

# A ESPÉCIE HUMANA COMO COMPONENTE DO ECOSSISTEMA GLOBAL NO SÉCULO XXI

Philip M. Fearnside  
Coordenação de Pesquisas em Ecologia-CPEC  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA  
Av. André Araújo, 2936  
C.P. 478  
69011-970 Manaus-Amazonas

Fax: (92) 642-8909  
Tel: (92) 643-1822  
e-mail [pmfearn@inpa.gov.br](mailto:pmfearn@inpa.gov.br)

30 de outubro de 2001  
Revisado: 22 de maio de 2002

## ÍNDICE DE CONTEÚDO

RESUMO

PALAVRAS CHAVE

I.) HUMANOS EM ECOSISTEMAS

II.) O SÉCULO XXI

III.) MUDANÇAS NA PERCEPÇÃO

A.) Papel dos humanos

B.) Efeito estufa

C.) El Niño

D.) "Surpresas" Climáticas

E.) Biodiversidade

IV.) SERVIÇOS AMBIENTAIS

V.) CONCLUSÕES

VI.) AGRADECIMENTOS

VII.) LITERATURA CITADA

## RESUMO

Humanos são uma parte do ecossistema global, e alcançaram um ponto onde suas ações são capazes de desestabilizar funções básicas que mantêm a qualidade ambiental na Terra, inclusive a sua produtividade e habitabilidade. Estas relações estão mudando rapidamente no início do Século XXI, e pode ser esperado que continuem mudando ao longo do século. Mudanças em percepção do lugar de humanos no ecossistema global ficam para trás das reais mudanças nesta relação, mas também é provável acelerar ao longo dos próximos 100 anos. Mudanças importantes incluem o efeito estufa, a frequência e a severidade dos eventos El Niño, a possibilidade de "surpresas" climáticas e a perda de biodiversidade. Mudanças da nossa relação com o ecossistema do tipo "guardiões" são necessárias, mas não é automática. Uma mudança desse tipo exige que as sociedades humanas tomem ações fortes para re-alinhar as suas relações no ecossistema global. Funções de florestas, tais como manutenção de biodiversidade, ciclagem de água e o balanço de carbono, são serviços ambientais que, se incorporados no sistema econômico, poderiam redirecionar ações humanas significativamente, sobretudo na Amazônia.

**PALAVRAS CHAVE:** Aquecimento global, biodiversidade, clima, efeito estufa, mudanças climáticas, serviços ambientais

### I.) HUMANOS EM ECOSISTEMAS

Embora os seres humanos sempre tenham sido um componente no ecossistema global, o momento atual, que coincide com o começo do Século XXI, parece corresponder com uma mudança ainda incompleta de nosso papel neste sistema. Isto é, hoje somos capazes de mudar o funcionamento básico do ecossistema, por exemplo, provocando mudanças climáticas (Falkowski *et al.*, 2000). A realização cada vez mais generalizada deste fato, o que é distinto do fato propriamente dito, nos dá um papel novo: o de "guardião", ou seja, responsáveis por cuidar da manutenção da qualidade ambiental planetária.

A capacidade de prever o futuro, até mesmo imperfeitamente, é, até onde nós sabemos, uma habilidade única de humanos neste planeta. Isto nos dá base para tomar decisões antes de catástrofes acontecerem, usando a nossa visão do futuro como base para tomada de decisões. Aumentar a base efetiva e ferramentas analíticas que possibilitem a

construção de cenários operacionais do futuro sob a hipótese de diferentes cursos de ação representarem um ingrediente importante da tomada de decisões, mas por si só não é o suficiente. Temos que ter a coragem de tomar as decisões e levar a cabo as ações que elas implicam.

Muitos economistas vêem o sistema de mercado cuidando dos problemas ambientais por conta própria (ver: Daly, 1997). A medida em que a qualidade ambiental diminua e a renda aumenta, as pessoas estarão mais dispostas a pagar para manter ou melhorar o meio ambiente, e o resultado será uma proteção automática do meio ambiente contra os piores cenários possíveis de destruição. Uma "curva de Kuznets ambiental" é vista conduzindo a uma recuperação de qualidade ambiental (veja revisões por: Barbier, 1997; Stern, 1998). Por exemplo, o aumento do valor de árvores leva as pessoas a plantarem árvores mais rapidamente do que as que são destruídas através do desmatamento (Grainger, 1995: 346). Isto é visto operando de uma forma parecida com a transição demográfica, com taxas de destruição e reconstrução ambiental ocupando os lugares das taxas de mortalidade e natalidade na dinâmica de populações.

Infelizmente, os problemas ambientais freqüentemente não se resolvem por conta própria. O desmatamento pode continuar praticamente até que a última árvore seja alcançada. Curvas exponenciais não se transformam automaticamente em curvas logísticas, se nivelando assintoticamente em algum ponto aquém da destruição completa. Em países como Haiti e El Salvador, o desmatamento procedeu praticamente até o ponto final. A mesma coisa pode acontecer em áreas sub-nacionais, tais como em grande parte da ex-Mata Atlântica no Brasil. Até mesmo onde o replantio acontece, o mesmo nível de biodiversidade raramente é obtido: não são recuperadas muitas características de florestas naturais quando são plantadas árvores em áreas desmatadas.

Há um perigo real de fatalismo em nossas ações. Muitas pessoas ainda vêem problemas na Amazônia neste contexto, achando que a floresta será derrubada independente de qualquer coisa que possa ser feita, fazendo com que nós nos preocupamos com outros problemas. No caso da Amazônia, muitos dos fundamentais determinantes do caminho futuro de desenvolvimento estão nas mãos dos tomadores de decisão, estes precisam tomar as suas decisões baseadas na

responsabilidade que isto requer. O futuro depende de decisões humanas.

Nós temos livre vontade, e, em grande parte, as relações de humanos na natureza serão as que nós queremos que elas sejam. No entanto, isto não está sem limites (e.g., Cohen, 1995; Fearnside, 1997a; Meadows *et al.*, 1992). Não podemos simplesmente eliminar estes limites e continuar despejando gases na atmosfera, destruindo florestas e poluindo as águas sem sofrer conseqüências. Temos uma interdependência com o resto da natureza, e estas relações aplicam em ambas direções: dos seres humanos para o resto da natureza e *vice versa*.

## II.) O SÉCULO XXI

O atual século é uma escala de tempo apropriada para considerar acontecimentos do futuro, por várias razões. Se os horizontes de tempo muito mais longos são usados, decisões podem resultar que contradizem o que pode ser percebido como ingrediente fundamental de uma abordagem racional ao futuro (Fearnside, 2002). Por exemplo, desperdiçar oportunidades importantes para manter a floresta amazônica em troca de benefícios climáticos previstos nos séculos futuros seria tolo (Fearnside, 2001).

Examinar o curso de um século exige uma dose de humildade suficiente para admitir que nós não podemos predizer detalhes de como o desenvolvimento pode proceder. Imagine alguém em 1901 tentando prever como seria o mundo hoje. Fora as tremendas mudanças tecnológicas, um mundo onde grande parte do planeta era governada como impérios coloniais, e onde as mulheres nem mesmo tinham o direito de votar, parece estranho para nós agora. Os eventos ao longo do Século XIX eram dramáticos da mesma maneira. Em 1800, a escravidão era a base das relações trabalhistas em grande parte do mundo, inclusive no Brasil, e era visto como sendo um estado completamente natural das coisas. Dentro de um único século foi abolido em quase todo o Mundo. O ponto é que mudanças dramáticas podem ocorrer na escala de um século, e, ao longo do Século XXI mudanças desse tipo poderiam ocorrer com outras características básicas do nosso mundo atual. Como o reverendo Desmond Tutu perguntou habilmente, se a escravidão poderia ser abolida, "Por que não a guerra?" No contexto do assunto do atual trabalho, "Por que não o nosso papel como destruidores do ambiente?"

### III.) MUDANÇAS NA PERCEPÇÃO

#### A.) Papel dos seres humanos

Uma mudança fundamental precisa acontecer de maneira que os seres humanos se percebam no seu relacionamento com o resto da natureza. Que os humanos fazem parte da natureza ainda é negado por economistas neoclássicos, um grupo que é tanto mais numeroso quanto detém muito mais influência sobre as decisões de política do que os ecólogos ou os geógrafos (ver Daly, 1997). Os humanos são responsáveis pela manutenção de processos e equilíbrios 'naturais'. O papel de guardião implica que cada geração é uma fiduciária para as gerações futuras (Scott, 1999). Na mesma forma de fiduciários de ativos financeiros, nós temos que passar o principal para a próxima geração e viver apenas da renda.

Mudanças na relação da humanidade com a natureza são graduais, mas também há descontinuidades, tanto em termos da própria relação como em termos das nossas percepções da relação e da nossa vontade para entrar em ação. Percepção está sujeita a descontinuidades que podem afetar o curso de história significativamente. Por exemplo, o advento da bomba atômica pode ser creditado com um aumento no nível de responsabilidade com relação a iniciar guerras totais, acrescentando ímpeto à criação da Organização das Nações Unidas e outros esforços internacionais que, mesmo sendo bastante imperfeitos, pelo menos evitaram até agora uma troca nuclear.

A realização de que os humanos podem causar extinções, incluindo a deles mesmos, também põe um nível novo de responsabilidade sobre tomadores de decisão. O fato de que os humanos podem mudar o clima da Terra é parte disto. A descoberta do buraco de ozônio em 1985 levou diretamente para o Protocolo de Montreal em 1987, enquanto a menos-dramática depleção uniforme da camada de ozônio que era a previsão na hora dos debates sobre o transporte supersônico (SST) em 1973 não era o bastante.

#### B.) Efeito estufa

O efeito estufa é muito mais complexo que o buraco de ozônio, ambos cientificamente e diplomaticamente. Em 1896, o químico sueco Svant Arrhenius identificou primeiro o mecanismo do efeito estufa e previu o aquecimento global, mas pesquisas adicionais esperariam o redescobrimiento do

efeito por Roger Revelle em 1956. Eu me lembro bem quando comecei a fazer palestras sobre o efeito estufa em 1968 (como guarda-florestal naturalista no Serviço dos Parques Nacionais dos EUA, com intuito de explicar o futuro provável das geleiras no Glacier National Park, em Montana). Naquela época poucas pessoas tinham ouvido falar do efeito estufa. Hoje os fatos básicos sobre o efeito estufa são ensinados no mundo inteiro nos livros escolares de crianças. Nos anos 1960 as pessoas ficavam chocadas e incrédulas a ouvir que as geleiras poderiam desaparecer um dia. Hoje as projeções indicam que todas as geleiras naquele parque nacional desaparecerão até o ano 2030 (Hall, 1994; ver: Mastny, 2000: 126).

Pesquisas científicas sobre o efeito estufa e a consciência de público do fenômeno cresceram muito, embora ainda não o bastante para levar nações a dar os passos principais que serão necessários para controlar este efeito. Em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) foi formado, e o seu primeiro relatório ("A Avaliação Científica") foi publicado em 1990. Um suplemento foi liberado em 1992, quando a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UN-FCCC) foi assinada por 155 países na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED, ou "ECO-92") no Rio de Janeiro. O Segundo Relatório de Avaliação (SAR) do IPCC foi completado em 1995, e em 1997 o Protocolo de Kyoto marcou o primeiro compromisso para reduzir emissões, embora muito menor que a redução necessária para controlar o efeito estufa e com varias partes chaves do arranjo ainda faltando acordo. O Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) do IPCC foi liberado em 2001, e no mesmo ano o acordo de Bonn, Alemanha, manteve o Protocolo de Kyoto vivo apesar da decisão do presidente dos Estados Unidos, George W. Bush, no mesmo ano, de retirar os EUA das negociações.

A percepção pública de mudança de clima continua evoluindo, embora fique para trás no EUA. Esta evolução de percepção é, em parte, devido a eventos facilmente compreendidos, tais como o 1998 ser o ano mais quente desde o início de registros instrumentais há aproximadamente 150 anos, o *iceberg* de 5.000 km<sup>2</sup> que se separou da Antártica em 1999, a liberação de dados militares que revelaram que o gelo do Oceano Ártico tinha perdido 42% da sua espessura desde os anos cinquenta (Rothrock *et al.*, 1999), e o aparecimento de água aberta ao pólo Norte pela primeira vez em 2000.

Uma barreira para aceitação da realidade do efeito estufa por quem faz políticas públicas e pelo público em geral, é uma confusão sobre a diferença entre declarações referentes aos eventos climáticos específicos e declarações sobre o sistema climático como um todo. Quando um ano particularmente seco ou quente acontecer, freqüentemente é perguntado para os cientistas se este foi o resultado de mudança de clima. A resposta habitual é que nós não sabemos, fazendo com que as pessoas pensem que a mudança climática não está acontecendo, ou então que nós sabemos tão pouco ao respeito que nenhuma ação está justificada.

A situação é semelhante à relação entre fumar cigarros e o câncer do pulmão (uma relação, aliás, que tem múltiplos paralelos com o efeito estufa). Se um determinado fumante morre de câncer do pulmão, não se pode afirmar com certeza que esta morte em particular foi causada pelo fumo, já que alguns não-fumantes também morreram de câncer do pulmão. No entanto, nós temos ampla evidência de que fumar aumenta em muito o risco de câncer do pulmão, e esta probabilidade pode ser quantificada. Da mesma maneira, um evento climático em particular não pode ser atribuído com certeza ao efeito estufa, já que as variações de chuva e temperatura sempre acontecerem por outras razões. Isto não significa que faltam evidências fortes de que emissões de gases do efeito estufa causam o aquecimento global e que o efeito estufa aumenta o risco de secas e outros eventos climáticos com impacto direto sobre os humanos.

Um segundo paralelo com o fumo também é, no momento, altamente pertinente. Durante décadas, a indústria de tabaco contestou a ligação entre fumo e câncer com uma lógica precisamente paralela àquela que é ouvida hoje com respeito ao efeito estufa: que há incerteza demais para fazer qualquer coisa. O tempo todo, bem mais de 90% da comunidade de pesquisa médica que lidavam com o problema eram convencidos que fumar era uma causa principal de câncer do pulmão. A noção de que nós não deveríamos tomar medidas caras agora por causa de incerteza ainda faz parte do raciocínio do presidente George W. Bush para justificar a retirada dos EUA das negociações de Kyoto em 13 de março de 2001. Bush tentou desacreditar o IPCC, cujo mais recente estimativa de aquecimento esperado até 2100 é de 1,4 a 5,8°C. Para um cenário de "negócios como sempre", estes modelos indicam um aquecimento mais provável de aproximadamente 3,8°C (Knutti *et al.*, 2002). A Academia

Nacional de Ciências dos EUA foi pedida para formar um comitê especial para avaliar os resultados do IPCC. O comitê apoiou as conclusões do IPCC (Schrope, 2001).

Então, será que os países do mundo estão prontos para pagar o custo de manter o ambiente (os custos de ser guardiões)? A resposta é: "Não totalmente". No entanto, acredito que isto mudará antes que o novo século avance muito.

Uma razão importante é que a mudança climática mais rápida é esperada nos próximos anos, comparado com o que aconteceu até agora. É calculado que o aumento de temperatura média observada ao longo do Século XX era  $0,5^{\circ}\text{C}$ , ou seja, apenas uma fração do aumento de  $1,4-5,8^{\circ}\text{C}$  que é esperado no Século XXI (Houghton *et al.*, 2001). Também o ritmo de mudança do uso da terra é mais rápido, por exemplo, o desmatamento na Amazônia e a perda de outros tipos de vegetação, tais como o cerrado brasileiro.

É importante entender que atitudes possam mudar dramaticamente e rapidamente sobre assuntos importantes como este. Mais uma vez, o fumo fornece um exemplo: ao longo dos últimos vinte anos, atitudes públicas e restrições reguladoras sobre o fumo mudaram completamente.

### C.) El Niño

A ciência pode fazer uma tremenda diferença em percepções públicas. Um tópico científico que espera resolução é a questão de uma ligação entre efeito estufa e El Niño. Atualmente, o fenômeno El Niño é sempre apresentado como um acaso fortuito. Ninguém foi visto como culpado quando 200,000 pessoas morreram de fome na Etiópia durante o El Niño de 1982.

Hoje em dia, o efeito estufa é visto como algo que afetará os nossos netos. Por outro lado, o El Niño mata gente agora, e de modos que são concretos e visíveis para audiências de televisão, ao invés de serem vagos e hipotéticos. Caso as pessoas comecem a pensar que El Niño acontece por causa dos gases de seus carros grandes, então esta percepção mudaria.

Algo mudou no sistema climático para explicar o aumento na frequência de El Niño, altamente significativa estatisticamente, desde 1976 (Nicholls *et al.*, 1996). El

Niño é ativado por um aumento da temperatura da água de superfície no Oceano Pacífico. Por que a temperatura da água aumenta? O aumento da temperatura global devido ao efeito estufa parece ser a mudança durante os últimos anos que é mais provável explicar por que a temperatura de superfície é empurrada além do limiar para El Niño mais freqüentemente. Nós ainda não podemos dizer com segurança científica se o efeito estufa é a causa do aumento da freqüência de eventos El Niño: a linguagem mais forte usada é que esta possibilidade "não pode ser excluída" (Fedorov & Philander, 2000). Talvez daqui a dez anos, pesquisas serão avançadas o suficiente para permitir que afirmações fortes sobre um elo entre aquecimento global e El Niño sejam feitas na literatura e por corpos tais como o IPCC. Onde você colocaria a sua aposta? O aumento paralelo na freqüência de El Niño e na temperatura global é uma mera coincidência?

A recente descoberta (Levitus *et al.*, 2000) de que os oceanos têm esquentado mais que se pensava acrescenta peso à conexão entre o efeito estufa e eventos El Niño. A triplicação do conjunto global de dados a partir de perfis de temperatura nos oceanos (agora totalizando 3 milhões de medidas) explica o "calor perdido" que era predito por modelos globais de circulação (GCMs) da atmosfera, assim aumentando a confiança nas projeções modeladas do clima futuro (Kerr, 2000).

Uma vez que se admite uma ligação entre El Niño e o aquecimento global, a importância política do efeito estufa mudaria da noite para o dia. Por exemplo, se eventos El Niño são 50% mais freqüentes devido ao efeito estufa, então 50% das mortes humanas que acontecem nos eventos El Niño podem ser culpa das emissões de gases do efeito estufa. A emissão anual de 5,6 t C/capita nos EUA fica menos aceitável. É claro que o mesmo aplica aos outros emissores principais, inclusive à emissão brasileira, que em 1990 era de 2,3 t C/capita (incluindo o desmatamento e a exploração madeireira). Os Estados Unidos em particular, sendo o maior contribuinte ao efeito estufa, poderia se ver em uma luz diferente se fosse considerado culpados por uma parte significativa destes impactos atuais.

#### D.) "Surpresas" climáticas

Um fator adicional que pode afetar as percepções do efeito estufa poderá vir do progresso futuro em pesquisas

sobre efeitos não-lineares, ou "surpresas", tais como a alteração da circulação termohalina no Oceano Atlântico que produziria esfriamento catastrófico na Europa (Broecker *et al.*, 1997). Alguns modelos de clima indicam o colapso da circulação termohalina como consequência do efeito estufa (Wood *et al.*, 1999). Os cenários produzidos pelo IPCC (Nakicenovic *et al.*, 2000) não consideram a possibilidade de não-linearidades deste tipo. O IPCC classifica a probabilidade de um desarranjo da circulação termohalina como sendo menos que 5% no Século XXI (Houghton *et al.*, 2001). Este prazo é uma ressalva importante, já que pode ser esperado que a probabilidade aumente substancialmente no Século XXII.

Evidências da existência de um risco de quebrar a circulação termohalina incluem o paralelo com o Período Dryas mais Jovem, ao término da última glaciação: o mundo estava esquentando (uma situação semelhante ao aquecimento atual pelo efeito estufa), e o registro de temperatura a partir de dados de sondas no gelo de Groelândia (e evidências palinológicas da Europa) indicam que aquela parte do mundo gelou de repente. Ao mesmo tempo, o resto do Planeta continuou esquentando (indicado, por exemplo, por sondas no gelo da Antártica). Acredita-se que a quebra da circulação termohalina no Atlântico seja a causa do esfriamento que causou a mudança dramática no clima dentro de menos de uma década, e que durou aproximadamente 2000 anos (Broecker *et al.*, 1997). É claro que nenhuma estimativa segura existe da probabilidade de um evento desse tipo ocorrer em qualquer determinado prazo, mas a lógica está clara de um risco maior com o aumento do efeito estufa. Os meios apropriados para incorporar na tomada de decisões eventos que são de baixa probabilidade e altamente incertos, mas catastróficos, representa uma área importante nos debates sobre mudanças globais (Keller *et al.*, 2000).

#### E.) Biodiversidade

A biodiversidade representa outra área na qual o papel dos humanos no ecossistema está mudando, tanto em termos da natureza deste papel como em termos da nossa percepção do mesmo (Sala *et al.*, 2000). No momento, a biodiversidade está muito atrás da mudança climática em termos de ter bilhões de dólares na mesa que poderiam ser usados para alterar processos destrutivos, tais como o desmatamento tropical. Acredito que, ao longo do Século XXI, a

importância dada à biodiversidade aumentará até um nível semelhante à da mudança climática.

O mais importante é que não devemos esperar até que recursos de biodiversidade, tais como florestas tropicais, sejam quase completamente destruídos, para permitir que as forças econômicas tradicionais entrem no jogo para elevar o preço de floresta tropical e assim estimular investimento em atividades de conservação e/ou de restauração. A situação análoga a isso é encapsulada pela afirmação de Don Huberts, presidente de Shell Hydrogen, que "a idade da pedra não terminou porque nós esgotamos as pedras, e a idade do petróleo não terminará porque nós esgotamos o petróleo" (Dunn, 2001: 8). Da mesma maneira, a idade do desmatamento predatório não tem que terminar porque nós esgotamos a floresta.

#### IV.) SERVIÇOS AMBIENTAIS

Serviços ambientais representam um conceito que poderia mudar o modo que nós relacionamos com o ambiente, e especialmente um meio de influenciar decisões sobre uso da terra na Amazônia (Fearnside, 1989, 1997b). A disposição para pagar (WTP) por serviços ambientais (tais como a manutenção da biodiversidade, ciclagem d'água, e estoques de carbono) é sempre mais baixa que os resultados obtidos por estimativas que tentam atribuir um valor "verdadeiro" aos serviços (e.g., Costanza et al., 1997; Pimentel et al., 1997). Falta bastante para transformar a base da economia em lugares como a Amazônia brasileira de forma que as forças econômicas mantenham, em vez de destruírem, a floresta. Para que tal transformação tivesse o resultado desejado de sustentar a população humana nestes lugares, temos que parar de jogar fora o recurso através do desmatamento.

#### V.) CONCLUSÕES

Os humanos são uma parte do ecossistema global e atualmente estão alterando as características básicas desse ecossistema, tais como clima e biodiversidade. A habilidade de mudar e destruir ecossistemas dá aos humanos uma responsabilidade como guardiões destes recursos para gerações futuras. Percepções desta mudança na relação dos humanos com o resto do ecossistema estão começando, e provavelmente avançarão substancialmente durante o Século XXI. No entanto, esta mudança não é automática e exige que

sociedades humanas tomem ações fortes para re-alinhar as suas relações no ecossistema global. A incorporação de serviços ambientais no sistema econômico é uma prioridade urgente para redirecionar as ações humanas que danificam estes serviços, tais como a manutenção de biodiversidade, a ciclagem de água e o balanço de carbono.

#### VI.) AGRADECIMENTOS

Trabalho apresentado na Conferência de Abertura do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada sobre "Construindo a Geografia para o Século XXI", 14 a 18 de novembro de 2001, Recife. Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA (PPI 1-3160) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq (AI 350230/97-8; AI 465819/00-1; EU 470765/2001-1) pelo apoio financeiro. R.B. Matos, M.S. Moura e R.A. Rocha revisaram o português. Todas as opiniões expressadas são do autor.

#### VII.) LITERATURA CITADA

Barbier, E.B. 1997. Introduction to the environmental Kuznets curve special issue. *Environment and Development Economics* 2(4): 369-381.

Broecker, W.S. 1997. Thermohaline circulation, the Achilles heel of our climate system: Will man-made CO<sub>2</sub> upset the current balance? *Science* 278: 1.582-1.588.

Cohen, J. 1995. *How Many People Can the Earth Support?* W.W. Norton, New York, E.U.A. 531 p.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton & M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Daly, H. 1997. Políticas para o desenvolvimento sustentável. p. 179-192 In: C. Cavalcanti (ed.) *Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas*. Editora Cortez, Sao Paulo. 436 p.

Dunn, S. 2001. Hydrogen futures: Toward a sustainable energy system. Worldwatch Paper 157, Worldwatch Institute, Washington, DC, E.U.A. 90 p.

Falkowski, P., R.J. Scholes, E. Boyle, J. Canadell, D. Canfield, J. Elser, N. Gruber, K. Hibbard, P. Högberg, S. Linder, F.T. Mackenzie, B. Moore III, T. Pedersen, Y. Rosenthal, S. Seitzinger, V. Smetacek & W. Steffen. 2000. The global carbon cycle: A test of our knowledge of Earth as a system. *Science* 290: 291-296.

Fearnside, P.M. 1989. Forest management in Amazonia: The need for new criteria in evaluating development options. *Forest Ecology and Management* 27(1): 61-79.

Fearnside, P.M. 1997a. Limiting factors for development of agriculture and ranching in Brazilian Amazonia. *Revista Brasileira de Biologia* 57(4): 531-549.

Fearnside, P.M. 1997b. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. *Ecological Economics* 20(1): 53-70.

Fearnside, P.M. 2001. Saving tropical forests as a global warming countermeasure: An issue that divides the environmental movement. *Ecological Economics* 39(2): 167-184.

Fearnside, P.M. 2002. Why a 100-year time horizon should be used for global warming mitigation calculations. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. (no prelo).

Fedorov, A.V. & S.G. Philander. 2000. Is El Niño changing? *Science* 288: 1.997-2.002.

Grainger, A. 1995. Integrating the socio-economic and physical dimensions of degraded tropical lands in global climate change mitigation assessments. p. 335-348 In: M.J. Apps & D.T. Price (eds.) *Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle*, NATO ASI Series, Subseries I "Global Environmental Change," Vol. 40. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. 452 p.

Hall, M.H.P. 1994. Predicting the impact of climate change on glacier and vegetation distribution in Glacier National Park to the year 2100. Tese de mestrado, State University of New York, Syracuse, New York, E.U.A. 194 p. Ver: (<http://www.mesc.usgs.gov/glacier/glacier%5Fmodel.htm>).

Houghton, J.T., Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, R.J. Van der Linden & D. Xiausu (eds.) 2001. *Climate Change 2001: The*

- Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 944 p.
- Keller, K., L. Tan, F.M.M. Morel & D. Bradford. 2000. Preserving the ocean circulation: Implications for climate policy. *Climatic Change* 47: 7-43.
- Kerr, R. 2000. Globe's 'missing warming' found in the ocean. *Science* 287: 2.126-2.127.
- Knutti, R., T.F. Stocker, F. Joos & G.K. Plattner. 2002. Constraints on radiative forcing and future climate change from observations and climate model ensembles. *Nature* 416: 719-723.
- Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer & C. Stephens. 2000. Warming of the world ocean. *Science* 287: 2.225-2.229.
- Mastny, L. 2000. Ice cover melting worldwide. p. 126-127 In: L. Brown, M. Remmer & B. Halwell (eds.) *Vital Signs 2000*. W.W. Norton, New York, E.U.A. 192 p.
- Meadows, D.H., D.L. Meadows & J. Randers. 1992. *Beyond the Limits: Global Collapse or sustainable Future*. Earthscan, London, Reino Unido. 300 p.
- Nakicenovic, N. & 53 outros. 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 599 p.
- Nicholls, N. & 98 outros. 1996. Observed climate variability and change. p. 133-192 In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell (eds.). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 572 p.
- Pimentel, D., C. Wilson, C. McCullum, R. Huang, P. Dwen, J. Flack, Q. Tran, T. Saltman & B. Cliff. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience* 47(11): 747-757.
- Rothrock, D.A., Y. Yu & G.A. Maykut. 1999. Thinning of the Arctic Sea-Ice Cover. *Geophysical Research Letters* 26: 3.469-3.472.

Sala, O.E., F.S. Chapin III, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oosterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker & D.H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1.770-1.774.

Schrope, M. 2001. Consensus science, or consensus politics? *Nature* 412: 112-114.

Scott, A. 1999. Trust law, sustainability and responsible action. *Ecological Economics* 31(1): 139-154.

Stern, D.I. 1998. Progress on the environmental Kuznets curve? *Environment and Development Economics* 3(2): 173-196.

Timmermann, A., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif & E. Roeckner. 1999. Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature* 398: 694-696.

Wood, R.A., A.B. Keen, K.F.B. Mitchell & J.M. Gregory. 1999. Changing spatial structure of the thermohaline circulation in response to atmospheric CO<sub>2</sub> forcing in a climate model. *Nature* 399: 572-575.