

A ANÁLISE DO EFEITO ESTUFA EM TEXTOS PARA-DIDÁTICOS E PERIÓDICOS JORNALÍSTICOS

Maria Emília Rehder Xavier^a [milaxavier@hotmail.com]
Américo Sansigolo Kerr^a [akerr@if.usp.br]

^aInstituto de Física da Universidade de São Paulo

INTRODUÇÃO

As questões ambientais têm sido amplamente discutidas nos últimos tempos. Um dos temas mais abordados é o Efeito Estufa. Sua presença é constante em revistas e jornais, o que é bom sob o ponto de vista da visibilidade de um problema ecológico importante. Todavia essa popularização tem sido acompanhada por abordagens com alta incidência de equívocos. O grande poder de disseminação de informações pelos meios de comunicação acaba favorecendo a cristalização de erros conceituais junto à população. Isso é perceptível, inclusive, entre os alunos que ingressam no curso de Física da Poluição do Ar no Instituto de Física da USP. Tendo em vista que esse amostral é seletivo no contexto educacional do país, pode-se presumir que o ensino médio não esteja corrigindo tais equívocos junto aos seus estudantes. Na verdade é muito possível que esteja reproduzindo-os, dadas as lacunas sobre este tema na formação dos professores e à carência de material didático adequado ao seu tratamento.

Por ser uma questão que pode interferir nas condições ambientais do planeta e na vida do ser humano, é importante a correta compreensão da sua dimensão, causas e conseqüências. Neste sentido é importante uma cobrança ativa dos meios de comunicação e dos autores de textos para-didáticos quanto à qualidade das informações transmitidas sobre o Efeito Estufa, especialmente quanto à responsabilidade antropogênica na sua possível intensificação e sobre como isso pode ser evitado.

São muito comuns e equivocadas as abordagens catastrofistas deterministas. Transmitem em geral que estamos diante de um efeito maléfico, quando na verdade ele é importante para o desenvolvimento da biosfera e o que traz inquietação são as alterações observadas em seu padrão. Mesmo que estas abordagens tenham por objetivo alertar quanto a possível evolução deste problema, elas são deseducativas e refletem uma tentativa de manipulação do público alvo. Ao final pode-se terminar alimentando um efeito oposto pois os sinais de mudanças climáticas são fracos do ponto de vista da percepção humana e lentos se considerado o espaço de tempo de uma vida. Ao mesmo tempo elas podem não se consolidar, por força de fatores ainda não considerados devidamente nos modelos climáticos disponíveis.

Entretanto as atividades antropogênicas que podem vir a afetar o clima terrestre, já introduzem problemas graves no cotidiano de nossa sociedade, que no entanto costumam ser tratados como “naturais”. É o caso, por exemplo, do atual sistema de transporte individual, altamente poluidor, consumidor de um recurso energético não renovável e que tem representado um enorme caos urbano nas grandes metrópoles.

Neste trabalho apresentamos inicialmente uma breve revisão sobre os modelos científicos relacionados ao Efeito Estufa. Deste modo pretendeu-se viabilizar o contraste entre as elaborações por eles desenvolvidas e aqueles conceitos transmitidos pelos textos paradidáticos e jornalísticos avaliados. Cremos que a discussão apresentada possa ser útil em aulas de Física sobre o Efeito Estufa no ensino médio ou como material de apoio aos professores.

De qualquer modo o próprio estudo da qualidade das informações fornecidas por estes meios de comunicação e livros para-didáticos, que tratam do tema em vários contextos, também pode ser útil quando usado de maneira adequada como material de apoio às aulas de Física no ensino médio. A sua leitura e discussão podem mostrar ao aluno que a Física está presente em seu cotidiano e é importante para seu futuro.

O EFEITO ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

A atmosfera da Terra é constituída de gases que são bastante transparentes à radiação solar, enquanto absorvem grande parte da radiação emitida pela sua superfície aquecida. Isso faz com que a superfície terrestre tenha uma temperatura maior do que aquela sem a atmosfera. Tal processo é conhecido como Efeito Estufa.

Há uma grande preocupação quanto aos riscos de sua intensificação e aos seus reflexos sobre o clima do planeta. Avalia-se que alterações no Efeito Estufa estejam causando Mudanças Climáticas Globais, o que dá uma idéia da dificuldade existente no desenvolvimento de modelos que prevejam suas conseqüências. O clima é um conceito abstrato e complexo que envolve dados de temperatura, umidade, tipos e quantidade de precipitação, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, radiação solar, tipo de nuvens e a área que cobrem, bem como outros fenômenos do tempo como nevoeiro, tempestades, geadas e as relações entre eles (**BRITANNICA, 2001**).

Construir um modelo para as mudanças climáticas compreende, portanto, o conhecimento total do tempo e do comportamento atmosférico por um período longo nas diversas regiões do planeta. As muitas grandezas envolvidas e a complexidade de seu adequado equacionamento fazem com que as incertezas em simular mudanças climáticas sejam muito grandes.

A breve revisão apresentada a seguir acompanha a evolução destes modelos, mostrando a progressiva inclusão dos efeitos que interferem nas variações de temperatura, bem como as demais alterações ambientais que a elas poderão estar associadas. Parte-se das primeiras abordagens que consideravam apenas a interferência da atmosfera no balanço radioativo Terra-sol e que posteriormente incluíram a influência da superfície terrestre, dos oceanos e superfícies geladas, que afetariam o albedo terrestre e a presença e ação dos aerossóis atmosféricos. Os efeitos de realimentação gerados por nuvens, oceanos, mudança no padrão de crescimento dos vegetais etc., têm sido objeto de grande atenção, pois representam atualmente a principal fonte de incerteza nestes modelos.

Balanço radioativo Terra-Sol

Toda a energia disponível na Terra, basicamente, vem do Sol. Considerando-se o sistema Terra-Sol, pode-se obter um modelo para estimar a temperatura média da superfície terrestre, usando a teoria de emissão e absorção de radiação por corpo negro.

O espectro do Sol é parecido com o espectro de um corpo negro a uma temperatura de 6000K e emite radiação principalmente na faixa de 0,2 a 4 μm (ondas curtas), com pico na região da luz visível. Já a Terra tem um espectro parecido com o de um corpo negro a uma temperatura de 300K e emite radiação na faixa de 4 a 100 μm (ondas longas), com pico na faixa do infravermelho (**MITCHELL, 1989:116; SEINFELD, 1986: 445, 1998:26**).

A potência de emissão de um corpo negro é dada pela seguinte relação:

$$E_B = \sigma T^4 \quad (1)$$

onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann e T a temperatura absoluta do corpo.

A Terra absorve a radiação solar a uma taxa de:

$$E_A = S (1 - \alpha)/4 \quad (2)$$

onde S é a taxa de radiação solar que chega ao topo da atmosfera terrestre, chamada de constante solar. Sua medida por satélites varia entre 1365 a 1372 W.m^{-2} (**RAMANATHAN et al., 1989**);

α é a fração de radiação refletida pela superfície e atmosfera terrestres (albedo);

o fator 1/4 deve-se à distribuição desta energia sobre a superfície terrestre. Veja que o disco da Terra que intercepta a radiação solar tem área πR^2 . Mas a energia distribui-se pela superfície esférica da terra ($4\pi R^2$). Portanto, $\pi R^2/4\pi R^2 = 1/4$.

Considerando-se que em um ciclo onde a Terra tem uma temperatura média constante ela está em equilíbrio térmico (aproximadamente o que ocorre em um ciclo anual), pode-se igualar a eq. 2 com a eq. 1, ou seja,

$$S (1 - \alpha)/4 = \sigma T^4 \quad (3)$$

Como o albedo terrestre vale aproximadamente 0,30, a temperatura calculada pela eq.3 é de 255K, ou seja, -18°C . Este valor é cerca de 33K menor que o observado ($\sim 15^\circ\text{C}$), mostrando que apenas o equilíbrio radioativo Terra-Sol não basta para explicar a temperatura média da superfície terrestre.

A Atmosfera e o Efeito Estufa

Incluindo-se na análise do balanço de transferência de energia a presença da atmosfera e os processos que nela ocorrem, a temperatura calculada pelo modelo se aproxima da temperatura observada.

Na atmosfera acontecem processos de troca de energia térmica importantes para o clima terrestre. Existem a condução de calor, a convecção e por último a interação da radiação

eletromagnética com os gases e partículas que compõem a atmosfera. Neste último caso pode ocorrer absorção ou algum processo de espalhamento que dependem de fatores como o comprimento de onda da radiação, a composição química dos componentes envolvidos e o tamanho das partículas.

As moléculas de vapor de água, dióxido de carbono e outros gases-estufa praticamente não absorvem a radiação solar (ondas curtas), mas absorvem a radiação vinda da superfície da Terra (ondas longas). Estes gases atmosféricos aquecidos também emitem radiação, a qual dirige-se em parte para a terra e em parte para o espaço. Isso produz um aquecimento adicional da superfície terrestre, possibilitando que a sua temperatura média global seja cerca de 15°C ao invés daqueles inóspitos -18°C calculados apenas pelo equilíbrio Terra-Sol (equação 3). É isso que chamamos de Efeito Estufa. Como pode-se perceber, ele propicia uma condição climática bastante favorável ao desenvolvimento da biosfera terrestre.

Perturbações no Efeito Estufa e Mudanças Climáticas Globais

Gases atmosféricos que são relativamente transparentes para a radiação solar, mas absorvem a radiação emitida pela superfície da Terra, são chamados de gases estufa. Os mais importantes têm ocorrência natural e são o vapor de água, dióxido de carbono, ozônio, metano e óxido nitroso. A tabela-1 mostra a concentração atual destes gases na atmosfera e a parcela de retenção de energia de cada um deles no Efeito Estufa (cujo total é de cerca de 155 W.m⁻²). Percebe-se que o vapor de água participa com 65% do efeito, o CO₂ com 32% e os demais gases com apenas 3%. Claro, portanto, que o vapor de água é o principal gás estufa e que o CO₂ é o segundo em importância, com uma contribuição que é a metade do primeiro.

Gás	Concentração (ppm)	Aquecimento estufa (W.m ⁻²)	Varição desde o ano 1750 até ~2000 (W.m ⁻²)
vapor de água (H ₂ O)	~3000	~100	
dióxido de Carbono (CO ₂)	345	~50	1.46
Metano (CH ₄)	1.7	1.7	0.48
óxido nitroso (N ₂ O)	0.30	1.3	0.15
Ozônio (O ₃) na Troposfera	10-100x10 ⁻³	1.3	0.35
CFC 11	0.22x10 ⁻³	0.06	0.06
CFC 12	0.38x10 ⁻³	0.12	0.12
Todos Halocarbonos		0.34	0.34

Tabela 1: Concentrações atuais e aquecimento estufa devido a gases traço

FONTE: MITCHELL, 1989 e IPCC, 2001.

Na verdade, a maior preocupação tem sido com mudanças relativamente recentes e ponderáveis nas concentrações de gases, devido a atividades antropogênicas. Isso foi observado mais intensamente após a Revolução Industrial. A energia para funcionamento dos equipamentos, para transporte, aquecimento etc, baseou-se na queima de combustíveis fósseis, principal recurso energético empregado até hoje. Esta é a maior fonte antropogênica de gases estufa como o dióxido de carbono, além do que a evaporação de combustíveis é responsável pela emissão de metano e outros compostos orgânicos. A atividade entérica é

outra fonte grande de metano. O aumento das concentrações de O₃ na troposfera, também deve-se particularmente às reações fotoquímicas que se processam com produtos e resíduos do uso de combustíveis fósseis.

Avalia-se que a temperatura média da terra esteja subindo e os modelos climáticos têm relacionado isto ao aumento da concentração dos gases estufa.

A última coluna da tabela-1 mostra a variação na retenção de energia devido ao incremento observado na concentração de gases estufa desde o ano 1750. Perceba-se, por exemplo, que enquanto a contribuição do CO₂ no efeito total (penúltima coluna) é ~30 vezes maior que a do metano, sua parcela no incremento observado (última coluna) é apenas 3 vezes maior que a do metano. Portanto, para fins de deslocamentos de tendências climáticas, o que pesa mais são os correspondentes deslocamentos nas concentrações e nos diferentes fatores climáticos.

Deve-se ter em conta, ainda, que a contribuição de um gás neste efeito depende do comprimento de onda no qual ele absorve radiação, de sua concentração, de sua intensidade de absorção por molécula, de quão fortemente os outros gases concorrem com ele nos mesmos comprimentos de onda e do seu tempo de residência na atmosfera.

A absorção pelo vapor de água e dióxido de carbono é tão forte que outros gases que absorvem em comprimentos de onda similares contribuirão muito pouco com o Efeito Estufa, a não ser que tenham concentrações parecidas. Entretanto, existe uma região do espectro de ondas longas, de 8 a 12 μm, conhecida como “janela atmosférica”, onde a absorção por vapor de água e CO₂ é fraca. Outros gases traço como ozônio, CFCs, metano e óxido nitroso têm bandas de absorção nesta região ou próximo dela e contribuem para o aprisionamento de radiação, apesar das baixas concentrações.

Note-se, portanto, que não há uma resposta linear da temperatura ao aumento de gases estufa. Mas não há dúvida que isto produza uma maior retenção de radiação na atmosfera, apesar disto por si só não ser suficiente para produzir um aumento da temperatura superficial terrestre. O balanço energético global do planeta é complexo e a concentração dos gases é apenas um dos componentes que o influenciam. Vejamos alguns outros aspectos.

Contexto geral dos fatores que regem o clima e suas mudanças

Os Modelos Climáticos Globais têm estimado que as emissões antropogênicas estão causando uma intensificação do Efeito Estufa. Avalia-se como conseqüência que desde 1861 a temperatura média da terra subiu (0,6 ± 0,2)°C. Mesmo se a concentração dos gases estufa parasse de aumentar, o planeta ainda sofreria um aquecimento. Isso porque alguns gases têm uma vida média longa, fazendo com que eles permaneçam atuando na atmosfera por um longo tempo após sua emissão.

As possíveis conseqüências deste aquecimento seriam: o derretimento da água congelada na cobertura de montanhas e em geleiras, a elevação dos oceanos devido a esse

derretimento e à expansão térmica da água, o aumento da quantidade de nuvens, vapor de água e, conseqüentemente, da quantidade de chuvas, alteração das características do ambiente em diferentes regiões etc.

Mas estas são as tendências avaliadas como mais prováveis e não certezas absolutas. Da mesma forma, mesmo que seja muito provável, não é absolutamente certo que as mudanças climáticas sejam de origem antropogênica e não oscilações naturais do clima. Note-se, ainda, que mesmo a variação detectada para a temperatura média da superfície terrestre (0,6°C) é um valor muito próximo das incertezas de medida. Apenas recentemente a comunidade científica passou a considerar que este é um sinal que se diferencia do ruído de medida.

Vejamos um pouco melhor a complexidade deste problema.

A maior parte da energia que a Terra recebe do Sol é redistribuída pelas circulações atmosféricas e oceânicas e irradiadas de volta para o espaço em comprimento de onda mais longo (infravermelho). A energia ou radiação solar que chega é balanceada pela radiação terrestre que sai. Qualquer fator que altere a radiação recebida do Sol ou perdida para o espaço, ou que altere a redistribuição dentro da atmosfera ou entre a atmosfera, terra e oceanos, pode afetar o clima. Convencionou-se chamar de forçante positiva ou negativa uma mudança na energia radioativa líquida disponível no sistema Terra-atmosfera que tenda a aquecê-la ou resfriá-la, respectivamente.

Os gases estufa, portanto, têm representado uma forçante positiva.

Mas o próprio uso de combustíveis fósseis que gera gases estufa, também propicia a formação de partículas que podem espalhar a radiação solar, sendo esta uma forçante negativa. Já o negro de fumo (fuligem) absorve radiação com alta eficiência, sendo uma forçante positiva. Na maioria dos casos avalia-se que os aerossóis troposféricos tendem a produzir uma forçante negativa e provocar um resfriamento.

Um exemplo disto são os aerossóis de sulfatos que aumentam a capacidade da atmosfera espalhar a radiação solar antes que ela possa atingir a superfície da terra. Eles também participam da formação de nuvens, podendo alterar a área de cobertura por nuvens ou os tipos de nuvens formadas (CHARLSON et al., 1994:32).

As nuvens representam um dos principais fatores de incerteza nos modelos climáticos. Alterações nos padrões das nuvens tanto poderão produzir um efeito de aquecimento quanto resfriamento, dependendo das características que prevaleçam. Por exemplo, o albedo - reflexão da luz - é uma forçante negativa, enquanto o calor liberado na condensação do vapor de água é uma forçante positiva. HARRIES (2000), comenta que tipicamente as nuvens representam uma forçante média de -20 W.m^{-2} , mas que predições recentes de alguns modelos têm dado valores entre 0 e -30 W.m^{-2} . Avalie-se a dimensão desta incerteza pela forçante total de $2,4 \text{ W.m}^{-2}$ estimada para os principais gases estufa, listados na tabela-1.

Erupções vulcânicas podem produzir uma grande, mas transitória, forçante negativa, tendendo a resfriar a superfície terrestre e a baixa atmosfera durante alguns anos. A radiação vinda do Sol varia em pequenas proporções (0,1%) em um ciclo de 11 anos e variações podem acontecer em períodos mais longos. Em escalas de dezenas a milhares de anos, variações lentas na órbita da Terra ocasionaram mudanças na distribuição sazonal e latitudinal

da radiação solar. Estas mudanças foram importantes na definição de variações climáticas em passado mais distante, ciclos glacial e interglacial.

Há, ainda, uma série de efeitos de realimentação positiva ou negativa, que podem intensificar ou atenuar mudanças de temperatura. Maiores temperaturas, por exemplo, provocam maior taxa de vapor de água na atmosfera, o que por sua vez intensificaria o Efeito Estufa. Mas isso pode, ainda, alterar o padrão das nuvens, gerando uma realimentação negativa.

Quando as forçantes mudam, o clima responde em várias escalas de tempo. A mais longa resposta se deve a grande capacidade térmica das profundezas dos oceanos e ao ajuste dinâmico das placas de gelo. Isto significa que a resposta transiente (positiva ou negativa) a uma mudança pode durar milhares de anos. Qualquer mudança no balanço radioativo da Terra, incluindo aqueles devido ao aumento dos gases estufa ou dos aerossóis, alterarão o ciclo hidrológico global e a circulação atmosférica e oceânica, em conseqüência, afetarão os padrões de tempo, as temperaturas regionais e a precipitação.

Portanto, qualquer mudança climática causada por ações antropogênicas estará embutida nas variações climáticas naturais que ocorrem em uma série de escalas de tempo e espaço. A variabilidade climática pode acontecer como um resultado de alterações naturais nas forçantes do sistema climático, por exemplo, variações na radiação solar recebida e mudanças na concentração de aerossóis provenientes de erupções vulcânicas. Variações naturais também podem ocorrer na ausência de mudanças nas forçantes externas, como resultado de interações complexas entre componentes do sistema climático, por exemplo, a dependência entre atmosfera e oceanos” (**TECHNICAL SUMMARY, 2001**). Essa é uma conclusão importante para esta parte da discussão, extraída dos relatórios do último encontro do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Os relatórios destes encontros são fontes de consulta fundamentais sobre esta questão. Fornecem dados atualizados do sistema climático e do trabalho desenvolvido pelos principais grupos científicos internacionais que atuam nesta área (**IPCC 2001**).

Os modelos científicos e as iniciativas sociais

Como apontado nesta revisão, os modelos climáticos em seu estágio atual estimam que haverá um aquecimento global com suas presumíveis e desastrosas conseqüências. Mas está claro, também, que esta não é uma evolução inexoravelmente definida e que há incertezas apreciáveis em tais previsões.

Independentemente da racionalidade científica com que analisamos o problema a possibilidade de que venham catástrofes é algo muito presente no imaginário popular. Isso é resultado de que as pessoas percebem as profundas alterações que a humanidade tem introduzido sobre a face da terra. Suas conseqüências localizadas são perceptíveis e determinadas (impermeabilização do solo e conseqüentes alagamentos, efeito ilha de calor, malefícios da poluição do ar, stress urbano etc). É intuitivo, portanto que conseqüências globais desastrosas também estejam se delineando, mesmo que possa haver ainda muitas incertezas quanto aos resultados oferecidos pelos modelos científicos.

Ocorre que se os modelos estiverem corretos quanto à avaliação das interferências antropogênicas sobre o clima, é imprescindível uma ação rápida para controle das emissões dos gases estufa.

Esta ação envolveria uma intervenção radical na principal base energética de nossa sociedade, que fundamenta-se na queima de combustíveis fósseis, principalmente na produção direta de energia e transportes. Isso afetaria os interesses imediatistas de lucro de todo sistema capitalista de produção e comércio de mercadorias. Também envolveria conflitos políticos e econômicos, como pode-se notar na manifestação do presidente americano George Bush contra a redução de emissão de CO₂, proposta pelo Protocolo de Kyoto. Este tipo de manifestação contrária à adoção de limites de emissão de poluentes busca fundamentar suas posições nos “custos econômicos” envolvidos nos processos de prevenção de efeitos que são muito incertos, segundo seu ponto de vista.

Não há dúvidas de que as incertezas existem. Mas se tais previsões se concretizarem, os danos econômicos e sociais projetados serão muito superiores aos ganhos que poucos terão acumulado ao ignorarem o controle da parcela antropogênica do Efeito Estufa.

Independente das incertezas quanto às mudanças climáticas e seus efeitos, não há dúvidas quanto aos danos advindos das mesmas ações antropogênicas que geram os gases estufa. A produção de energia, os transportes e outras fontes de gases estufa, geram outros poluentes e danos à saúde humana e ao meio ambiente em geral. Neste sentido o artigo “Hidden Health Benefits of Greenhouse Gas Mitigation” (CIFUENTES et al., 2001), aponta muito bem os benefícios adicionais à saúde que o controle da emissão de gases estufa traria.

Está claro que se a catástrofe climática tem doses de incerteza, a catástrofe cotidiana da poluição do ar e degradação ambiental é bastante concreta e palpável. Solucioná-las significaria, também, prevenir os danos ainda maiores que podem advir das mudanças climáticas. São apenas os objetivos de lucro imediato e a qualquer custo que sustentam a negativa dos impérios econômicos em assumir medidas como aquelas propostas pelo Protocolo de Kyoto.

SELEÇÃO DO MATERIAL ANALISADO

Os textos jornalísticos e para-didáticos selecionados foram tratados separadamente, mesmo que em alguns casos houvesse falhas semelhantes entre eles. Distingui-los é importante porque a estrutura dos textos didáticos em geral é muito mais elaborada e cuidadosa que o material jornalístico. Entretanto, os eixos principais sobre os quais desenvolvemos o trabalho de crítica, foram os mesmos e estão destacados abaixo.

1. A apresentação do Efeito Estufa como algo maléfico, misturando o que é o efeito principal com as suas possíveis alterações.
2. A não diferenciação entre o que é a contribuição do vapor de água, dióxido de carbono e outros gases para o efeito principal e em suas alterações.
3. O tratamento de hipóteses como algo definitivo, apresentado de forma taxativa;

4. A falta de discussão quanto as incertezas nas mudanças do efeito estufa e nas correspondentes projeções de conseqüências.

Os artigos de jornais e revistas foram selecionados após uma pesquisa na Internet nos sites dos jornais Folha de São Paulo e O Estado de São Paulo e das revistas Veja, Época, Super Interessante e Galileu. Estudou-se todos os textos encontrados no período entre fevereiro de 2000 e agosto de 2001, num total de 26 artigos (**Apêndice-I: PERIÓDICOS 2001**).

Fez-se uma busca ampla de todos os livros para-didáticos que tinham alguma relação com o tema. Utilizou-se o sistema Dedalus da USP, visita aos sites das editoras Moderna e Scipione e percorreu-se a relação de títulos de duas grandes livrarias. Na visita aos sites das editoras foram listados 12 livros, sendo que destes apenas três foram encontrados para compra. Dois livros estavam disponíveis no sistema Dedalus, um deles na biblioteca e o outro no GREF - Grupo de Re-elaboração do Ensino da Física, que gentilmente autorizou sua consulta para este trabalho. Finalmente conseguiu-se o livro da coleção Ciência Hoje, na sede da SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - na USP, que autorizou a utilização nesta análise de uma cópia da parte referente ao tema em estudo. Ao todo, agrupou-se seis livros (**Apêndice-I: PARA-DIDÁTICOS 2001**).

ANÁLISE DOS ARTIGOS DE PERIÓDICOS JORNALÍSTICOS

A tendência a apresentar uma hipótese como algo definitivo está presente em vinte artigos e como conseqüência direta disto tem-se a classificação do efeito como algo maléfico e a adoção de uma visão de que ele desdobrar-se-á em catástrofes inevitáveis.

Os trechos abaixo, retirados de alguns dos artigos selecionados, mostram claramente essa apresentação de uma hipótese como algo definitivo, no caso as secas e inundações, e a visão catastrófica, sugerida pelas assustadoras previsões.

“... Esqueça por um momento que as marés vão subir e que o planeta vai virar uma sauna daqui a um século. Um grupo de médicos de quatro países, entre eles o Brasil, apresenta hoje um argumento bem mais poderoso para que se acelere o combate aos gases estufa: salvar vidas...” (Jornal Folha de São Paulo, 17/08/2001)

“... a temperatura média da superfície terrestre subirá entre 1 e 3,5°C até 2010. A mudança significará mais enchentes, aumento do risco de transmissão de doenças infecciosas por insetos e elevação do nível do mar...” (Revista Época, 21/02/2000, edição 92)

“... Além de extensa reportagem detalhando as catástrofes já em andamento e as que nos esperam se o aquecimento global não for contido, a revista Time ocupou sua última página reproduzindo uma carta pública ao presidente...” (Revista Super Interessante, Maio de 2001, edição 1641)

Ainda nesta direção, percebe-se uma falta de rigor científico ao se classificar o efeito como algo catastrófico. Não há uma diferenciação entre a efeito principal, benéfico ao

planeta, e suas variações. As conseqüências destas variações são encaradas como certas e imutáveis. Isso não é adequado, pois existem probabilidades estimadas para sua ocorrência e incertezas bastante significativas para estas previsões, particularmente devido aos efeitos de realimentação no sistema climático.

Os trechos a seguir reforçam estes dois aspectos.

“... O efeito estufa é o responsável pelos invernos menos frios e as primaveras antecipadas registradas nos últimos trinta anos no hemisfério Norte...” (Jornal Folha de São Paulo, 23/04/2001)

“... A mudança climática é mais grave do que pensavam os especialistas e seus efeitos serão sentidos durante séculos...” (Jornal Folha de São Paulo, 22/01/2001)

O dióxido de carbono é citado como principal gás estufa em 21 artigos, quando é o vapor de água que ocupa tal posição, sendo secundado de longe pelo CO₂. Trata-se obviamente de uma confusão ou desconhecimento sobre o que é o efeito estufa em si e o que tem provocado sua intensificação. Neste último caso sim o CO₂ tem sido apontado como o principal gás provocador de forçante radioativa positiva. Raramente são mencionados os demais gases. Apesar deles existirem em pouca quantidade na atmosfera, acabam interferindo bastante na variação do efeito devido aos diversos fatores analisados na revisão bibliográfica. Os exemplos abaixo ilustram esta questão.

“... recordes de emissão de gás carbônico – o principal responsável pelo aquecimento – nos últimos cinquenta anos...” (Revista Veja, 18/04/2001, edição 1696)

“... Para interromper o aquecimento global, será preciso substituir os combustíveis fósseis por uma fonte limpa de energia, que não produza o gás CO₂, principal causador do efeito estufa...” (Revista Super interessante, Especial Ecologia, Junho de 2001)

A discussão sobre as incertezas quanto às prováveis conseqüências deste efeito aparece em apenas quatro artigos e, ainda assim, de maneira incompleta e sempre em conjunto a uma série de outras imprecisões de diferentes ordens.

“... As futuras mudanças no clima da Terra podem acontecer repentinamente, provocadas por fatores humanos como a fumaça das indústrias, (...). Ainda há alto grau de incertezas nas previsões...” (Jornal Folha de São Paulo, 12/07/2001)

“... mas há 90% de chances de que esse aumento de temperatura fique entre 1,7 e 4,9°C. Existem alguns fatores de incerteza, porém. ‘Os seres humanos são um deles, e coisas incertas como crescimento populacional, crescimento econômico, desenvolvimento tecnológico e consciência dos problemas ambientais são outros’ disse o pesquisador...” (Jornal Folha de São Paulo, 21/07/2001)

Alguns artigos, entretanto, pelo menos parcialmente, tratam o tema de maneira adequada. Em sua maioria, isto ocorre quando cientistas são os autores ou quando eles participam da execução deste artigo. Nestes casos o procedimento adotado é aquele próprio da

divulgação científica, como nas revistas Scientific American ou Ciência Hoje. Abaixo tem-se alguns enxertos de artigos jornalísticos que podem exemplificar estes fatos. No primeiro caso, nota-se a preocupação com as incertezas envolvidas neste efeito e no segundo, indica-se o vapor de água como principal causador do efeito.

“... Durante várias horas, levantamos uma série de objeções a fatos e incertezas sobre mudanças climáticas. Finalmente Baron anunciou que, se não parássemos com as objeções, ia suspender a reunião. Eis como a discordância científica foi tratada!...” (Jornal O Estado de São Paulo, 14/06/2001)

“... As principais substâncias causadoras do efeito Estufa são vapor de água e nuvens. Nos modelos o vapor e as nuvens multiplicam, por três ou quatro, o que o dióxido de carbono faria sozinho. Mas alguns aspectos do modelo são muito incertos...” (Jornal O Estado de São Paulo, 24/06/2001)

ANÁLISE DOS TEXTOS PARA-DIDÁTICOS

A análise dos livros para-didáticos seguiu os mesmos critérios definidos para os artigos. Como cada livro apresentou um enfoque diferente, eles serão tratados separadamente.

O primeiro a ser analisado foi Ciência Hoje na Escola, volume 1, Céu e Terra (**JANUZZI, 2000**). Este livro é voltado para alunos do ensino fundamental, mas pode ser usado para o ensino médio.

Ele trata a relação Energia e Efeito Estufa, mostrando o quanto é importante a economia de energia e o uso de fontes alternativas. Não se aprofunda na discussão do efeito em si, ou seja, dos conceitos físicos envolvidos. Discute de maneira adequada o aquecimento global e as conseqüências deste aquecimento, mostrando as possibilidades e as suas prováveis ocorrências. Assume que a melhor forma de manter o equilíbrio do Efeito Estufa é o fim da produção de substâncias químicas que podem afetá-lo.

Sua abordagem é simples, discutindo apenas os pontos principais do efeito. Mas utiliza uma linguagem adequada ao público alvo do ensino fundamental. O texto tem uma diagramação em blocos, ou seja, a página é dividida em partes e em cada parte é apresentado um grupo de figuras para ilustração e desenvolvimento do tema.

O segundo livro analisado foi Poluentes Atmosféricos (**HELENE et al., 2000**). Dos quatro pontos definidos para análise, apenas o segundo que diz respeito a discussão sobre a contribuição do vapor de água, dióxido de carbono e outros gases no efeito principal e em suas variações, a nosso ver, não foi devidamente tratado.

O material separa o efeito principal e suas variações, o que desfaz a idéia comum de que o efeito é maléfico. Mas comete uma imprecisão ao definir o Efeito Estufa como “*um fenômeno natural de manutenção do calor da Terra*”. O conceito físico mais adequado no caso é de manutenção da temperatura superficial média da Terra (a idéia de calor é de energia em trânsito). Mas ele discute corretamente as alterações deste efeito, apresenta a influência de ações antropogênicas nestas alterações no clima do planeta e como isto poderia afetar o meio ambiente e a vida do ser humano.

Quando aborda o balanço radioativo simplificado da Terra, apresenta outra pequena imprecisão. Assume que 30% da energia solar que atinge o planeta é refletida de volta para o espaço, apenas pela atmosfera. Entretanto, tal reflexão ocorre na atmosfera e na superfície do planeta, como inclusive ilustra o esquema que acompanha o texto.

Trata da relação emissão antropogênica de gases estufa, Efeito Estufa, mudanças climáticas e aquecimento global. Mostra, por meio de um gráfico, a semelhança dos comportamentos da variação da temperatura terrestre e dos níveis de dióxido de carbono presentes na atmosfera.

Mostra corretamente que se confirmada a hipótese atualmente aceita, a temperatura superficial média da Terra aumentaria e ocasionaria várias alterações climáticas e ambientais. Também indica que se nada for feito para minimizar este efeito, poderão ocorrer catástrofes climáticas como a elevação dos níveis dos oceanos, a mudança na distribuição das chuvas, a conseqüente redução na produção agrícola etc.

Os gases estufa, dióxido de carbono, metano e CFCs, suas fontes naturais e antropogênicas e sua participação no Efeito Estufa principal e em suas variações são discutidas. O gás carbônico é visto de forma bem abrangente, mas não se discute a participação do vapor de água neste processo. Como já dissemos, ele é simplesmente citado como uma incerteza que devido a elevação da temperatura poderia causar uma intensificação do efeito. Não são tratadas outras possíveis incertezas, como as nuvens e seu provável crescimento ou a grande capacidade de compensação por armazenamento de energia que têm os oceanos.

O terceiro livro a ser analisado foi Energia e Meio Ambiente (**BRANCO, 1990a**). De algum modo ele apresentou problema em relação a todos os pontos que destacamos para análise crítica. Em parte isso pode ser atribuído ao fato de ser um livro com 11 anos, portando alguma desatualização por idade. Nos últimos anos os modelos evoluíram bastante, como discutimos em nossa revisão bibliográfica. Ao mesmo tempo, sua abordagem reflete uma perspectiva biológica, em consonância com a especialidade do autor.

Vale salientar, ainda, que ao contrário do livro anterior que trata de poluentes atmosféricos, tema muito ligado ao Efeito Estufa, este cuida de energia e meio ambiente. Neste caso o efeito representa apenas uma das várias conseqüências que o tipo de energia utilizado pelo homem porta ao meio ambiente. O tema é tratado quando o autor apresenta os compostos de carbono gerados pela queima de combustíveis fósseis.

A primeira parte consiste em uma apresentação da distribuição de energia solar que atinge o planeta. Isto é feito por meio de uma tabela que divide esta energia em função termodinâmica e função fotobiológica, mostra seu destino e sua quantidade em porcentagem, sendo apenas citados os processos envolvidos, como por exemplo, energia refletida pelo solo, geleiras, vegetação e oceanos.

A seguir, faz uma análise do gás carbônico existente no ar, seu equilíbrio natural e suas variações provocadas por ações antropogênicas.

Segundo o autor, “(...) o excesso de gás carbônico é o principal causador do fenômeno efeito estufa (...)”. Portanto, ele não diferencia entre o efeito principal, benéfico, e suas variações, que podem vir a acarretar perturbações prejudiciais à vida sobre a Terra. Em

consequência disso, o gás carbônico é apresentado como seu principal causador, e não o vapor de água que nem é citado. Não trata dos outros gases estufa, como os CFCs e metano.

Apresenta uma visão catastrófica do efeito e suas consequências, e isto é feito de maneira taxativa. Segundo o autor, “(...) *Uma das consequências mais aterrorizantes do efeito estufa será o derretimento de parte das geleiras continentais, provocando elevação do nível dos oceanos (...)*”.

Um último aspecto é a ausência de discussão sobre as incertezas envolvidas neste processo, o quanto isto pode afetar as previsões de suas consequências e as medidas necessárias para minimizar este efeito.

O livro seguinte que foi analisado é do mesmo autor anterior e se chama “Ambiente em Debate” (BRANCO, 1990b). Neste caso a abordagem do tema é bem mais concisa. Novamente neste caso ele discute o meio ambiente em geral e acaba apresentando limitações similares àquelas que comentamos sobre o livro anterior, ou seja, desatualização de dados e abordagem sob uma ótica biológica. O tema é tratado de forma bem resumida, duas páginas apenas, em um capítulo que trata as chuvas ácidas e o efeito estufa.

O metano e o gás carbônico são apresentados como alguns dos gases “*que deixam penetrar a luz e não deixam sair o calor*” e por isto afetariam o Efeito Estufa. Informa que dados sobre a temperatura atmosférica revelam uma elevação progressiva coincidente com o desenvolvimento tecnológico-industrial, ou seja, com as queimas de combustíveis que emitem gases.

Ele não discute a influência destes e outros gases no Efeito Estufa, não faz uma diferenciação entre o efeito principal, sua natureza, suas variações, as possíveis consequências e as diversas incertezas compreendidas.

Não é taxativo ao afirmar sobre consequências catastróficas, mas limita a possibilidade de elevação do nível dos oceanos ao derretimento de massas de gelo, não considerando a expansão volumétrica da água com a temperatura. Segundo ele, “(...) *consequência, porém, de características catastróficas, poderá ser a elevação do nível do mar, devido ao derretimento de grandes massas de gelo (...)*”. Admite a complexidade do assunto e a dificuldade de previsão de possíveis danos devidos as atividades antropogênicas.

Em seguida, foi analisado o livro “Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento” (GOLDEMBERG, 1998). O autor apresenta uma visão atualizada sobre a questão do Efeito Estufa.

Discute o efeito principal, sua propriedade benéfica que permite a existência de vida na Terra e sua variação devido a emissão de poluentes e aerossóis antropogênicos ou acontecimentos naturais, como os aerossóis de vulcões. Um diagrama ilustrativo do balanço energético do planeta ilustra o efeito geral.

Discute as variáveis envolvidas nas previsões de mudanças climáticas, o processo de realimentação, “*que amplifica ou reduz o aquecimento levando a mudanças no clima*”, e os modelos matemáticos para o sistema climático, que ajudam a prever as possíveis variações.

Aceita as hipóteses de aquecimento global como adequadas, mas sujeitas a variações já que muitas incertezas estão envolvidas. Segundo o autor, “(...) *em seu estado atual, esses*

modelos são razoavelmente grosseiros, o que resulta em incertezas consideráveis nas previsões de mudanças climáticas (...)”.

Afirma que os gases mais relevantes para variação do efeito são o vapor de água, dióxido de carbono, metano, CFCs e óxido de nitrogênio. Ao analisar a participação destes gases no efeito afirma haver uma dependência entre a sua contribuição ao aquecimento, seu tempo de vida na atmosfera e suas interações com outros gases e vapor de água. Segundo ele, “(...) o CO_2 é o principal contribuidor ao aquecimento por efeito estufa, mas o fato do CH_4 ter um $GWPI$ 11 vezes maior do que o CO_2 explica por que o metano, que é muito menos abundante do que o CO_2 na atmosfera, contribui significativamente para o aquecimento global (...)”.

O último livro a ser analisado foi “Cronologia das Ciências e das Descobertas” (ASIMOV, 1993). Este não é um material produzido para fins didáticos e mostra-se bastante inadequado ao tratamento do tema em questão.

Ele não diferencia o efeito principal de sua variação e acredita que o gás carbônico é o principal causador deste feito. Não é feita nenhuma discussão referente aos outros gases envolvidos, as hipóteses de prováveis conseqüências e suas incertezas. O efeito é encarado como algo maléfico e de características catastróficas.

CONCLUSÃO

A análise dos textos de periódicos jornalísticos mostra que a maioria dos artigos não usa um tratamento adequado quando discute o Efeito Estufa como principal causador das mudanças climáticas. Percebe-se o predomínio de uma visão catastrófica, causada pela confusão do efeito principal com sua variação, e a ausência de rigor científico no tratamento da questão.

O poder que estes meios de comunicação têm de influenciar a formação das pessoas é muito grande e pode atingir todas os segmentos da sociedade. Os reflexos sobre as concepções dos alunos são diretos, como leitores, ou indiretos, através dos canais sociais pelos quais ocorre a difusão das informações jornalísticas. Daí, a importância deste tema ser abordado adequadamente, principalmente por se tratar de um assunto que pode afetar profundamente a vida do ser humano e a habitabilidade do nosso planeta.

Esta situação poderia ser corrigida se os jornais e revistas adotassem procedimentos próprios ao tratamento de temas especializados e complexos. O uso de assessorias ou a encomenda de artigos a especialistas seriam algumas destas formas, mas isto muitas vezes é desconsiderado. Pode-se relacionar como hipóteses prováveis para tal procedimento o custo que acarretaria ou, talvez, o fato de que práticas de perfil sensacionalistas chamam mais atenção e acabam vendendo mais (OLSON, 2000).

A ausência de rigor científico caracterizou-se principalmente pela adoção do dióxido de carbono como principal causador do Efeito Estufa, ao invés do vapor de água. O que os

¹ Potencial de Aquecimento Global é baseado no tempo de vida do gás na atmosfera e em suas interações com outros gases e com vapor de água

modelos têm estabelecido é que o mais importante gás estufa é o vapor de água e que o maior perturbador do Efeito Estufa é o dióxido de carbono. Vale recordar que quando levamos em conta a variação do efeito, gases pouco significativos passam a ter uma grande importância graças à perturbação que podem introduzir devido ao seu tempo de residência ou de absorverem radiação em comprimentos de onda muito particulares.

A análise dos livros para-didáticos diferiu um pouco da análise dos artigos. Como seria de se esperar, eles mostraram-se mais coerentes com as hipóteses aceitas pela comunidade científica, mas ainda assim alguns autores deixaram lacunas significativas ao tratarem do tema. Como estes livros são destinados ao ensino, é importante que sejam formulados com grande cuidado e redobrada atenção. Diferentemente dos textos jornalísticos, que em geral têm que ser respostas rápidas aos fatos, a produção de livros propicia o tempo necessário para a pesquisa do tema e para a devida revisão do texto.

Observaram-se distorções nas previsões de conseqüências do Efeito Estufa, assim como falhas na indicação dos gases estufa, suas fontes naturais e antropogênicas, variações nos seus níveis de emissão, seus efeitos na saúde humana e possível participação em outros efeitos ou problemas ambientais.

Os livros “Poluentes Atmosféricos” e “Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento” se mostraram mais adequados para o uso em salas de aula do ensino médio. O livro “Ciência Hoje na Escola” poderia ser usado como ponto inicial de trabalho, mas ele necessitaria de livros complementares ou uma maior participação do professor, já que é voltado para o ensino fundamental e tem uma abordagem correta, mas simples.

É importante notar que os livros que se mostraram mais adequados, de acordo com este estudo, também são os mais atuais.

Pensando-se na sala de aula, todas as informações, cientificamente corretas ou não, disponibilizadas nestes materiais poderiam ser usadas para o aprimoramento dos conceitos envolvidos ou para apresentação de um efeito ou conceito. As falhas ou distorções presentes nos textos poderiam ser usadas de maneira positiva, servindo de base para o ensino dos conceitos e informações que têm base científica por meio da interação e do diálogo entre professores e alunos.

Uma das abordagens do modelo construtivista, quando trata das questões relevantes à aprendizagem, propõe que o erro produzido pelo aluno não seja eliminado, mas abordado de uma maneira mais positiva. Segundo **ASTOLFI (1999)**, *o objetivo perseguido é chegar a erradicá-los das produções dos alunos, mas se admite que, como meio para consegui-lo, deve-se deixar que apareçam – inclusive provocando-os.*

Além disso, por serem assuntos e informações atuais, são extremamente importantes na motivação do aluno, auxiliando na formação de uma visão global do tema, em seu desenvolvimento como cidadão e no aprimoramento de sua capacidade de diálogo e crítica.

O mesmo pode ser mencionado a respeito dos artigos e livros para-didáticos, ou seja, eles constituem uma grande fonte de informação e motivação e suas eventuais falhas devem ser usadas de maneira a aprimorar e enriquecer os conhecimentos e concepções dos alunos, além de desenvolver sua formação e enfatizar suas responsabilidades, deveres e direitos como cidadão.

GLOSSÁRIO

Albedo: fração da radiação solar interceptada pela Terra que é refletida de volta ao espaço pela atmosfera e superfície terrestres.

Clima: síntese das condições de tempo que prevalecem em uma região durante um longo período, normalmente 30 anos. Deve levar em conta tanto a média dos elementos climáticos como suas variabilidades e relações. Os elementos climáticos são temperatura, umidade, tipo, frequência e quantidade de precipitação, velocidade e direção do vento, pressão atmosférica, radiação solar, tipo e cobertura de nuvens e outros fenômenos temporais como neblina, tempestades e gelo.

Condução: transferência de energia térmica por interações entre o átomos ou moléculas, mas sem que ocorra transporte dos próprios átomos ou moléculas. No ar a condução se processa pela colisão direta entre as moléculas dos gases que o compõem.

Convecção: a energia térmica é transportada pelo deslocamento de massa. Na atmosfera, por exemplo, durante o dia a camada de ar que fica próximo ao solo tende a se aquecer por condução e absorção de radiação, adquirindo densidade menor do que a massa de ar que está sobre ela. Essa massa de ar aquecida é então transportada para cima pela força de empuxo, carregando consigo a energia térmica que acumulou.

Corpo negro: absorve toda a radiação incidente sobre ele. É também um radiador ideal e, estando em equilíbrio térmico, a radiação que emite é característica de sua temperatura..

Emissões antropogênicas: emissões de componentes gasosos, partículas sólidas, líquidas ou, mesmo, vivíveis (bactérias, vírus etc) causadas por ações humanas.

Gases estufa: Gases atmosféricos que são relativamente transparentes para a radiação solar (predomínio de comprimentos de onda curtos), mas que absorvem a radiação emitida pela superfície da Terra (predomínio de comprimentos de onda longos).

Tempo (meteorológico): conjunto de condições meteorológicas como temperatura, umidade, precipitação, vento, pressão atmosférica e radiação solar, que prevalecem em um lugar específico durante um período de tempo (físico) curto. Note-se que o clima, como definido mais acima, é uma síntese das condições de tempo que prevaleceram em uma região por períodos longos (cerca de 30 anos).

APÊNDICE-I

PARA-DIDÁTICOS 2001

Editora Scipione: <http://www.scipione.com.br>

Editora Moderna: <http://www.editoramoderna.com.br>

Livraria Siciliano: <http://www.siciliano.com.br>

Livraria Saraiva: <http://www.saraiva.com.br>

Sistema Dedalus: <http://www.usp.br/sibi>

Revista Ciência Hoje: <http://www.cienciahoje.com.br>

PERIÓDICOS 2001:

Jornal O Estado de São Paulo: <http://www.estado.com.br>

1. Visão apocalíptica oculta progresso humano, Bjorn Lomborg, The Guardian, 19/08/2001.
2. Redução de poluentes ganha apoio empresarial, Carlos Franco, 22/07/2001.
3. O aquecimento da Terra é realmente perigoso?, entrevista com Richard Lindzen, do MIT, e Andrew Weaver, da Universidade de Vitória, Los Angeles Times, 24/06/2001.
4. Congresso dos EUA discute o efeito estufa, Roberto Kishinami, 29/07/2001.
5. Aquecimento global não deve ser tão intenso, 20/07/2001.
6. Como fica a luta pelo clima, Luiz Weis, 04/08/2002.

Jornal Folha de São Paulo: <http://www.folha.com.br>

1. Aquecimento da Terra é mais grave do que se pensava, France Presse, Xangai, China, 22/01/2001.
2. Aquecimento global pode estar derretendo solo do Ártico, Reuters, Nairóbi, Quênia, 07/02/2001.
3. Atmosfera perde capacidade autolimpante, Cláudio Ângelo, 04/05/2001.
4. Cientistas que negam efeito estufa são minoria, diz especialista., Reuters, Nairóbi, Quênia, 05/04/2001.
5. Combate a gases-estufa pode salvar vidas, Cláudio Ângelo, 17/08/2001.
6. Degelo do Ártico acelera aquecimento do clima da Terra, France Presse, Nairóbi, Quênia, 07/02/2001.
7. Ecologistas defendem soluções caseiras para luta contra efeito estufa, France Presse, Bonn, Alemanha, 17/02/2001.
8. Efeito estufa pode causar alterações climáticas repentinas, Reuters, Amsterdã, Holanda, 12/07/2001.
9. Empresas aceitam combater efeito estufa para evitar leis rígidas, Keith Bradsher e Andrew Revkin, The New York Times, 15/05/2001.
10. Estudo dos EUA prevê temperaturas mais altas no planeta em 2100, Reuters, Washington, EUA, 21/07/2001.

11. Gelo do Ártico está derretendo rápido, diz explorador norueguês, Reuters, Ottawa, Canadá, 28/05/2001.
12. Mudanças climáticas são a grande preocupação do terceiro milênio, France Presse, Paris, França, 12/12/2000.
13. Cientistas analisam clima nos últimos 30 anos de efeito estufa, France Presse, Washington, EUA, 23/04/2001.
14. O que é o efeito estufa, Enciclopédia da Folha.

Revista Veja: <http://www.veja.com.br>

1. A natureza contra-ataca, Bia Barbosa, 18/04/2001.

Revista Época: <http://www.epoca.com.br>

1. Os maiores estragos do efeito estufa, 21/02/2000.

Revista Super Interessante: <http://www.superinteressante.com.br>

1. Temperatura Crítica, Gilberto Stam, Especial Ecologia, Junho de 2001.
2. Uma nova revolução, André Penner, Araquém Alcântara, Joel Rocha, Especial Ecologia, Junho de 2001.

Revista Galileu: <http://www.galileu.com.br>

1. Amazônia: a floresta combate (sim) o efeito estufa, José Tadeu Arantes, Edição 111, Outubro de 2000.
2. Aquecimento fora de controle, Paulo D'Amara, Edição 118, Maio de 2001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, J. P. El "error", un medio para enseñar, *Colección investigación y enseñanza: Diada*, 1999

ASIMOV, Isaac. *Cronologia das ciências e das descobertas*. 1. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1993

BRANCO, S. M. *Energia e meio ambiente*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 1990a

BRANCO, S. M. *Ambiente em debate*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 1990b

CHARLSON, Robert J., WIGLEY, Tom M. L., Sulfate aerosol and climatic change, *Scientific American*, 28-35, February 1994

CIFUENTES, L. et al., Hidden health benefits of greenhouse gas mitigation, *Science*, 1257-1259, vol. 293, 17 August 2001

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, versão CD Deluxe, 2001

- GOLDEMBERG, José. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 1. ed. São Paulo: Edusp 1998
- HARRIES, J. E., Physics of the Earth's energy balance, *Contemporary Physics*, p. 309-322, vol. 41, n° 5, 2000.
- HELENE, M. E. et al. *Poluentes atmosféricos*. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2000
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc.ch>, 2001.
- JANNUZZI, G. M. *Ciência hoje na escola*. volume 1 Céu e Terra. 4. ed. Rio de Janeiro: SBPC, 2000
- MITCHELL, J. F. B. The Greenhouse effect and climate change, *Reviews of Geophysics* v. 27, n. 1, p. 115-139, 1989.
- OLSON, J., Book Reviews, *Science Education* v.84, n. 5, p.680-682, 2000 – NELKIN, D. *Selling Science: How the press covers science and technology*, New York, W.H. Freeman Co.
- RAMANATHAN, V., BARKSTRM, Bruce R., HARRISON, Edwin F., Climate and the earth's radiation budget, *Physics Today*, 22-32, May1989.
- SEINFELD, J. H. *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*. 1 ed. Estados Unidos: John Wiley&Sons, 1986
- SEINFELD, J. H.; Pandis, Spyros N. *Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change*: John Wiley&Sons, 1998
- TECHNICAL SUMMARY of the Working Group I Report, IPCC, 2001