN, Carl *et al.* Anthropogenic albedo changes and the Earth's climate. **Science Magazine**, vol. 206, n. 4425, p. 1363-1368, 21/12/1979.

_____. Climatic change on Mars. **Science Magazine**, vol. 181, n. 4104, p. 1045-1049, 14/set/1973.

SARMIENTO, Jorge L. *et al.* Simulated response of the ocean carbon cycle to anthropogenic climate warming. **Nature**, vol. 393, n. 6682, p. 245-249, 21/mai/1998.

SAWYER, J. S. Man-made carbon dioxide and the 'greenhouse' effect. **Nature**, vol. 239, n. 5366, p. 23-26, 01/set/1972.

SCHIERMEIER, Q. Climate change: the long road from Kyoto. **Nature**, vol. 426, n. 6968, p. 756, 18/dez/2003.

SCHIMEL, David S. The carbon equation. **Nature**, vol. 393, n. 6682, p. 208-209, 21/mai/1998.

SCHWARTZ, Stephen E.; ANDREAE, Meinrat O. Uncertainty in climate change caused by aerosols. **Science Magazine**, vol. 272, n. 5265, p. 1121-1122, 24/mai/1996.

SCHWARZBACH, Steven E. CFC alternatives under a cloud. **Nature**, vol. 376, n. 6538, p. 297-298, 27/jul/1995.

SCIENCE. Kennedy named editor-in-chief of Science. **Science Magazine**, vol. 286, n. 5443, p. 1263, 12/nov/1999.

SIMON, Herbert. A mutual deterrence or nuclear suicide. **Science Magazine**, vol. 223, n. 4638, p. 775, 24/02/1984.

SINGER, S. F. Will the world come to a horrible end? **Science Magazine**, vol. 170, n. 3954, p. 125, 09/out/1970.

_____. Stratospheric water vapour increase due to human activities. **Nature**, vol. 233, n. 5321, p. 543-545, 22/out/1971.

_____. Is the 'nuclear winter' real? **Nature**, vol. 310, n. 5979, p. 625, 23/ago/1984.

_____. On a nuclear winter. **Science Magazine**, vol. 227, n. 4685, p. 356, 25/01/1985.

_____. Ozone depletion theory. **Science Magazine**, vol. 261, n. 5125, p. 1101, 27/ago/1993.

_____. Climate change and consensus. **Science Magazine**, vol. 271, n. 5249, p. 581-582, 02/fev/1996.

_____. Science editor bias on climate change? **Science Magazine**, vol. 301, n. 5633, p. 595-596, 01/ago/2003.

SINGH, H. B. et al. Atmospheric halocarbons, hydrocarbons, and sulfur hexafluoride: global distributions, sources, and sinks. **Science Magazine**, vol. 203, n. 4383, p. 899-903, 02/mar/1979.

SMALL R. D.; BUSH B. W. Smoke production from multiple nuclear explosions in nonurban areas. **Science Magazine**, vol. 229, n. 4712, p. 465-469, 02/08/1985.

SOLOMON, Susan *et al.* On the depletion of Antarctic ozone. **Nature**, vol. 321, n. 6072, p. 755-758, 19/jun/1986.

SOLOMON, Susan; TUCK, Adrian. Evaluating ozone depletion potentials. **Nature**, vol. 348, n. 6298, p. 203-204, 15/nov/1990.

SOLOMON, Philip *et al.* High Concentrations of chlorine monoxide at low altitudes in the antarctic spring stratosphere: secular variation. **Nature**, vol. 328, n. 6129, p. 411-413, 30/jul/1987.

STAUFFER, Bernhard. Cornucopia of ice core results. **Nature**, vol. 399, n. 6735, p. 412-413, 03/jun/1999.

STOLARSKI R. S. *et al.* Nimbus 7 satellite measurements of the springtime Antarctic ozone decrease. **Nature**, vol. 322, n. 6082, p. 808-811, 28/ago/1986.

STUIVER, Minze. Atmospheric carbon dioxide and carbon reservoir changes. **Science Magazine**, vol. 199, N. 4326, p. 253-258, 20/jan/1978.

SU, Chih-Wu; GOLDBERG, Edward D. Chlorofluorocarbons in the atmosphere. **Nature**, vol. 245, n. 5419, p. 27, 07/set/1973.

TAKAHASHI, Taro. The fate of industrial carbon dioxide. **Science Magazine**, vol. 305, n. 5682, p. 352-53, 16/jul/2004.

TANS, Pieter P.; WHITE, James W. C. In balance, with a little help from the plants. **Science Magazine**, vol. 281, n. 5374, p. 183-184, 10/jul/1998.

TELLER, E. Widespread after-effects of nuclear war. **Nature**, vol. 310, n. 5979, p. 621-624, 23/ago/1984.

THOMAS, R. H. Thickening of the Ross Ice Shelf and equilibrium state of the West Antarctic Ice Sheet. **Nature**, vol. 259, n. 5540, p. 180-183, 22/jan/1976.

THOMPSON, Louis M. Weather variability, climatic change, and grain production. **Science Magazine**, vol. 188, n. 4188, p. 535-541, 09/mai/1975.

THOMPSON, S. L. *et al.* Is the 'nuclear winter' real? (reply). **Nature**, vol. 310, n. 5979, p. 625-626, 23/ago/1984.

THRUSH, Brian. Causes of ozone depletion. **Nature**, vol. 332, n. 6167, p. 784-785, 28/abr/1988.

TRAIN, Russel. The environment today. **Science Magazine**, vol. 201 n. 4353, p. 320-324, 28/jul/1978.

TROMP, T. K. *et al.* Potential accumulation of a cfc-replacement degradation product in seasonal wetlands. **Nature**, vol. 376, n. 6538, p. 327-330, 27/jul/1995.

TRUMBORE, Susan E. *et al.* Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change. **Science Magazine**, vol. 272, n. 5260, p. 393, 19/04/1996.

TUNG, Ka-Kit *et al.* Are Antarctic ozone variations a manifestation of dynamics or chemistry? **Nature**, vol. 322, n. 6082, p. 811-814, 28/ago/1986.

TURCO, R. P. *et al.* Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions. **Science Magazine**, vol. 222, n. 4630, pp 1283-1292, 23/dez/1983.

_____. Nuclear winter to be taken seriously. **Nature**, vol. 311, n. 5984, p. 307, 27/09/1984.

_____. On a nuclear winter. **Science Magazine**, vol. 227, n. 4685, p. 358, 25/01/1985.

_____. Climate and smoke: an appraisal of nuclear winter. **Science Magazine**, vol. 247, n. 4939, p. 166-176, 12/01/1990.

VEEH, H. H. e CHAPPEL, John. Astronomical theory of climatic change: support from New Guinea. **Science Magazine**, vol. 167, n. 3919, p. 862-865, 06/fev/1970.

VOGEL, Gretchen; LAWLER, Andrew. Hot year, bur cool response in the congress. **Science Magazine**, vol. 280, n. 53701, p. 1684, 12/jun/1998.

WANG, W. C. *et al.* Greenhouse effects due to man-made perturbations of trace gases. **Science Magazine**, vol. 194, n. 4266, p. 685-690, 12/nov/1976.

WATSON, Robert. Climate change: the political situation. **Science Magazine**, vol. 302, n. 5652, p. 1925-1926, 12/dez/2003.

WHILLAN, Ian M. State of equilibrium of the West Antarctic inland ice sheet. **Science Magazine**, vol. 182, n. 4111, p. 476-479, 02/nov/1973.

WICK, Gerald L. Nimbus weather satellites: remote sounding of the atmosphere. **Science Magazine**, vol. 172, n. 3989, p. 1222-1223, 18/jun/1971.

WIGLEY, T. M. L.; RAPER, S. B. C. Thermal expansions of sea water associated with global warming. **Nature**, vol. 330, n. 6144, p. 127-131, 12/nov/1987.

WIGLEY, T. M. L. *et al.* Anthropogenic influence on the autocorrelation structure of hemispheric-mean temperatures. **Science Magazine**, vol. 282, n. 5394, p. 1676-1679, 27/nov/1998.

WOFSY, Steven *et al.* Freon consumption: implications for atmospheric ozone. **Science Magazine**, vol. 187, n. 4176, p. 535-537, 14/fev/1975.

WOODWELL, G. M. CO₂ reduction and reforestation. **Science Magazine**, vol. 242, n. 4885, p. 1493, 16/dez/1988.

ZAFRA R. L., *et al.* High concentrations of chlorine monoxide at low altitudes in the antarctic spring stratosphere: diurnal variation. **Nature**, vol. 328, n. 6129, p. 408-411, 30/jul/1987.

2 - Outras Fontes

CALLENDAR, G. S. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, n. 64, p. 223-240, 1938.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. 3ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2001.

CRUTZEN, Paul. The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. **Quart. J. R. Met. Soc.**, vol., 96, n. 408, p. 320-325, abr/1970.

_____. **Biographical**. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1995/rowland-bio.html>. Acesso em 02/nov/2013.

CRUTZEN, P. J.; BIRKS, J. W. The atmosphere after a nuclear war: twilight at noon. **Ambio**, vol. 11, n. 02/03, p. 114-125, 1982.

DOBSON, G. M. B. Forty years' research on atmospheric ozone at oxford: a history. **Applied Optics**, vol. 7, n. 3, p. 387-405, mar/1968.

EHRLICH, Paul. Consequências biológicas de uma guerra nuclear. In: SAGAN, Carl *et al.* **O inverno nuclear**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985. p. 73-106.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **First assessment climate change**. [S. l.: s. n.] 1991.

_____. **Second assessment climate change**. [S. l.: s. n.] 1995.

_____. **Third assessment climate change**. [S. l.: s. n.] 2001.

MANABE, Syukuro; WETHERALD, Richard T. Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity. **Journal of the Atmospheric Sciences**, vol.24, n. 3, p. 241-259, maio/1967.

MANN, Michael. E.; JONES, P. D. Global surface temperatures over the past two millennia. **Geophysical Research Letters**, vol. 30, n. 15, p. 1820, ago/2003.

MOLINA, Mario J. **Biographical**. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1995/molina-bio.html>. Acesso em 02/out/2013.

MOLINA, L. T.; MOLINA, M. J. Production of Cl₂O₂ from the self-reaction of the ClO radical. **J. Phys. Chem.**, vol. 91, n. 2, p. 433-436, jan/1987.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Nimbus program history**. Out/2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (EUA). **Long-term worldwide effects of multiple nuclear-weapon detonations**. Washington/EUA, National Academy of Sciences, 1975.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Vienna convention for the protection of the ozone layer**. 1985.

_____. **Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer**. 1987.

_____. **Declaração da conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano**. 1972.

PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM. **Statement of the consequences of the use of nuclear weapons**. Vaticano: 7-8/out/1981.

PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM. **Declaration on prevention of nuclear war**. Vaticano: 23-24/set/1982.

PONTIFICIAE ACADEMIAE SCIENTIARVM. **Nuclear winter: a warning**. Vaticano: 23-24-25/ jan/1984.

REVELLE, R.; SUESS, H. Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO₂ during the past decades. **Tellus**, n. 9, pp. 18-27, 1957.

ROWLAND, Sherwood. **Biographical**. Disponível em: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1995/rowland-bio.html. Acesso em 02/out/2013.

SAGAN, C. A atmosfera e as consequências climáticas da Guerra Nuclear. SAGAN, C **et al. O Inverno Nuclear**. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora S. A., 1985, pp. 35-72.

SAGAN, Carl *et al.* **The cold and the dark: the world after a nuclear war**. New York/EUA: W. W. Norton &Company, Inc. 1985.

_____. **O inverno nuclear**. Trad. João Guilherme Linke. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985.

SAGAN, Carl; TURCO, Richard P. **A path where no man thought: nuclear winter and the end of the arms race**. New York/EUA: Random House, 1990.

SAGAN, Carl; TURCO, R. P. A weapon beyond control: environment: the pall of soot from torched gulf oil facilities would spread famine to noncombatants across Asia. **Los Angeles Times**, Los Angeles, 30/Jan/1991, p. B7.

SINGER, S. F. Does the Antarctic ozone hole have a future? **EOS**, vol. 69, n. 47, p. 1588, 22/nov/1988.

SOLOMON, Susan. The national ozone expedition. **Antarctic Journal**, vol. 22, n. 5, p. 242-243, 1987.

STEFFEN, Will *et al.* The anthropocene: conceptual and historical perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, vol. 369, p. 842-867, 31/jan/2011.

TOON, O. B. *et al.*, Condensation of HNO₃ and HCl in the winter polar stratosphere. **Geophys. Res. Lett.**, vol. 13, n. 12, p. 1284-1287, nov/1986.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION on CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change**. 1998.

_____. **Declarations and reservations by parties - Kyoto Protocol**. 2004. Disponível em: https://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/5424.php> Acesso em 12/dez/2013.

_____. **Meetings**. Disponível em: <<https://unfccc.int/meetings/items/6240.php>> Acesso em 12/dez/2013.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Declaration of the world climate conference**. Genebra: 12 – 23/fev/1979.

_____. **World climate research program**. Disponível em: <<http://www.wcrp-climate.org/index.php/about-wcrp/about-mission>> Acesso em 18/jul/2013.

Referências Bibliográficas

1 - Obra de Referência

FERREIRA, A. B. H. **Aurélio século XXI: o dicionário da Língua Portuguesa**. 3. ed. rev. E ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2004.

2 - Bibliografia Geral

ACOT, Pascal. **Histoire du climat: du big bang aux catastrophes climatiques**. Paris: Perrin, 2009.

BADASH, Lawrence. **A nuclear winter's tale: science and politics in the 1980's**. Cambridge, Mass: MIT Press, 2009.

BARATA, Germana. **Nature e Science: mudança na comunicação da ciência e a contribuição da ciência brasileira (1936-2009)**. 2010. 237f. Tese (Doutorado em História Social) - Departamento de História, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010.

BLACKBURN, Richard J. **O vampiro da razão**. São Paulo: Editora da Unesp, 1992.

BLOCH, Marc. **Apologia da história, ou, o ofício do historiador**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.

BODEI, Remo. **A história tem um sentido?** Bauru/SP: EDUSC, 1997.

BRAUDEL, Fernand. **Escritos sobre a história**. São Paulo: Perspectiva, 2005.

BRYSON, REID A.; MURRAY, THOMAS J. **Climates of hunger: mankind and the world's changing weather**. Wisconsin/EUA: The University of Wisconsin Press, 1977.

BURROUGHS, William James. **Climate change: a multidisciplinary approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

CASTORIADIS, Cornelius. **Diante da guerra**. São Paulo: Editora Brasiliense S. A., 1982.

CHALMERS, Alan F. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Editora da UNESP, 1994.

CHAUVEAU, Agnès; TÉTART, Philippe (orgs.). **Questões para a história do tempo presente**. Bauru/SP: EDUSC, 1999.

COLACIOS, R. D. Energias alternativas e a educação ambiental: uma proposta de transformação social e de cidadania. In: **X Encontro paranaense de educação ambiental**, Maringá, 2007.

_____. Matriz Energética Brasileira: consolidação, expansão, políticas e meio ambiente. (1971-1979). **Revista territórios e fronteiras**, v.2, n.1, p. 284-305, jan-jun/2009.

COLLINS, Harry; PINCH, Trevor. **O golem: o que você deveria saber sobre ciência.** São Paulo: Editora da UNESP, 2003.

COMPSTON, Hugh. **Climate change and political strategy.** London: Routledge, 2010.

DC COMICS. **Hellblazer.** n. 13, 1988.

DEARY, Terry. **The nuclear winter man.** Boston: Kingfisher, 1996.

DELÉAGE, Jean Paul. **Historia de la ecologia:** una ciencia del hombre y la naturaleza. Barcelona: Icaria Editorial, S. A., 1993.

EDWARDS, Paul. **A vast machine:** computer models, climate data, and the politics of global warming. Cambridge/EUA. The MIT Press, 2010.

EHRlich, Paul R. **The population bomb.** New York/EUA: Ballantine Books, 1968.

ELIAS, Norbert. **Sobre o tempo.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

FIGUEIREDO, Betânia G.; CONDÉ, Mauro L. L. (orgs). **Ciência, história e teoria.** Belo Horizonte, Argvmentum Editora, 2005.

FISHER, David. **Fire and ice:** the greenhouse effect, ozone depletion and nuclear winter. New York/EUA: Harper & Row, 1990.

FLANNERY, Tim. **Os senhores do clima.** Rio de Janeiro: Record, 2007.

FLECK, Ludwik. **Genesis and development of a scientific fact.** Chicago: The University of Chicago Press, 1981.

FLEMING, James Rodger. **Historical perspectives on climate change.** New York: Oxford University Press, 1998.

_____. **Fixing the sky:** the checkered history of weather and climate control. New York: Columbia University Press, 2010.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências:** introdução a filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Editora da UNESP, 1995.

FREIRE-MAIA, Ademar. **Guerra e paz com energia nuclear.** São Paulo: Ática, 1984.

GARDUÑO, René. **El veleidoso clima.** México D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1994.

GODREJ, Dinyar. **Cambio climático.** Barcelona: Intermón Oxfam, 2002.

GOLDEMBERG, José. **Qual é a questão do inverno nuclear?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.

GORE, Al. **A Terra em balanço:** ecologia e o espírito humano. São Paulo: AGUSTUS, 1993.

GOWAN, Peter. **A roleta global.** Rio de Janeiro: Record, 2003.

GRIBBIN, John. **O clima no futuro.** Portugal: Círculo de Leitores, 1982.

_____. **O buraco no céu.** São Paulo: Diagrama & Texto, 1988.

_____. **Hothouse earth:** the greenhouse effect and Gaia. Londres/Inglaterra: Black Swan Books, 1990.

HALACY Jr. D. S. **Ice of fire?** can we survive climatic change? New York/EUA: Barnes & Nobles Books, 1978.

HOBSBAWM, Eric. **Era dos extremos: o breve século XIX: 1914-1991**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

_____. **Sobre história**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

JANKOVIC, Vladimir e BARBOZA, Christina (Eds.) **Weather, local knowledge and everyday life: issues in integrated climate studies**. Rio de Janeiro: MAST, 2009.

KAHN, Hermann. **On thermonuclear war**. New Jersey/EUA: Princeton University Press, 1960.

KANDEL, Robert. **A evolução dos climas**. Lisboa/Portugal: Terramar, 1995.

_____. **O reaquecimento climático**. São Paulo: Edições Loyola, 2007.

KOSELLECK, Reinhart. **Futuro passado: contribuição à semântica dos tempos históricos**. Rio de Janeiro: Contraponto/Ed. PUC-Rio, 2006.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2006.

LADURIE, Emanuel Le Roy. **Historia del clima desde el año mil**. México: Fondo de Cultura Económica, 1991.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora da UNESP, 2000.

_____. Do Humano nas Técnicas. In: SCHEPS, Ruth (org.). **O império das técnicas**. Campinas: Papirus, 1996, pp. 155-166.

_____. Redes que a Razão Desconhece: Laboratórios, Bibliotecas, Coleções. In: BARATIN, Marc; JACOB, Christian (Dir.). **O poder das bibliotecas: a memória dos livros no Ocidente**. Trad. Marcela Mortara. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2008.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. **A vida de laboratório: a produção de fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1997.

LEFF, Enrique. **Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo de saberes**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

LE GOFF, Jacques. **História e memória**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc. **O pensar e a prática da ciência: antinomias da razão**. Bauru: EDUSC, 2004.

LOVELOCK, James. **Gaia: alerta final**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010.

MACHADO, Antônio D. **Energia nuclear e sociedade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980.

MAKHIJANI, Arjun; GURNEY, Kevin R. **Mending the ozone hole: science, technology, and policy**. Cambridge/EUA: The MIT Press, 1995.

MANN, Michael E. **The hockey stick and the climate wars: dispatch from the front lines**. New York: EUA, Columbia University Press, 2012.

MATTHEWS, William H. *et al.* **Man's impact on the climate**. Cambridge/EUA: The MIT Press, 1971.

MCCORMICK, John. **Rumo ao paraíso: a história do movimento ambientalista**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1992.

MEADOWS, D. *et al.* **Limites do crescimento**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1973.

MORIN, Edgar; WULF, Christoph. **Planeta: a aventura desconhecida**. São Paulo: Editora da UNESP, 2003.

MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. **Terra-Pátria**. Porto Alegre: Sulina, 2003.

MOSCOVICI, Serge. **Sociedade contra a natureza**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1975.

_____. **Natureza: para a pensar a ecologia**. Rio de Janeiro: Mauad X: Instituto Gaia, 2007.

NOVAES, Washington. **A década do impasse da Rio 92 a Rio + 10**. São Paulo, Estação Liberdade; Instituto Sócioambiental, 2002.

OFENSIVA de paz. Trad. Alceu de Amoroso Lima. Petropolis/RJ: Editora Vozes, 1965.

OLIVÉ, León. **La ciencia y la tecnologia en la sociedad del conocimiento: ética, política y epistemologia**. México D. F.: Fondo de Cultura Económica, 2007.

OPIE, John. **Nature's nation: an environmental history of the United States**. Florida/EUA: Harcourt Brace College Publishers, 1998.

ORESQUES, N.; CONWAY E. M. **Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming**. New York/EUA: Bloomsbury Press, 2010.

PEARCE, Fred. **O efeito de estufa**. Lisboa/Portugal: Edições 70, 1989.

PEREIRA, Antonio Celso Alves. **Os impérios e seus reféns: relações internacionais contemporâneas**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1984.

PESTRE, Dominique. Por uma nova história social e cultural das ciências: novas definições, novos objetos, novas abordagens. In: **Cadernos IG/UNICAMP**, vol. 6, número 1, 1996.

POMBO, Olga. Práticas interdisciplinares. In: **Sociologias** [online]. no. 15, 2006.

PORTOCARRERO, Vera. **As ciências da vida: de Canguilhem a Foucault**. Rio de Janeiro: Editora da Fiocruz, 2009.

PRIGOGINE, Ilya. **As leis do caos**. São Paulo: Editora da UNESP, 2002.

_____. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: Editora da UNESP, 1996.

RIBEIRO, Wagner C. **A ordem ambiental internacional**. São Paulo: Contexto, 2010.

RODGERS, Daniel T. **Age of fracture**. Cambridge/EUA: Harvard University Press, 2011.

ROJAS, Carlos Antonio Aguirre. **Tempo, duração e civilização: percursos braudelianos**. São Paulo: Cortez, 2001.

ROSA, Claudia Beltrão da. Da utilidade de uma história “histórica” da ciência. In: **Morpheus - Revista Eletrônica em Ciências Humanas**, ano 02, número 02, 2003.

ROSSET, Clément. **A Antinatureza: elementos para uma filosofia trágica**. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1989.

RÜSEN, Jörn. **Razão histórica: teoria da história: fundamentos da ciência histórica**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2010.

_____. **Reconstrução do passado:** teoria da história II: os princípios da pesquisa histórica. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2010.

_____. **História viva:** teoria da história III: formas e funções do conhecimento histórico. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2010.

SÁ, Dominichi Miranda de. **A ciência como profissão:** médicos, bacharéis e cientistas no Brasil (1895-1935). Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI:** desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel: Fundação do desenvolvimento administrativo, 1993.

SAGAN, Carl. **Os dragões do Éden.** Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1987.

_____. **El mundo y sus demonios:** la ciencia como una luz en la oscuridad. Barcelona/Espanha: Editorial Planeta S.A., 1997.

SCHAEFFER, Francis A. **Pollution and the Death of Man.** Illinois, 1973.

SCHNEIDER, Stephen H. (Editor). **Climate change science and policy.** Washington: Island Press, 2010.

SCHORSKE, Carl. **Pensando com a história:** indagações na passagem para o modernismo. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SHAPIN, Steven. **A social history of the truth:** civility and science in seventeenth-century England. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.

SHAPIN, Steven; SCHAFFER, Simon. **Leviathan and the air pump:** Hobbes, Boyle, and the Experimental Life. New Jersey: Princeton University Press, 1985.

SINGER, S. Fred (Ed.). **Global climate change:** human and natural influences. New York: Paragon House, 1989.

STUDY on MAN'S IMPACT on the CLIMATE (SMIC). **Inadvertent climate modification:** report of the study of man's impact on climate. Cambridge/EUA: The MIT Press, 1971.

STENGERS, Isabelle. **A invenção das ciências modernas.** São Paulo: Editora 34, 2002.

STIGLITZ, Joseph E. **Os exuberantes anos 90:** uma nova interpretação da década mais próspera da história. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

TARADE, Guy. **O livro negro da poluição.** Lisboa: Bertrand, 1980.

TARR, David W. **Nos bastidores da guerra fria.** Rio de Janeiro: Victor Publicações, 1968.

THOMPSON E. P. Notas sobre o exterminismo, o estágio final da civilização. In: THOMPSON, E. P. *et al.* **Exterminismo e guerra fria.** São Paulo: Editora Brasiliense, 1985, p.15-57.

TIEZZI, Enzo. **Tempos históricos, tempos biológicos.** A Terra ou a morte: os problemas da nova ecologia. São Paulo: Nobel, 1988.

VILLA, Rafael Duarte. **A Antártida no sistema internacional:** análise das relações entre atores estatais e não-estatais com base na perspectiva da questão ambiental. São Paulo: HUCITEC, 2004.

VON HIPPEL, Frank. Los Ataques a Quienes Criticaron La ‘Guerra de las Galaxias’ Sólo Pretenden Distraer La Atención. In: ACKLAND, Lean e MCGUIRE, Steven (Coord.). **La edad nuclear**. México D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1987, p. 184-190.

WARD, Bárbara; DUBOS, René. **Uma terra somente**: a preservação de um pequeno planeta. São Paulo: Edgar Blucher/Melhoramentos/Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.

WEART, Spencer. **El calentamiento global**. Pamplona/Espanha: Editorial Laetoli, 2006.

WORSTER, Donald. Para fazer história ambiental. In: **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro: vol. 4, n. 8, 1991.