

**MUDANÇAS AMBIENTAIS E OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS:
REFLEXÕES PARA OS GEOQUÍMICOS**

Y. Tardy¹, A.J. Melfi²

1. Universidade Louis Pasteur, Strasbourg - ORSTOM/USP

2. Departamento de Geofísica - IAG/NUPEGEL-USP

INTRODUÇÃO

Se é desejável que um diálogo se estabeleça entre a ciência e a religião, parece ser necessário que um maior relacionamento ocorra entre a ciência e a política. Da mesma forma, se é aceitável que um cientista seja motivado por uma fé ardente e que um religioso tenha plena fé na ciência, seria altamente desejável que os cientistas se preocupassem com as questões da sociedade e, sobretudo, que os políticos se interessassem por possuir uma boa cultura científica. Entretanto, assim como a pesquisa científica e o aprofundamento da fé religiosa são dois caminhos fundamentalmente distintos, também a reflexão científica e o discurso político não devem ser confundidos. Os níveis devem permanecer diferentes: o ceticismo científico é deslocado em relação à convicção religiosa, que tem outro tipo de preocupação, e a verdade científica se apresenta defasada em relação ao discurso político, que também tem um outro significado. Intelectualmente, os níveis devem ser diferenciados, o que nem sempre é fácil.

A ênfase científica consiste em construir dentro da dúvida e a procurar dentro da contradição. Paul Valéry escreveu: "Tudo que é simples é falso e tudo que é complicado é inexplorável". Seria desejável que encontrássemos um meio termo entre a facilidade e a complicação, tanto quanto entre a dúvida e a credibilidade.

A breve reflexão aqui apresentada, suscitada pelas idéias e proposições debatidas por ocasião da ECO-92, não tem por objetivo levar a polêmica ao plano político, nem desenvolver uma contradição sistemática no plano científico. Trata-se de uma reflexão crítica baseada sobre a formulação do cenário climático-ambiental, o qual parece de maneira preocupante criar a unanimidade.

I - O "CLIMA" DA ECO-92: FORMULAÇÃO UNÂNIME DO CENÁRIO CLIMÁTICO AMBIENTAL

O "clima" dos debates sobre meio ambiente, ocorridos durante a Conferência Internacional do Rio de Janeiro, foi totalmente sereno. O cenário climático-ambiental que sustentou as discussões pareceu ser admitido de maneira unânime. Tal cenário simplístico, emergente da comunidade científica internacional, admite que as

atuais alterações do clima são efeitos diretos do desenvolvimento industrial. As razões são simples de serem compreendidas. O gás carbônico (CO₂), gás que provoca o efeito estufa, acumulando-se na atmosfera, forma um tipo de cobertura transparente que induz, como sob uma estufa de plantas, um aquecimento artificial durante os meses de inverno. Assim, o aumento da temperatura na superfície da Terra é uma consequência natural do aumento da concentração de CO₂ e do aumento do efeito estufa.

A queima de combustíveis fósseis é o principal processo responsável pela produção de CO₂, como pode ser ilustrado pela equação de combustão:



Carvão/petróleo + oxigênio → gás carbônico + água

Como a produção de CO₂ aumenta mais rapidamente que o consumo, o excesso se acumula na atmosfera. Através do efeito estufa, a temperatura da Terra aumenta. As principais consequências desse aumento seriam duas:

1. o aumento global da temperatura seria maior nas regiões polares do que nas regiões tropicais. Ocorreria, dessa forma, um derretimento das geleiras, aumentando o nível dos oceanos, com consequente submersão de grande parte das terras baixas, densamente povoadas;
2. a evaporação acima dos oceanos aumentaria promovendo uma maior umidade relativa na atmosfera. Conseqüentemente, a pluviosidade sobre os continentes aumentaria provocando, por sua vez, aumento na vazão dos rios.

Dessa forma, foi concebida a idéia de que o desenvolvimento da sociedade vem sendo a causa de uma modificação real do clima e das condições do meio ambiente. Assim, o homem se considera diante de sua ação, plenamente responsável pelos acontecimentos, e pretende pela sua capacidade de atacar a natureza, ser eficiente em combater o mal que ele mesmo produziu. Em outras palavras, o Homem pensa poder regularizar o ocorrido e assim tornar a ser o dono da situação.

Na cruzada que se organiza, as florestas, e, particularmente, a misteriosa floresta tropical, têm uma participação im-

portante e se apresentam como símbolos verdes da vida sobre a Terra. A aliança entre os ecologistas e os meteorologistas é rapidamente concluída: o desmatamento é o mal, consequência do desenvolvimento, e o reflorestamento é o bem, remédio para a cura e para a salvação. Entretanto, parece claro para todos nós, que se por um lado, o cenário das alterações climáticas e de seu antídoto pelo reflorestamento, teve o mérito político de mobilizar a comunidade internacional em torno de um problema sério, por outro lado, tal cenário apresenta a falha científica de ser simples demais e unanimemente aceito para ser verdadeiro.

II - CRÍTICA AO CENÁRIO UNÂNIME

Retomando a idéia deste cenário simplificado, com o intuito de mostrar suas falhas, constata-se que somos levados a acreditar que a Terra está gravemente doente. Contudo, não estamos ainda aptos para constatar a veracidade dessa informação. A produção de CO_2 é o primeiro ponto a ser abordado, pois sabemos que a produção industrial não é o único parâmetro que controla a dinâmica do CO_2 atmosférico. O segundo ponto é que não é o CO_2 o principal gás do efeito estufa, mas sim a água.

Parâmetros que controlam o CO_2 atmosférico

Não há dúvida que a maior parte do CO_2 produzido e lançado na atmosfera vem da queima de combustíveis fósseis, e que essa produção aumenta com o desenvolvimento industrial. Entretanto, outros mecanismos se juntam, cotidianamente, a tal processo, podendo, em certos casos, ser mais importantes que a própria emissão de CO_2 devido à queima de combustíveis fósseis.

O erro freqüente que cometemos é o de concentrar nossa atenção somente sobre a produção de gás carbônico de origem industrial. Em primeiro lugar, devemos lembrar que, além da produção artificial de gás carbônico, existem vários processos de produção natural. Em segundo lugar, é importante enfatizar que, se existe a produção, existem também diversos processos naturais e artificiais que consomem o gás carbônico.

Em um estado de equilíbrio dinâmico, o fluxo de produção é igual ao fluxo de consumo. Caso a produção seja maior do

que o consumo, a concentração de CO_2 se acumula na atmosfera. Caso ocorra o contrário, a concentração de CO_2 decresce.

No total são cinco os mecanismos naturais ou artificiais que regem o teor de CO_2 na atmosfera.

1. A destruição e a regeneração da biomassa fóssil (carvão betume e petróleo) são devidos aos vários tipos de atividades industriais, mas também estão ligados a processos naturais, tais como:
 - combustão natural de sedimentos orgânicos expostos à erosão química dos continentes;
 - regeneração natural do carvão e do petróleo devido à erosão da matéria orgânica dos solos e sedimentação orgânica marinha ou continental.
2. A destruição ou regeneração da biomassa viva (florestas, caatingas, savanas, pastagens e biomassa continental, da mesma forma que fitoplâncton, zooplâncton e biomassa marinha):
 - diminuição natural da biomassa oceânica ou da floresta, acompanhando as crises climáticas naturais;
 - desmatamento e exploração industrial da floresta;
 - reflorestamento e agricultura.
3. Consumo natural de CO_2 pela erosão química da litosfera:
 - a dissolução natural dos carbonatos e a hidrólise natural dos silicatos no manto de intemperismo consomem CO_2 . Os fluxos de consumo são diretamente ligados ao clima (pluviosidade e temperatura) e ao bioclima (mineralização da matéria orgânica no solo).
4. Produção natural de CO_2 ligado ao tectonismo de placas:
 - a transformação natural dos carbonatos em silicatos por metamorfismo e a troca hidrotermal entre o magnésio do oceano e o cálcio das cadeias oceânicas, levando à precipitação do carbonato de cálcio, são dois mecanismos naturais de produção do CO_2 .
5. Dissolução ou precipitação dos carbonatos marinhos:
 - a precipitação de carbonatos no fundo dos oceanos libera CO_2 dissolvido, que acabará alcançando a atmosfera. Ao contrário, a dissolução de carbo-

atos marinhos é um processo que consome CO_2 . Esse processo de dissolução de CO_2 atmosférico aumenta à medida que a temperatura abaixa e diminui quando a temperatura aumenta. Essa "respiração" incessante do oceano, parâmetro importante dentro do clima global, modifica o balanço de CO_2 atmosférico.

Concluindo, vê-se que o teor de CO_2 atmosférico é controlado pelos seguintes fatores: flutuação da biomassa fóssil; flutuação da biomassa viva; dissolução e precipitação de carbonatos marinhos; erosão mecânica do humus, transporte, sedimentação e conservação dos materiais orgânicos; erosão química dos continentes; cadências da tectônica global.

Portanto, percebe-se que os mecanismos que regem o teor de CO_2 na atmosfera são numerosos e, em sua maioria, naturais. Assim, o equilíbrio dinâmico do Planeta Terra, quanto ao CO_2 , depende do balanço existente entre todos esses fatores assinalados. O maior regulador desses mecanismos de produção e consumo de CO_2 é o clima da Terra.

Infelizmente ou felizmente, os fatos são mais complexos do que geralmente imaginamos. O exemplo da floresta é significativo. A reconstrução da floresta, a curto prazo, é um paliativo para o amortecimento do aumento de CO_2 atmosférico. Um paliativo a longo prazo seria a reconstrução, a cada ano, do total de matéria orgânica fóssil destruída por combustão industrial.

O principal gás do efeito estufa é o vapor d'água

Sabe-se, desde há muito tempo, que o principal gás causador do efeito estufa não é o gás carbônico, mas sim o vapor d'água, presente na atmosfera em quantidade muito maior que o CO_2 . Não existe razão nenhuma em se privilegiar o CO_2 ou CH_4 em relação a H_2O . O efeito estufa relacionado com o vapor d'água, que flutua naturalmente com o ciclo hidrológico, foi até nossos dias desprezado.

As flutuações do teor de vapor d'água e das concentrações de CO_2 na atmosfera são, ao mesmo tempo, as causas e as conseqüências das flutuações climáticas. Provavelmente, o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera seja devido a atividade

humana, contudo, não é certo que as "alterações climáticas" observadas nos últimos anos sejam causadas pela mesma razão. É perfeitamente possível, mas ainda não comprovado, que o significativo aumento da concentração de CO_2 na atmosfera possa ocorrer paralelamente ao aquecimento do globo sem, contudo, ser a sua causa.

Em conseqüência, seria desejável que no futuro a pesquisa se concentrasse não somente sobre as conseqüências dos excessos indubitáveis de produção de CO_2 , mas também sobre as causas das flutuações climáticas e seus efeitos sobre a composição da atmosfera.

III - ALTERAÇÕES OU OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS? UMA ALTERNATIVA ATUAL

1. *As flutuações do clima são fenômenos naturais*

Recentemente, foi demonstrado em todas as escalas do tempo, presente, histórico, pré-histórico e geológico (100, 1000, 10000, 100000, 10^6 , 10^8 anos) que:

- o clima, caracterizado pela temperatura, pluviosidade e vazão dos rios, naturalmente, sofre flutuação;
- a amplitude dessas flutuações é significativa e da mesma ordem de grandeza em todas as escalas do tempo;
- o conjunto de oscilações que podem parecer erráticas ou quase cíclicas são, de fato, policíclicas.

No século passado, as oscilações do clima parecem muito mais associadas às variações cíclicas de distribuição das chuvas e temperatura, sobre um balanço de energia global constante, do que às variações globais de energia recebida pela Terra.

Em todas as escalas do tempo, apesar da existência de certas defasagens, as oscilações climáticas parecem se associar às flutuações de parâmetros ambientais tais como: a concentração de CO_2 da atmosfera, as taxas de erosão, o pH do oceano e talvez até mesmo aos teores de ozônio da atmosfera.

Os modelos climáticos principais podem ser enquadrados em dois tipos: 1) clima global quente e úmido, com elevado teor de CO_2 na atmosfera e 2) clima global frio e seco, com baixo teor de CO_2 na atmosfera. Carece ainda determinar como flutuam os outros parâmetros em relação ao clima.

Em todas as escalas do tempo, as flutuações do clima surgem como uma seqüência ininterrupta de crises climáticas, cuja amplitude tem às vezes ultrapassado, em demasia, a amplitude da chamada "crise atual". Num passado distante, as crises climáticas severas que ocorreram no mundo, foram também crises ambientais e não estavam associadas ao desenvolvimento industrial.

Dessa forma, o desenvolvimento industrial, sem dúvida o responsável pelo aumento de CO₂ ou de CH₄ na atmosfera, não pode ser considerado como a origem única da alteração climática global hoje observada. Provavelmente, ele atua no mesmo sentido, mas não é diretamente o responsável. É possível, mas ainda não confirmado, que o clima flutua de modo independente em relação às ações do Homem, e é provável que as alterações observadas hoje em dia não representam uma tendência induzida ou provocada, mas sim sejam, principalmente, devido a oscilações naturais.

2. *As oscilações do clima correspondem às distribuições regionais diferentes*

As oscilações climáticas em uma mesma região do globo terrestre seguem o mesmo ritmo, embora não sejam sincronizadas. De uma região à outra, as flutuações se apresentam defasadas. As secas e os dilúvios, os períodos frios e os episódios se propagam de uma região à outra.

Numa primeira aproximação, não é o clima global que se altera, mas a distribuição das flutuações climáticas que ocorrem de acordo com quatro modos principais: quente e úmido contra frio e seco em uma parte, quente e seco contra frio e úmido em outra parte. A evolução global constatada atualmente, apresenta-se com um aumento da temperatura e da pluviosidade global. Entretanto, enquanto a temperatura na superfície do solo aumenta, na estratosfera, ela diminui. Enquanto, na Costa Oeste dos Estados Unidos, a temperatura aumenta, na Costa Leste, ela diminui. As compensações são produzidas, de uma forma geral, para o globo terrestre.

A pluviosidade e a umidade relativa do ar, se comportam da mesma maneira. Enquanto, na Amazônia, a umidade relativa aumenta, em outras regiões, como nas savanas da África, ela diminui.

Portanto, concluímos que seria errado

afirmar que o aumento do efeito estufa provoca conseqüências negativas em toda parte do globo. Algumas podem ser positivas, enquanto outras podem, efetivamente, ser negativas. Dessa forma, não podemos aplicar os mesmos critérios no julgamento das conseqüências nefastas ou benéficas das alterações climáticas.

IV - OS VERDADEIROS E OS FALSOS PROBLEMAS

O problema, sem dúvida, não é temer pelos efeitos das alterações climáticas, pelas quais seríamos responsáveis. Possivelmente, o desenvolvimento não é a única causa das alterações do clima. O problema não é saber como combater as crises climáticas que imaginamos provocar. As soluções que geralmente encontramos para melhorar a situação do homem na Terra, geram mais malefícios do que benefícios. O remédio é, às vezes, pior que o mal.

O verdadeiro problema é talvez saber como se adaptar às flutuações climáticas, ao invés de procurar algum tipo de solução ou modificar o curso da natureza. Para se adaptar às oscilações climáticas, precisamos estabelecer um sistema de observação e de medida que nos permita conhecer a Terra. É preciso multiplicar as informações ao invés de partir para a guerra contra um inimigo que nem sequer conhecemos, e do qual tememos suas reações imprevisíveis.

O verdadeiro problema é, enfim, aquele da higiene, tanto em escala individual, como na escala do Planeta. A humanidade inteira, assim como cada indivíduo, alimenta-se e rejeita os dejetos. A alimentação e a excreção são as duas funções essenciais do desenvolvimento. Querer controlar uma das duas portas sem também controlar a outra não é um projeto viável. A higiene pessoal consiste em separar os alimentos dos excrementos. Para a humanidade o processo é semelhante. O entrave ao desenvolvimento virá, naturalmente, em caso que não tenhamos mais condições de manejar os dejetos e em caso de falta de higiene do Planeta.

O verdadeiro problema é, na realidade, de educação e da higiene das populações humanas em diferentes níveis, até mesmo a nível mundial.

O problema da produção de CO₂, do aumento do efeito estufa, do aumento da temperatura e da mudança climática global não deve ser confundido com os problemas

de tratamento de outros dejetos da civilização nem da higiene pessoal, coletiva e planetária.

O gás carbônico, sem dúvida, não é o veneno mais perigoso para o planeta. Os metais pesados, os pesticidas, as chuvas ácidas, a coçafna e outras drogas, são muito mais perigosos do que o CO₂.

Aliás, todo o mundo, não necessariamente se lastimará de um aumento de temperatura da atmosfera. De forma inversa, podemos nos questionar também sobre quais serão as amplitudes das catástrofes caso o clima da Terra se torne bem mais frio que hoje.

CONCLUSÃO

CIÊNCIAS DO PLANETA: DESAFIO PARA O SÉCULO 21

A Conferência Internacional do Rio de Janeiro apresentou uma oportunidade de troca de pontos de vista. Ela também mostrou ser a ocasião para uma combinação de idéias sobre análise, reflexão e proposições, tanto de cunho científico, como político. Os cientistas ensaiaram suas idéias num contexto político e os políticos tentaram, temporariamente, jogar o intrincado jogo da ciência. Desse grande encontro coletivo, de aparência geral um tanto quanto irrealista, derrotista e cacofônica, surge, entretanto, uma mensagem de otimismo, de esperança para a humanidade e para o Planeta Terra.

Do Rio de Janeiro nasceu a idéia de que, em se tratando de questões ambientais, o direito internacional deve, doravante, ser construído ao redor de dois grandes princípios. O primeiro, reconhecendo a existência de um meio ambiente comum a toda a humanidade. A gestão do patrimônio mundial deverá ser também objeto de uma indispensável cooperação e de um necessário entendimento entre Estados, regiões e comunidades. O segundo, reconhecendo a necessidade de manter a diversidade ambiental, biológica e cultural: diversidade dos ecossistemas, das espécies animais e vegetais; diversidade de povos, etnias e culturas. Esses temas devem ser também objeto de uma indispensável cooperação para a educação de todos.

O primeiro conceito releva o princípio da solidariedade. O segundo conceito releva o princípio da liberdade.

Caso o ceticismo científico esteja de-

fasado em relação à convicção religiosa e em relação ao discurso político, é necessário, entretanto, que a moral, a ética e o direito dos indivíduos a nível da sociedade, bem como a moral, a ética e o direito a nível internacional, se adaptem à verdade científica, sempre em transformação, frequentemente em contradição e talvez em erro. Felizmente, ou infelizmente, as coisas não são tão simples.

Dessa forma, a verdade científica, mesmo frágil e efêmera, pode estar diante do direito. Sem cadastro, não existe propriedade. Sem um esforço dos cientistas para estabelecer um estado das coisas ou para definir, dentro de sua complexidade, o meio ambiente do Planeta Terra, a legislação internacional, conseqüentemente não poderá progredir.

Pertence então, aos cientistas, a definição do ambiente global em seu estado médio. Compete ainda aos pesquisadores, definir o ambiente global com relação à sua diversidade geográfica, sua história e amplitude das flutuações que o caracterizam. É ainda responsabilidade dos mesmos, separar as oscilações naturais do clima ou dos parâmetros ambientais, dos distúrbios provocados pelo desenvolvimento.

Sem esse esforço, não existirá legislação, reconhecimento das responsabilidades e nem justiça internacional. Não existirá mais cooperação durável para a gestão do planeta Terra.

Podemos questionar também, qual relacionamento deve ser estabelecido entre a ciência e a ética. Sem a ética mundial para inspirar o direito internacional e a educação dos povos, não existirá o respeito pela natureza e pela biodiversidade. E o que seria da ética sem a moral? O que seria da moral sem a religião?

Sem confundir os planos, a ciência deveria também se preocupar com a evolução do direito e da política, como também com a evolução da moral e da religião. Esse será um questionamento do qual o próximo século não deverá escapar.

Esperamos, então, que a ECO-92 seja o ponto de partida de grandes programas de observação, vigilância e controle permanente do estado flutuante do meio ambiente global.

Esperamos, também, que a ECO-92 não seja o ponto final do cenário climático-ambiental unânime, errado por ser simples demais, mas interessante por ser mobilizador.