

■ O desafio de pesquisa em interações homem-ambiente

Na última década, houve um rápido desenvolvimento da pesquisa sobre dimensões humanas em relação às mudanças ambientais globais, resultante de diversos fatores. A evidente mudança climática, a perda de biodiversidade, o acelerado desflorestamento nos trópicos e a iminente crise na disponibilidade de água potável conscientizaram os acadêmicos e os elaboradores de políticas quanto à necessidade de lidar com as causas e as consequências desses processos globais. Além disso, é amplamente reconhecido que a gravidade desses processos cumulativos varia de região para região, de lugar para lugar. A fim de elucidar tais processos, as pesquisas realizadas na última década apoiaram o rompimento dos limites disciplinares tradicionais com vistas a uma compreensão mais sistemática das complexidades do atual nexos homem-ambiente. Embora a pesquisa interdisciplinar não seja nenhuma novidade, houve um progresso considerável na identificação de algumas das dimensões que expressam os problemas ambientais contemporâneos.

Este capítulo inicia com um exame da crescente evidência da natureza cumulativa das mudanças ambientais globais e dos requisitos para começar a entendê-la cientificamente. Os cientistas que estudam o assunto chegaram à conclusão quase unânime de que não podemos começar

a compreender as mudanças ambientais globais sem um esforço coordenado e unificado que integre as ciências biofísicas e as sociais (NRC, 1997a; NSF, 2003). O expediente humano, isto é, as ações dos indivíduos, está envolvido na maioria dos dilemas atuais e deve desempenhar um papel na solução deles. No entanto, a integração entre as ciências sociais e as naturais não foi fácil, tampouco a cacofonia das teorias e paradigmas conflitantes ajudou a promover a colaboração entre elas. Além de analisar a natureza das mudanças, este capítulo considera as dificuldades relacionadas à compreensão dos complexos processos biogeofísicos e sociais, apresenta um pouco da história do desenvolvimento dessa área interdisciplinar de estudo e das mudanças ambientais globais, e constitui a base para a organização do restante do livro.

A evolução dos sistemas ecológicos sociais¹

Como espécie, recorremos à nossa capacidade de sociabilidade e de comunicação para sobrepujar nossas limitações físicas (Richerson, 1977). Nosso sucesso em nos espalhar pelo planeta e colonizá-lo deveu-se à ação de grupos relativamente pequenos de caçadores-coletores (CC). Entre as vantagens dos CCs estavam sua flexibilidade comportamental, baseada na confiança e na reciprocidade de grupos pequenos em reação às oportunidades, além de sua estratégia altamente móvel de coleta de recursos. Tal estratégia serviu bem à nossa espécie durante a maior parte do nosso tempo no planeta. No entanto, com o crescimento populacional, começou a revelar suas limitações quanto a atender uma população cada vez maior. Os caçadores-coletores já tinham conhecimentos sobre a reprodução vegetal e realizavam o manejo das plantas de seu interesse muito antes de começarem a se sedentarizar e virar agricultores (Smith, 1989).

A primeira transformação importante nos sistemas ecológicos sociais – da caça-coleta para a agricultura – resultou do crescimento populacional, do confronto cada vez maior dos grupos de CC por causa dos recursos, assim como dos custos e riscos ascendentes do deslocamento

¹ Esta seção baseia-se na discussão publicada em *People and Nature* (Moran, 2006).

para ambientes marginais. Foram necessários alguns milênios para transformar uma paisagem com predomínio de grupos de CCs em um espaço progressivamente ocupado por grupos de agricultores – pelo menos na América do Norte (Smith, 1989). Não se sabe se a fome desempenhou papel importante baseando-se no registro arqueológico. É possível que, como muitas outras transformações ocorridas nos sistemas ecológicos sociais, tenha tido a mesma forma da difusão das inovações (Rogers, 1969): alguns adotaram a mudança de pronto, outros mais lentamente; por fim, quando os benefícios ficaram totalmente claros para a maioria e o preço da não adoção tornou-se alto, houve uma adoção substancial. A maior densidade das comunidades agrícolas permitiu-lhes ocupar territórios preferenciais, e, com isso, os CCs foram sendo cada vez mais empurrados para áreas marginais que não podiam ser cultivadas. As características básicas desse novo modo de produção agrícola foram a evolução das instituições comunitárias, as mudanças no escopo da reciprocidade e da confiança, a domesticação das plantas e dos animais, e a sedentarização. A mudança quanto à reciprocidade e à confiança levou a características de cooperação social, associadas primeiramente ao assentamento à medida que ele ia crescendo com agrupamentos baseados em parentesco, como linhagens, clãs e tribos. Como a forma de descendência comum era a bilateral, dizer que nos sistemas de CCs a flexibilidade era reduzida significava que os indivíduos seguiam sua descendência do lado paterno ou do lado materno, e que a afiliação ao grupo era altamente flexível.

Em comunidades agrícolas assentadas, o controle da terra por herança cresceu ao longo dos anos. Para assegurar o controle de terras de melhor qualidade e, com o tempo, de investimentos como a irrigação e as residências, entrou em cena a descendência linear (do pai ou da mãe), que proporcionava formas claras de herança, a criação de regras a respeito do casamento preferencial e até da endogamia. Embora de uma perspectiva biológica a exogamia fosse a estratégia evolucionária preferível, com a crescente importância da terra e da riqueza acumulada, o interesse em manter a riqueza intacta entre os já abastados privilegiou o casamento consanguíneo nas famílias favorecidas. Em casos extremos, isso resultou na endogamia de castas e na consciência de classe na alter-

nativa matrimonial. O impacto biológico deletério dessa estratégia ficou bem conhecido nas aberrações genéticas encontradas em algumas famílias reais europeias do passado.

A evolução rumo aos sistemas lineares baseados no parentesco gerou uma forma mais rígida de transmissão de valores culturais, identidades, regras e preferências religiosas. Esse processo ocorreu ao longo de centenas de anos, já que os grupos desenvolveram suas próprias combinações de modos viáveis de controlar os recursos, em função de sua disponibilidade, da densidade populacional e da competição. Em áreas com alto grau de manchas de recursos, nas quais o controle sobre as manchas favoráveis era fundamental para o sucesso, o desenvolvimento de formas sofisticadas de controle baseado em parentesco foi mais rápido em virtude dos interesses, ao passo que em áreas com recursos e manchas amplamente distribuídos muitas vezes era mais fácil para os concorrentes deslocar-se para outros lugares e manter um conjunto de regras comunitárias mais flexível e menos restritivo.

Com o tempo, à medida que a agricultura foi passando dos sistemas extensivos de produção a outros mais intensivos, baseados na irrigação e na eventual mecanização, surgiram a estratificação social, a etnicidade e as regras complexas para uso e exclusão dos recursos. Enquanto nos sistemas extensivos considerava-se um valor dividir os recursos acumulados com outros membros menos afortunados das comunidades, adquirindo com isso capital e prestígio social, nos sistemas intensivos a quantidade de recursos partilhados declina e o prestígio ainda recai sobre os indivíduos capazes de concentrá-los. Entretanto, tais recursos são redistribuídos esporadicamente, recompensando cada vez mais aqueles que já possuem capacidade produtiva ou riqueza. O controle sobre a terra torna-se a maior fonte de riquezas, proporcionando maior controle também sobre a mão de obra, já que um número cada vez maior de pessoas é incapaz de controlar o acesso à terra, principalmente em ambientes fragmentados, como as paisagens semiáridas.

De acordo com Boserup (1965) e Netting (1968, 1981 e 1993), o condicionante mais importante da intensificação envolvida na mudança da caça-coleta para a agricultura foi o crescimento populacional, que im-

plicou maior uso da tecnologia na produção para impedir a escassez e ao mesmo tempo satisfazer as necessidades básicas de populações cada vez maiores. O crescimento populacional está associado à maior competição por recursos e à necessidade de armazenar suprimentos para períodos em que esses recursos escasseiam. A necessidade de armazenar provisões a fim de não ter de se deslocar para obtê-las resultou numa mudança no modo como o trabalho era valorizado e no padrão de assentamento das pessoas ao redor do mundo.

À medida que essas populações cresciam, travavam-se guerras crônicas, já que os indivíduos brigavam pelos melhores solos e áreas junto a rios ou montanhas e procuravam maneiras de recrutar mais membros para suas comunidades. No mundo das lutas corpo a corpo, a existência de muitos homens fortes no campo de batalha era o principal fator de sucesso na conservação do território. Com o tempo, alguns grupos passaram de simples comunidades aldeãs a redes de comunidades. Além disso, surgiram os *cacicazgos*,^{*} que permitiam a mobilização de unidades sociais maiores quando uma de suas comunidades-membro era ameaçada. Existem evidências substanciais de que, quando as comunidades humanas se desenvolviam com mais sucesso em termos de produção, a tentação de roubar a riqueza por elas acumulada – muitas vezes sob a forma de grãos ou animais – era grande para as demais comunidades. Como ocorreu na mudança da caça-coleta para a agricultura extensiva, a mudança da agricultura extensiva para a intensiva parece ter sido motivada pelo crescimento populacional, que impôs muita pressão sobre os recursos (Boserup, 1965; Netting, 1993). Um estudo revelou que determinada área de terra irrigada pode sustentar um certo número de famílias quatorze vezes mais do que uma área sujeita à agricultura de corte e à queima (Palerm, 1968; Spooner, 1972). Outra explicação apresentada pelos acadêmicos foi a de que essa intensificação foi imposta às pessoas quer pela dominação externa e pelo colonialismo (ver Geertz, 1963), quer pela dominação interna exercida por elites desejasas de controlar os recursos da terra para seus próprios objetivos políticos e militares (Demarest, 2004).

* *Chiefdoms*, no original. Unidades políticas autônomas que abrangem diversas aldeias ou comunidades, sob o permanente controle de um chefe supremo. Estágio intermediário entre tribo e Estado. (N. T.)

Em associação com as populações de agricultores, muitas vezes encontramos as populações pastoris, que ocupam terras inadequadas para o cultivo. Em alguns casos, elas representam segmentos de populações étnicas de agricultores; em outros, representam grupos étnicos diferentes. A organização social pastoril apresenta flexibilidade muito maior do que outras formas de subsistência por causa da natureza flexível do manejo dos animais. Às vezes, é possível reunir pessoas e animais em áreas onde chove muito e o pasto é abundante, porém, durante seis meses ou mais, a seca das savanas resulta em sua dispersão. Se não houvesse mecanismos como o das linhagens segmentárias, que permitem a segmentos de grandes linhagens pedir auxílio a outros segmentos em tempos difíceis, a dispersão colocaria essas populações em perigo. Assim, as sociedades pastoris desenvolveram uma admirável capacidade de mobilizar homens armados para defender suas vidas e a de seus animais, voltando depois a um padrão de deslocamento bastante disperso e aparentemente desorganizado para localizar a melhor forragem (McCabe, 2004). Trata-se de um exemplo notável de auto-organização social, que produz resultados politicamente sofisticados. Ao longo dos anos, os agricultores e os pastores mantiveram uma agitada relação de trégua e comércio. Há registros de casos de pastores que, sob condições favoráveis, viraram agricultores e vice-versa.

Foi apenas uma questão de tempo e de oportunidade para que os povoados em crescimento se desenvolvessem em algo maior e mais complexo, transformando-se no que chamamos de *ciudades*. As áreas urbanas constituíam um local para o comércio e a troca de informações, para especialistas de diversas áreas satisfazerem as necessidades de uma sociedade tecnologicamente mais intensiva e para redefinir a natureza das interações ecológicas sociais. Em geral, a ascensão dos centros urbanos está associada à irrigação e ao progresso do complexo controle da água. À medida que esses sistemas se desenvolviam em tamanho e complexidade, o colapso se tornava mais comum e oneroso. Com o tempo, ao alcançarem proporções faraônicas, os sistemas entravam em colapso quando as informações ou as condições meteorológicas, ou ambas, ficavam além da capacidade dos gestores (Butzer, 1976).

Se a transformação das cidades e de uma crescente rede de povoados vinculados em Estados representou uma perturbação considerável nas interações ecológicas sociais, imagine o que ocorreu com o surgimento do prodígio tecnológico que foi a Revolução Industrial. As cidades são sintomáticas da transformação dos sistemas ecológicos sociais pelo ser humano: são centros criativos onde se concentram alguns dos melhores e mais brilhantes membros de cada sociedade para promover o desenvolvimento das artes, da tecnologia, da educação, da ciência e do comércio. Muitas vezes, no entanto, são também caóticas por causa da erosão dos controles sociais, e estão de tal forma distantes da realidade cotidiana do ambiente que, com grande frequência, provocam alheamento em relação às retroalimentações ambientais. Isso ocorre porque as áreas urbanas têm muitas camadas de informações entre o ambiente e os gestores que tomam decisões. Estes, por sua vez, são movidos por outros incentivos que vão além de assegurar a boa gestão ambiental, como pressão política, avaliação incorreta dos recursos, interesse próprio e corrupção (ver discussão a respeito de ecologia urbana no Capítulo 10 de Moran, 2007).

O modo de produção industrial² é acompanhado de importantes inovações técnicas, que também resultam na reorganização da divisão do trabalho (Schnaiberg, 1980). O maior impacto ambiental associado à Revolução Industrial foi a descoberta da possibilidade de usar os combustíveis fósseis. No início, e por um longo período, isso envolveu somente a utilização do carvão. O petróleo e o gás natural vieram muito tempo depois. Para usar os combustíveis fósseis, o homem não precisava competir com nenhuma outra espécie animal, como muitas vezes tinha de fazer para usar plantas (herbívoros) e animais (carnívoros). Parecia uma situação em que todos ganhariam, e, sem dúvida, permitiu o enorme aumento da quantidade de energia aproveitável pelo homem para fins produtivos. Infelizmente, a exploração de grandes quantidades de combustíveis fósseis escondidos em bacias subterrâneas durante períodos de tempo geológicos, assim como a emissão na biosfera dos subprodutos gerados por seu uso contribuíram para mudanças biogeoquímicas na atmosfera,

² Aqui a expressão *modo de produção* é empregada no sentido antropológico, e não no marxista.

que levaram alguns séculos para serem sentidas e hoje ameaçam nosso planeta. No entanto, tais mudanças não foram totalmente surpreendentes. As consequências locais e regionais do uso de combustíveis fósseis foram rapidamente sentidas: no século XIX, os *fogs* (nevoeiros espessos) de cidades industriais como Londres, que causavam sérios danos à saúde das pessoas que viviam nessas localidades, foram a consequência mais reconhecida. Enquanto os ricos podiam ir para suas propriedades rurais a fim de respirar ar puro, os pobres que viviam nas cidades adoeciam por causa da constante exposição à poluição. A estratificação social, aliada ao emprego da força policial e do poder para manter esse modo de produção, de elevados custos humanos e ambientais, ocorreu então – e ela continua no presente, na medida em que os países em desenvolvimento se industrializam e sofrem consequências similares (a poluição urbana nos centros industriais chineses hoje, por exemplo). Entre os resultados estão incluídas a crescente perda de confiança e a quase extinção da reciprocidade, exceto no seio familiar; as disparidades cada vez maiores entre as pessoas em termos de riqueza e acesso aos recursos; o aumento na quantidade de tempo gasto no trabalho; e a crescente ênfase no consumo para sustentar a capacidade produtiva desencadeada no planeta (ver análise aprofundada dessa questão em Moran, 2006).

Assim, num período de quatrocentas gerações ou 10 mil anos, a população humana passou de alguns milhões a mais de 6 bilhões de habitantes. Essa mudança ocorreu rapidamente nas últimas décadas e modificou a natureza do nosso modo de lidar uns com os outros (Raven, 2002). A maior mudança ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, vinculada ao aumento do padrão de vida e ao crescimento dos níveis de consumo de materiais e energia. A combinação de aumento populacional com crescimento de consumo é recente e sem precedentes. As populações humanas não reagem de maneira homogênea ao ambiente nem a qualquer outra coisa. A sociedade e a cultura humanas caracterizam-se pela grande diversidade, o que, no passado, correspondeu à diversidade biológica. Atualmente, a quantidade de pessoas que vivem de caça-coleta vem diminuindo, e a maioria delas já está conectada à economia global há algum tempo. As populações que vivem da horticultura (agriculturo-

res extensivos, que utilizam principalmente métodos de corte e queima) ainda são expressivas nas zonas rurais dos países em desenvolvimento e entre as populações dos países desenvolvidos, que procuram reverter nosso sistema de produção de alimentos em métodos mais orgânicos. Essas populações representam um movimento firme e em expansão que questiona o modo industrial de produção de alimentos, desejando voltar a manejar a terra de forma mais orgânica e a produzir os alimentos de que necessitamos. Durante décadas, as populações pastoris foram pressionadas a abandonar seus hábitos migratórios, mas eles ainda constituem um importante elemento no modo de manejar as pastagens, apesar das iniciativas de bloqueio de suas rotas de movimentação. A agricultura intensiva está ficando cada vez mais intensiva, atualmente adotando a modificação genética num grau jamais visto. Essas mudanças no relacionamento entre as pessoas e o ambiente são as questões fundamentais que norteiam a ciência social ambiental e a pesquisa em interações homem-ambiente. Com o crescente reconhecimento das dimensões humanas das mudanças ambientais globais contemporâneas, essa área de estudo desenvolveu-se rapidamente.

Caracterização das mudanças ambientais globais contemporâneas³

A condição atual do nosso planeta é preocupante para aqueles que prestam atenção à evidência. Um número cada vez maior de espécies está extinta ou em extinção. As terras alagadas estão desaparecendo em velocidade acelerada, pondo em perigo as rotas de migração das aves e a manutenção da biodiversidade local e até da biodiversidade intercontinental. Níveis sem precedentes de CO₂ ameaçam o sistema climático, os recifes de corais e as geleiras da Groenlândia e da Antártida. Em um número crescente de cidades os níveis de poluição podem ser considerados tóxicos para a saúde humana. E a lista continua, constituindo motivos para temores consideráveis. Há poucos indícios de que os governos estejam

³ Esta seção baseia-se na discussão publicada em *People and Nature* (Moran, 2006) [ed. brasileira: *Nós e a natureza. Uma introdução às relações homem-ambiente* (São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008)] e Steffen *et al.*, 2003.

conseguindo implantar políticas estratégicas concretas e que assegurem um sistema sustentável para o planeta. Embora todos falem de sustentabilidade, não são capazes de implantar medidas para reduzir a espiral descendente, nem de definir *sustentabilidade* ou um modo de começarmos a rumar para um caminho sustentável.

O que nem todos sabem é que desde meados do século XX mudamos quase todos os aspectos do nosso relacionamento com o ambiente. Desde a Revolução Industrial, que teve início no século XVIII, o impacto e seu ritmo sobre o planeta cresceram gradualmente (Turner *et al.*, 1990). No entanto, o impacto relativo a esse período nem se compara àquele que diz respeito aos últimos sessenta anos. Não tivemos, em toda a nossa pré-história ou em nossa história, experiência equivalente a essa.

A queima de combustíveis fósseis resulta na emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono e outros gases causadores do aquecimento global, que estão mudando a atmosfera e a produtividade da vegetação terrestre por apresentarem os níveis mais elevados vistos nos últimos quatrocentos milênios. Emprega-se na agricultura uma quantidade de nitrogênio maior do que a fixada naturalmente em todos os ecossistemas terrestres (Crutzen, 2002). As frotas de barcos pesqueiros exauriram cardumes de diversas espécies, eliminando mais de 25% da produção primária em regiões oceânicas muito piscosas (Crutzen, 2002), e a pesca está sofrendo um colapso. A irrigação e outras alterações da água da superfície e do subsolo têm elevado a vulnerabilidade dos sistemas hidrológicos, assim como o das pessoas que dependem desses preciosos mananciais (Crutzen, 2002). As atividades agrícolas resultaram no maciço desmatamento e na mudança da cobertura da terra em escala gigantesca – a quantidade de terras destinadas à agricultura quintuplicou em comparação aos três séculos passados. Em suma, as atividades humanas são tão invasivas que podem modificar o sistema planetário, alterando a viabilidade dos processos de que as espécies dependem.

Atualmente, dispomos de dados e informações em escala global que nos alertam para a magnitude e a gravidade dos processos que desencadeamos. Tais evidências mostram o aumento exponencial do dióxido de carbono, as taxas exponenciais da redução do ozônio e das concentra-

ções de óxido nitroso na atmosfera, a perda acelerada das florestas tropicais, o aumento na frequência dos desastres naturais e da extinção das espécies. O mesmo pode ser dito em relação ao consumo de fertilizantes, ao assoreamento dos rios, ao uso da água, ao consumo de papel, à quantidade de pessoas que vivem em cidades e à quantidade de automóveis (Steffen *et al.*, 2003). Nos últimos sessenta anos, houve também aumento constante no número de conflitos armados em todo o mundo (Kates & Parris, 2003, p. 8.062): em 1992, um terço dos países estava envolvido em tais conflitos e 40 milhões de refugiados e sem-teto foram afetados por eles (*ibidem*). Esses números não incluem, porém, a crescente globalização do terror e do crime além das fronteiras nacionais. Alguns analistas chamaram esse processo de “anarquia vindoura” e “choque de civilizações” (*ibidem*). Tais números cresceram diversas vezes desde então.

O aumento exponencial de todos esses fenômenos mensuráveis está vinculado principalmente ao crescimento populacional e aos nossos hábitos de consumo. Na verdade, é preciso pensar a respeito desses dois fatores em conjunto. Um cidadão euro-norte-americano consome 25 vezes mais recursos que um cidadão mediano da Índia, da Guatemala ou de outro país menos desenvolvido (Redclift, 1996; Wernick, 1997). Nos países desenvolvidos, embora as taxas de natalidade tenham diminuído constantemente até o nível de reposição ou abaixo dele, as populações continuam causando muito mais impacto nos recursos do planeta do que as populações dos países em desenvolvimento. Tanto os países desenvolvidos quanto os em desenvolvimento provocam um grande impacto no ambiente: o primeiro através do consumo, o segundo por meio do crescimento demográfico. Alguns países em desenvolvimento conseguiram reduzir as taxas de natalidade – o Brasil, por exemplo, está no nível de reposição ou abaixo dele.

Em todas as sociedades há valores culturais conflitantes. A Europa possui tradições similares às dos Estados Unidos em diversos aspectos – instituições democráticas, capitalismo –, mas não valoriza o individualismo acima do bem comum. Essa condição fez que os europeus aceitassem mais rapidamente do que os norte-americanos a redução do dióxido de carbono presente na atmosfera aos níveis de 1992, apoiando o Protocolo

de Kyoto no que se refere à emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Teve início uma grande disputa entre os países mais avançados da Europa ocidental e os Estados Unidos por conta da disposição do primeiro em impor limites para a emissão de dióxido de carbono e a má vontade do segundo em fazer o mesmo. (Vale lembrar, entretanto, que até mesmo os países da Europa ocidental têm tido dificuldade em cumprir as metas do Protocolo de Kyoto.) O uso e o abuso dos recursos do planeta estão no centro das negociações internacionais, da economia política global e do destino dos países. Tais negociações requerem tanto a compreensão da ciência ambiental quanto a da ciência social. Por isso, é necessária uma ciência integrativa que possa lidar com as dimensões biofísicas e sociais das interações homem-ambiente.

A dicotomia cartesiana homem/natureza é um conceito específico da sociedade ocidental. A maior parte dos povos do mundo considera o homem parte da natureza; em outro extremo, cria ideologias segundo as quais reencarnamos em formas não humanas (plantas, animais) e vice-versa. Mitologias do mundo todo sempre apontaram uma conexão íntima, tanto na origem como na continuidade, entre os animais da natureza e os seres humanos; entre as plantas da paisagem e nossas vidas espiritual e material (Pretty, 2002, p. 13). O *Dreamtime** dos aborígenes australianos incorpora, por exemplo, crenças a respeito da origem das terras, de sua ligação estreita com os antepassados e do motivo de as terras terem de ser respeitadas, já que não pertencem a um único indivíduo, mas a todos. Hoje sabemos estar intimamente ligados com nossos ancestrais primatas e que compartilhamos mais de 90% do nosso DNA com eles. No entanto, mantemos nossa posição filosófica e nosso comportamento, agindo como se estivéssemos acima das regras que regem as demais espécies do planeta.

Um dos desafios que precisamos encarar é repensar o modo como enxergamos o ambiente. O pensamento dicotômico leva-nos a ver as pessoas separadamente da natureza e incumbidas de controlá-la para os propósitos humanos – e, o que é fundamental, fora da dinâmica inerente

* Literalmente, *tempo dos sonhos*, tema da mitologia dos nativos australianos. (N. T.)

ao sistema do planeta. Com esse erro teve início grande parte da espiral rumo à destruição que se seguiu à Segunda Guerra Mundial. O que acontece com o ar que respiramos, a água que bebemos e as terras das quais dependemos para nos alimentar é muito importante. Se cuidarmos desses elementos, eles nos nutrirão; se, ao contrário, prejudicarmos sua capacidade de nos prover com bens e serviços sustentáveis e o bem-estar da beleza estética, colocaremos nossas vidas em risco. Não podemos fazer isso sozinhos – é necessário firmar uma parceria entre as comunidades humanas, por meio de pactos que favoreçam a vida em oposição à acumulação material, a dignidade dos membros da comunidade e a satisfação por cuidarem uns dos outros e da natureza como bem maior. Precisamos redefinir as relações entre nós, seres humanos, e com a natureza, assim como nos considerar partes orgânicas dela (para uma discussão mais aprofundada, ver Moran, 2006).

A Figura 1 ilustra o que está acontecendo no domínio das variáveis dos processos humanos, suscitando diversas preocupações. A população mundial tem crescido de forma acelerada desde 1750, mas a natureza exponencial desse crescimento só começou a se manifestar a partir de 1950, dando um sinal muito pequeno de aquietação nos próximos trinta a quarenta anos. Nos últimos sessenta anos, passamos de 2,5 bilhões a 6 bilhões de habitantes. Em menos de trinta anos, a população humana ultrapassará a marca dos 10 bilhões de habitantes. Desde 1950, o Produto Interno Bruto total, o investimento direto estrangeiro, o represamento dos rios, o uso da água, o consumo de fertilizantes, a população urbana, o consumo de papel e a quantidade de veículos a motor deram um salto exponencial, e não há indício de que tal crescimento sofrerá uma inversão. Esse salto já seria motivo de preocupação se ocorresse em apenas um ou dois desses domínios mensuráveis, imagine-se em todos ao mesmo tempo.

Como se isso já não fosse motivo de preocupação suficiente, eventos sincrônicos semelhantes estão acontecendo na natureza (ver Figura 2): desde 1950, houve aumentos exponenciais nas concentrações de CO₂ (dióxido de carbono ou gás carbônico), N₂O (óxido nítrico) e CH₄ (metano) – os três gases responsáveis pelo aquecimento global –, na destruição

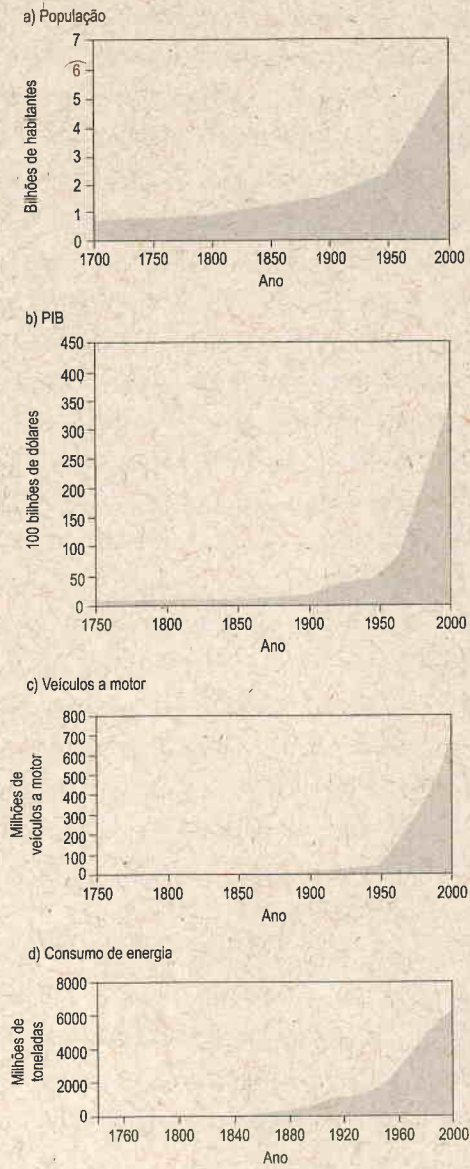


FIGURA 1. Taxas de crescimento em diversas esferas da atividade humana nos últimos trezentos anos: (a) população (U.S. Bureau of Census, 2000); (b) economia mundial (Nordhaus, 1997); (c) veículos a motor (Unep, 2000); e (d) consumo de energia (Klein Goldwijk, Battjes, 1997).

Fonte: Steffen *et al.*, 2003, p. 5.

da camada de ozônio, nas temperaturas médias da superfície do hemisfério Norte, na quantidade de desastres naturais, na taxa de perda da pesca marinha, nos fluxos nitrogenados nas zonas costeiras, na destruição acelerada das florestas tropicais e das regiões florestais, e na quantidade de espécies extintas. Embora alguns estudos afirmem que há evidência de que, na realidade, as concentrações de CO_2 são benéficas para diversas plantas e de que existe uma produtividade crescente em certos lugares, outros estudos experimentais revelam que o aumento da produtividade observado quando as concentrações de CO_2 chegam a 56 Pa (Pascal) é perdido quando elas atingem 70 Pa, condição em que passa a ocorrer um declínio constante da produtividade (Granados & Korner, 2002). Também há diferenças significativas na maneira como diversas espécies e tipos de vegetação florestal reagem ao aumento das concentrações de CO_2 (Norby *et al.*, 2002). O crescimento exponencial desses indicadores tem um caráter muito pouco positivo. Será que os limites estão quase se cruzando e resultando em colapsos sistêmicos?

A alteração do ciclo de nitrogênio global provocada pela ação humana é uma das mudanças mais problemáticas do planeta. Com base nas evidências científicas disponíveis, sabemos que (1) dobramos a absorção de nitrogênio no ciclo de nitrogênio terrestre, e essa taxa ainda está crescendo; (2) isso aumentou globalmente as concentrações de N_2O , responsável pelo efeito estufa, e outros óxidos de nitrogênio levam à formação do *smog* (combinação de nevoeiro e fumaça) fotoquímico; (3) o aumento do nitrogênio causou a perda de cálcio e potássio presentes nos solos, essenciais para sua fertilidade, contribuiu para a acidificação de solos, rios e lagos, elevou a quantidade do carbono orgânico armazenado nos ecossistemas terrestres e acelerou a perda da biodiversidade, em especial das plantas adaptadas ao uso eficiente do nitrogênio (Vitousek *et al.*, 1997).

Hoje, as temperaturas de superfície no hemisfério Norte são mais altas do que em qualquer outro momento do milênio passado, e nos últimos sessenta anos a taxa de aquecimento elevou-se de modo expressivo (Hurrell *et al.*, 2001, p. 603). A produção agrícola, o manejo da água e os estoques píceos são afetados por esse aquecimento, causado por uma tendência ascendente da Oscilação do Atlântico Norte, que deter-

mina a variabilidade climática da costa leste dos Estados Unidos à Sibéria, do Polo Ártico ao Atlântico subtropical. As alterações da Oscilação do Atlântico Norte influenciam também a força e o caráter da Circulação Termoalina do Atlântico (CTA). As mudanças climáticas podem ter efeitos profundos sobre a sociedade. É o que sugere uma pesquisa recente, segundo a qual a ruína da planície maia deveu-se, em parte, ao aumento da estiagem na península de Yucatán como resultado das oscilações bicentenárias dos índices pluviométricos (Hodell *et al.*, 2001). A sustentabilidade da agricultura maia dependia da chuva e dos pequenos açudes, e a ocorrência de tais oscilações por várias décadas e até séculos provavelmente exacerbou outros problemas enfrentados pela civilização maia clássica (Demarest, 2004). Segundo conclusões de estudos recentes sobre mudanças climáticas, não haverá aquecimento em todos os lugares, porém presenciaremos eventos mais extremos com maior frequência, como a ocorrência do fenômeno El Niño – com secas em alguns pontos e inundações em outros (Caviedes, 2001). Na Amazônia brasileira já existe uma grande preocupação com a frequência cada vez maior de incêndios devastadores nas florestas amazônicas em consequência do El Niño. Em 1997, cientistas do clima e ecólogos chegaram a um consenso quanto ao fato de as secas associadas ao El Niño daquele ano terem sido responsáveis por um incêndio que consumiu 13 mil quilômetros quadrados de mata em apenas um local.⁴ Temos notícias de incêndios semelhantes durante o El Niño de 1982 a 1983 em Bornéu (Prance, 1986, pp. 75-102) e de incêndios devastadores na Amazônia de 250 a 400 anos atrás (Sanford *et al.*, 1985).

A mudança climática aumentará a gravidade dos declínios de população e espécies, principalmente por causa de agentes patológicos generalistas que infectam múltiplas espécies hospedeiras. Os efeitos mais facilmente detectáveis estão relacionados à expansão geográfica de agentes patológicos como a febre do vale do Rift (Quênia), a dengue e o mal da ostra americana (*Eastern oyster disease*) [*Crassostrea virginica*]. Embora haja outros fatores envolvidos, como a mudança do uso das terras, há

⁴ Disponível em <http://www.diariodecuiaba.com.br>, acessado em 25-1-2002.

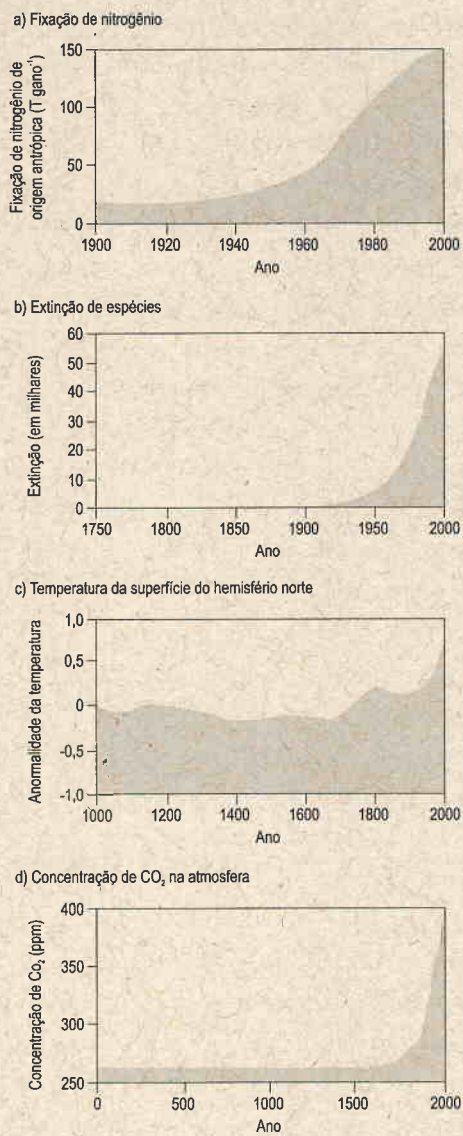


FIGURA 2. Taxas de crescimento em diversas esferas do sistema terrestre: (a) fixação do nitrogênio (Vitousek, 1994); (b) extinção de espécies (Smith, 2002); (c) temperatura da superfície do hemisfério Norte (Mann *et al.*, 1999); e (d) concentração de CO₂ na atmosfera (adaptado de Keeling & Whorf, 2000).

Fonte: Steffen *et al.*, 2003, p. 6.

pouquíssimas dúvidas de que as tendências do aquecimento afetarão as culturas agrícolas e favorecerão as doenças humanas, como a queima da batata, o brusone do arroz, a cólera e a febre do vale do Rift (Harvell *et al.*, 2002). O aquecimento global pode também alterar fenômenos biológicos sazonais, como o desenvolvimento das plantas, a floração e a migração dos animais (Penuelas & Filella, 2001). Em comparação com o século passado, algumas espécies arbóreas canadenses, como a *Populus tremuloides*, apresentam floração antecipada em 26 dias; a primavera biológica na Europa ocorre oito dias antes do tempo em relação ao que ocorria no período de 1969 a 1998 (*ibidem*). No Mediterrâneo, as folhas das plantas decíduas desabrocham dezesseis dias antes e caem treze dias depois, em média, em comparação com o que ocorria sessenta anos atrás (*ibidem*).

A natureza simultânea e interligada dessas mudanças nas condições humanas e ambientais desde 1950 indica, portanto, que as atividades humanas podem suscitar mudanças bruscas no sistema planetário, com consequências que só conseguimos imaginar vagamente. Evidentemente, a desagregação da chamada Correia Transportadora Oceânica, que regula o clima mundial, é a situação mais preocupante de todas (Broecker, 1991). O aumento do efeito estufa pode provocar mudanças na Circulação do Atlântico Norte, e os resultados das simulações por computador, na maior parte dos cenários, projetam colapsos bastante expressivos. Já sabemos que a CTA pode ter múltiplos equilíbrios e limiares, que sua reorganização pode ser provocada por mudanças na temperatura da superfície e nos fluxos de água doce, e que ultrapassar os limiares pode resultar em mudanças irreversíveis da Circulação Oceânica (Rahmstorf & Stocker, 2003). Nossa atual situação com relação ao CO₂, para não mencionar os demais gases responsáveis pelo aquecimento global emitidos exponencialmente, está em níveis bem superiores aos dos últimos 420 mil anos, como registrado no testemunho de gelo de Vostock (ver Figura 3).

A evidência da gravidade da mudança climática foi confirmada no encontro realizado por membros de 63 academias nacionais de ciências de todas as partes do mundo. O encontro ratificou o apoio ao trabalho do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), que afirma haver 90% de

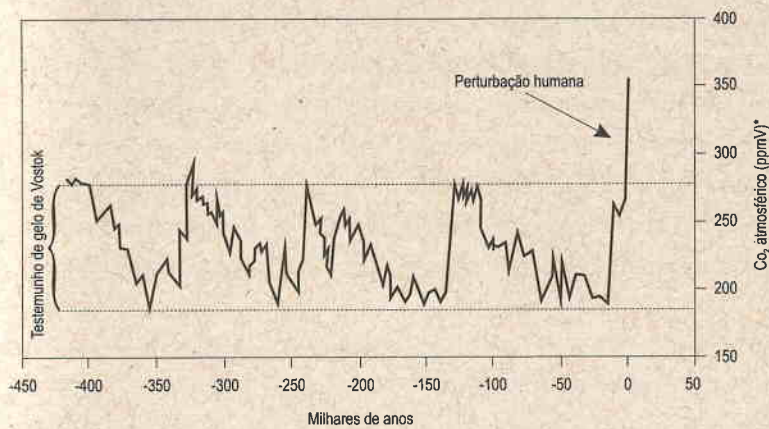


FIGURA 3. O testemunho de gelo de Vostok fornece o melhor registro das mudanças de CO_2 nos últimos 420 mil anos.

Fonte: Petit, Jouze, Raynaud, 1999, modificado por Steffen *et al.*, 2003.

certeza de que as temperaturas continuarão subindo (em 2100 elas ficarão no mínimo $5,8\text{ }^\circ\text{C}$ acima dos níveis de 1990) e recomendou ação imediata para reduzir a emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa (IPCC, 2000). Em uma declaração conjunta, os representantes das academias nacionais de ciências concluíram que “as estimativas das evidências científicas demandam medidas efetivas imediatas para evitar mudanças danosas ao clima do planeta” (Interacademies, 2000).

Os últimos sessenta anos foram devastadores para as funções do sistema terrestre. As alterações tiveram magnitude suficiente para rivalizar com a mudança climática, em termos ambientais e sociais (Vitousek *et al.*, 1997; NRC, 1999b). Nos primeiros cinquenta anos do século XXI, a demanda de alimentos e outros produtos por uma população global maior e mais rica será o principal condicionante das mudanças ambientais globais, em especial nos países do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China). Embora essa mudança possa decorrer de uma produção agrícola mais intensiva e eficiente, a maior parte dela virá da conversão de novas áreas de terras e ecossistemas naturais em campos agrícolas. Isso

* ppmV: partes por milhão por volume. (N. E.)

resultará, minimamente, em uma quantidade duas vezes e meia maior de nitrogênio e fósforo atingindo os ecossistemas marinhos próximos da costa e a água doce do planeta, o que provocará uma eutroficação e uma destruição sem precedentes dos habitats (Tilman, 2001). A maior parte do nitrogênio e do fósforo presentes nos fertilizantes e dejetos de origem animal entra em contato livre e sem tratamento com as águas superficiais e com os lençóis freáticos (Tilman *et al.*, 2001). As consequências disso são a eutroficação dos estuários e mares costeiros, a perda de biodiversidade, as mudanças na composição das espécies, a poluição dos lençóis freáticos, e o *smog* e o ozônio troposféricos. A conversão de até 1 bilhão de hectares do habitat natural para satisfazer a expectativa da demanda de alimentos é considerada conservadora.

Na maior parte das quatrocentas gerações em que temos nos dedicado à agricultura, a produção e o consumo de alimentos sempre estiveram intimamente ligados aos sistemas sociais, culturais e de crenças, assim como ao respeito pelo ambiente. Os alimentos tinham um significado especial e eram reverenciados em um ritual. As primeiras colheitas eram tratadas com deferência e gratidão. Ainda vemos algumas dessas práticas em determinadas populações étnicas rurais e até em superpotências industriais como o Japão, especialmente em relação às tradições associadas ao arroz. Os campos de arroz japoneses são cuidadosamente conservados, até mesmo por aqueles que têm outro emprego como principal meio de subsistência; todas as ocasiões especiais incluem pratos com arroz como um modo de ligar as pessoas a esse alimento básico e dar-lhe a devida importância. Os rios e as montanhas personificavam o divino e as forças criativa e destrutiva da natureza, os quais eram respeitados. Nas últimas três gerações, mudamos esse respeito pelo ambiente em diversos lugares. Em todo o mundo o agronegócio substituiu resolutamente a agricultura familiar e embora a produção de alimentos pareça muito maior em termos absolutos, isso se dá a um custo muito elevado: perda de solos, danos à biodiversidade, poluição do ar e da água e impactos negativos sobre a saúde humana por meio da utilização intensa de produtos químicos (Pretty, 2002, p. xii). Em uma era de combustíveis fósseis baratos, a agricultura industrial foi capaz de levar os produtos

agrícolas a grandes distâncias e expulsar a produção local do setor. Num mundo futuro, onde os combustíveis fósseis ficarão cada vez mais caros, precisaremos redesenhar os sistemas de produção de alimentos, ligando de forma mais direta quem os produz a quem os consome, utilizando métodos que causem menor impacto no ambiente e por meio dos quais a terra assuma, mais uma vez, o valor de sustento que teve na maior parte da história humana.

Nos últimos 35 anos, fomos capazes de dobrar a produção de alimentos, mas fizemos isso multiplicando por seis a fertilização com nitrogênio, triplicando a fertilização com fósforo e aumentando substancialmente a área plantada (Tilman, 1999). Dobrar novamente a produção de alimentos implicaria triplicar a fertilização com nitrogênio e fósforo, e aumentar em 18% a área plantada. Esses aumentos provocariam maior eutroficação dos ecossistemas marinho e de água doce, levando à perda da biodiversidade, a mudanças na estrutura das cadeias alimentares e a danos aos estoques de peixes (Tilman, 1999).

História do desenvolvimento da agenda das dimensões humanas⁵

Até 1988, o estudo das mudanças ambientais globais foi conduzido, em grande parte, pelas disciplinas das ciências da terra, como a meteorologia, a química atmosférica, as ciências atmosféricas e a geologia. O foco desse trabalho, sob a égide do Programa Internacional de Geosfera e Biosfera (International Geosphere-Biosphere Programme – IGBP), era documentar a extensão das mudanças na biosfera e projetar, em escala global, as prováveis consequências das mudanças nas condições atmosféricas da Terra. Alguns modelos, particularmente os de circulação global (MCGs), foram muito utilizados, em razão da ausência de dados pontuais importantes e da ambição de compreender o ambiente global, mas os cientistas também identificaram e fomentaram pesquisas em áreas necessárias para melhor executar os MCGs. Entre as diversas realizações ligadas a esse esforço, por exemplo, está a criação de uma vasta rede de boias nos

⁵ Esta seção baseia-se na discussão publicada em Moran (2005).

oceanos para medir as mudanças de temperatura. Ao longo do tempo, essa rede permitiu aos cientistas atmosféricos e marinhos prever a ocorrência do El Niño e do La Niña vários meses antes de as populações humanas sentirem o impacto desses fenômenos no ambiente terrestre. Os cientistas previram, de maneira precisa e com quase um ano de antecedência, o início do El Niño – Oscilação Sul de 2002-2003. Com isso, agricultores de diversos locais modificaram seu comportamento de plantio, reduzindo as perdas econômicas e a angústia humana. Isso foi feito observando-se o aquecimento e o resfriamento das águas do Pacífico norte e seguindo-se sua circulação ao redor do planeta. Mas algo estava faltando. A resolução espacial desses primeiros MCGs não levava em conta o papel significativo do comportamento humano no sistema terrestre, que ocorre em escalas espaciais (vários graus de latitude) e temporais (de décadas a séculos) muito grosseiras, com suposições mais amplas, como o que poderia acontecer se toda a floresta tropical fosse removida e transformada em pastagem. Embora os resultados desses modelos fossem informativos, raramente incluíam o comportamento adaptativo dos seres humanos, que tendem a desistir da eliminação total da cobertura da floresta tropical graças à disseminação de informações e aos processos de retroalimentação.

A pedido dos cientistas associados ao IGBP, o Conselho Internacional de Ciências Sociais (International Social Science Council – ISSC) foi incentivado a criar um grupo de trabalho para desenvolver uma agenda de dimensões humanas (ciências sociais e econômicas), para acompanhar o trabalho dos cientistas de clima e atmosfera que estudam mudanças ambientais globais. O ISSC concluiu que seria desejável criar painéis nacionais para fomentar essa discussão e elaborar planos de pesquisa que se articulassem com a pesquisa do IGBP. Isso levou à criação de um grupo paralelo ao IGBP, chamado Programa de Dimensões Humanas (Human Dimensions Program – HDP) e composto de um painel formado por cientistas sociais de todo o mundo, para discutir a melhor forma de proceder. Nos Estados Unidos, tanto o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) quanto o Conselho de Pesquisa em Ciências Sociais (Social Science Research Council – SSRC) criaram painéis de especialistas para discutir prioridades de pesquisa para as dimensões humanas.

As evidentes mudanças ambientais globais levaram primeiramente à criação de uma rede de cientistas para tratar desses processos em escala global. O IGBP foi criado em 1987, devido à necessidade de uma iniciativa de pesquisa internacional colaborativa dos fenômenos das mudanças globais. Um comitê especial foi nomeado para orientar o planejamento e a implementação do programa. A fase de planejamento ocorreu entre 1987 e 1990, e envolveu cerca de quinhentos cientistas do mundo todo. Em 1988, essa comunidade de cientistas de clima e atmosfera recorreu aos cientistas sociais, pedindo que se juntassem a eles num esforço para compreender as dimensões humanas das mudanças ambientais globais (NRC, 1999a e 1999b). Em 1992, foi publicado o livro *Global Environmental Change: Understanding the Human Dimensions* (NRC, 1992), do Conselho Nacional de Pesquisa, que definiu a agenda inicial para a realização de pesquisas nessa área. A pesquisa sobre as mudanças globais concentrou-se na mudança climática, na biodiversidade, na poluição e nos acordos ambientais internacionais orientados por uma consciência cada vez maior a respeito dos impactos globais, como a acumulação de gases do aquecimento do planeta, o surgimento de um buraco na camada de ozônio, que mudou a quantidade de radiação ultravioleta recebida pelas pessoas, e a documentação do derretimento de geleiras. As tendências atuais devem continuar a ter efeitos acumulativos sobre a atmosfera e a mudança climática (NRC, 1998b; Hunter, 1999; Potter, 1999).

A PESQUISA DAS DIMENSÕES HUMANAS TRATA DOS TRABALHOS DOS SISTEMAS SOCIAIS QUE MANEJAM OS RECURSOS AMBIENTAIS – MERCADOS, REGIMES DE DIREITOS DE PROPRIEDADE, TRATADOS, NORMAS LEGAIS E INFORMAIS, ETC. – E DO POTENCIAL DE MODIFICAR ESSAS INSTITUIÇÕES POR MEIO DA POLÍTICA E, ASSIM, MITIGAR AS MUDANÇAS GLOBAIS OU AUMENTAR A CAPACIDADE ADAPTATIVA. (NRC, 1999B, P. 5)

Em 1992, as primeiras questões identificadas como carentes de atenção urgente e prioridade de pesquisa foram:

1. Compreensão das mudanças de uso e cobertura da terra.
2. Compreensão do processo de tomada de decisão.
3. Criação de instrumentos políticos e instituições para tratar dos problemas relacionados à energia.

4. Avaliação dos impactos, da vulnerabilidade e da adaptação às mudanças globais.
5. Compreensão das interações homem-ambiente.

Muito foi feito nos anos seguintes, tendo como foco as causas, consequências e respostas das populações humanas às mudanças ambientais globais (NRC, 1999b). Os avanços foram especialmente notáveis no estudo da mudança de uso e cobertura da terra, definido como o tópico que a comunidade de pesquisa estava mais preparada para empreender (ver algumas das sínteses desse esforço em Gutman *et al.*, 2004; Moran & Ostrom, 2005; NRC, 2005a), a fim de compreender as respostas humanas aos eventos climáticos (NRC, 1999c; Moran *et al.*, 2006; Galvin *et al.*, 2001; M. Guttmann, 2000). As dimensões humanas das mudanças globais tornaram-se prioridade na Fundação Nacional de Ciências (NSF), na Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), na Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica (Nasa) e no Programa de Ciências Sociais e de População (Social Science and Population Program) do Instituto Nacional de Saúde da Criança e Desenvolvimento Humano (National Institute for Child Health and Human Development – NICHD).

Novas prioridades foram identificadas, colocando a pesquisa homem-ambiente ainda mais no centro do estudo das mudanças globais. Um motivo importante é que há evidências crescentes de que as incertezas socioeconômicas são maiores do que as biofísicas, como ocorre no estudo dos impactos climáticos, por exemplo (NRC, 1999c, p. 1). As principais fontes de mudanças na atmosfera global resultam das atividades humanas, como o desmatamento e o consumo de energia. Estudos que mostram que as tragédias dos bens comuns não são inevitáveis e que são produto de como as pessoas se organizam para responder às ameaças percebidas ao seu bem-estar reforçam ainda mais a importância das pesquisas das interações homem-ambiente. Desde 1992, o campo se desenvolveu, e emergiu um novo conjunto de prioridades de pesquisa. Na primeira década do século XXI, identificaram-se diversas questões de pesquisa:

1. Compreensão dos determinantes sociais do consumo ambientalmente significativo (NRC, 1997a; Moran, 2006).

2. Compreensão das fontes da mudança tecnológica.
3. Previsões climáticas regionalmente mais relevantes e precisas (NRC, 1999c).
4. Aperfeiçoamento do modo como as populações humanas podem responder melhor às surpresas ambientais.
5. Compreensão das condições que favorecem o sucesso ou o insucesso institucional no manejo do recurso (Ostrom, 1998 e 2005).
6. Relação da dinâmica entre o uso e a cobertura da terra com os processos populacionais, principalmente o papel da migração humana (Moran & Ostrom, 2005; NRC, 2005a; Lambin & Geist, 2006).
7. Melhoria da nossa compreensão a respeito da tomada de decisão humana (Moran *et al.*, 2006; Brondizio & Moran, 2008).
8. Avanço na capacidade de explicitar espacialmente os dados das ciências sociais (NRC, 1998a; Goodchild & Janelle, 2004).

Curiosamente, o SSRC, o NRC e o HDP chegaram rapidamente ao consenso de que a área que melhor se articularia com o trabalho do IGBP e com a qual os cientistas sociais poderiam contribuir de modo mais vigoroso a curto prazo seria o estudo da mudança de uso e cobertura da terra. A lógica era de que havia nas ciências sociais uma comunidade preexistente, interessada em ecologia cultural, estudos agrários e economia agrícola e ambiental, de cujo trabalho se aproximaram as áreas de interesse de um programa de pesquisa com foco em ciências da terra. Isso levou à criação do projeto Mudanças de Uso e Cobertura da Terra (Land-Use and Land-Cover Change – LUCC), uma atividade conjunta do IGBP e do HDP, com apoio de grupos como o SSRC e o NRC. Um painel de cientistas começou a se reunir, e, nos anos seguintes, produziu um plano de ciência (Science Plan) para orientar o trabalho da comunidade internacional (Lambin *et al.*, 1999). O plano apresentava diversas perguntas científicas importantes consideradas fundamentais para o projeto central:

- Como as atividades humanas modificaram a cobertura da terra nos últimos trezentos anos?

- Quais são as principais causas humanas da mudança da cobertura da terra em diferentes contextos geográficos e históricos?
- Como as mudanças no uso da terra afetarão a cobertura da terra nos próximos cinquenta a cem anos?
- Como dinâmicas humanas e biofísicas afetam a sustentabilidade de tipos específicos de uso da terra?
- Como as mudanças climáticas e biogeoquímicas poderiam afetar o uso e a cobertura da terra?
- Como o uso e a cobertura da terra afetam a vulnerabilidade de seus usuários em relação à mudança? Como as mudanças na cobertura da terra aumentam essa vulnerabilidade e as regiões em risco?

As prioridades de pesquisa definidas pelo NRC e pelo SSRC eram semelhantes, mas diversas em certo grau. O primeiro documento norteador importante a surgir após os painéis de especialistas foi o “livro do arco-íris”: *Global Environment Change: the Human Dimensions* (NRC, 1992). A obra definiu um amplo conjunto de prioridades que identificava as mudanças no uso e cobertura da terra como o principal tópico de pesquisa, mas listava em detalhes outras importantes questões que mereciam atenção, como a gestão ambiental, a modelagem integradora, a análise de risco ambiental e os estudos de população e ambiente. Muitas das recomendações contidas nesse livro serviram de guia para os órgãos de financiamento e têm sido implantadas desde então, entre elas a criação dos centros de excelência em dimensões humanas pela NSF, dos programas de pesquisa em mudança de uso e cobertura da terra pela Nasa, dos programas de dimensões humanas das mudanças globais pela NOAA e dos programas sobre população e ambiente pelo NICHD.

No ano seguinte, o NRC publicou um documento menor e mais acessível intitulado *Science Priorities for the Human Dimensions* (1993). Ele reafirmou as prioridades do livro lançado em 1992 e adicionou várias novas áreas de interesse: mudanças de uso e cobertura da terra; processos de tomada de decisão; políticas e instituições relacionadas à energia; avaliação de impacto e dinâmica populacional. Em 1995, a NSF anunciou

uma concorrência para centros de excelência nacionais a respeito das dimensões humanas das mudanças ambientais globais.

Desde aquela época ocorreram avanços consideráveis, descritos resumidamente em um livro do NRC: *Global Environmental Change: Research Pathways for the Next Decade* (1999a). Em 1996, o HDP tornou-se o Programa Internacional de Dimensões Humanas (International Human Dimensions Program – IHDP), quando mudou de Genebra para Bonn, na Alemanha. O IHDP tem exercido um papel cada vez maior na coordenação do trabalho dos painéis nacionais de dimensões humanas e na criação de grupos de pesquisa ligados ao IHDP, com foco nas Dimensões Institucionais das Mudanças Ambientais Globais (Institutional Dimensions of Global Environmental Change) e no grupo de Segurança e Vulnerabilidade Ambiental (Environmental Security and Vulnerability).

Uma das atividades mais importantes do programa LUCC foi estimular a elaboração de sínteses do que sabemos a respeito dos processos de mudança no uso e cobertura da terra, como o desmatamento tropical (ver Geist & Lambin 2001 e 2002; Lambin & Geist, 2006), a intensificação agrícola (McConneel & Keys, 2005) e a urbanização, contribuindo para uma síntese maior sobre a ciência dos sistemas terrestres (Steffen *et al.*; 2003). Essas sínteses apoiam-se na comunidade acadêmica que trabalha com temas relacionados às mudanças no uso e cobertura da terra.

Entre outras interessantes áreas de pesquisa em dimensões humanas da agenda das mudanças globais, incluem-se: as dimensões sociais do uso dos recursos; a percepção das mudanças ambientais; o modo como as pessoas avaliam mudanças e riscos ambientais; o impacto das instituições; a produção e o consumo de energia; a ecologia, a justiça e a segurança ambientais. Em 2001, um painel de especialistas do NRC definiu oito principais desafios em ciências ambientais (*Grand Challenges in the Environmental Sciences*) como prioridades (NRC, 2001). Esses desafios tinham um denominador comum: requeriam trabalho conjunto dos cientistas biofísicos e dos cientistas sociais. Recomendação semelhante veio do Painel Nacional de Ciência (National Science Board), que desenvolveu prioridades similares porém não equivalentes, também fomentando a abordagem multidisciplinar entre as ciências biofísicas e sociais.

Características de pesquisa sobre as dimensões humanas

As pesquisas sobre as dimensões humanas diferem da pesquisa disciplinar de diversas maneiras. As pesquisas sobre as mudanças globais devem ser basicamente multidisciplinares, dada a complexidade dos fatores a serem levados em conta. Nenhuma disciplina oferece um conjunto adequado de teorias, métodos e conceitos para permitir modelagens integrativas (ver os Capítulos 2 e 3). Por ser global, o trabalho deve ser realizado em escala multinacional; caso contrário, tende-se a pensar erroneamente que os processos de determinado país podem ser generalizados para o globo. Isso força a criação de uma agenda orientada para pesquisas comparativas, em que os dados devem ser coletados de forma comparativa em várias nações e regiões para dar uma amostra da diversidade dos processos biofísicos e sociais (Moran & Ostrom, 2005). Como o planeta é uma entidade muito complexa, o trabalho deve ser espacialmente explícito para permitir a ancoragem precisa do trabalho na superfície terrestre e a compreensão do que é específico e o que é generalizável para determinado local (ver Capítulo 4). Como a agenda é orientada por uma preocupação com as dinâmicas de mudança, o trabalho deve ser multitemporal e ter certa profundidade histórica.

A profundidade varia com as questões e os processos de interesse. Alguns cientistas (paleoclimatologistas e palinologistas) operam em escalas temporais de milênios, enquanto outros (historiadores, ecólogos e cientistas sociais) trabalham em termos de séculos e décadas. Como os métodos das disciplinas variam, é provável que os processos examinados variem não só nas escalas temporal e espacial, como também na escala analítica (de local para regional, de nacional para global; ver o Capítulo 5). É sabido, mas raramente tratado de modo analítico, que as explicações para os processos variam em função da escala em que eles são estudados. Assim, a especificação da escala em uso é essencial, mas também é necessário que cada análise empregue outras escalas, para cima e para baixo, de forma que o esforço e o investimento sejam úteis a cientistas que trabalham com outras escalas. Por ser um trabalho acerca de uma crise ambiental iminente de proporções globais e locais, deve lembrar a

relevância e a importância da pesquisa em subsidiar políticas que possam reverter os atuais resultados negativos e favorecer a sustentabilidade das interações homem-ambiente (ver os Capítulos 6, 7 e 8).

A participação em pesquisas sobre as dimensões humanas oferece diversas vantagens para o avanço teórico, especialmente teorias a respeito das interações homem-ambiente. As questões da agenda de dimensões humanas são novas e vão além das preocupações disciplinares tradicionais, estendendo o valor das ciências sociais e naturais a toda a sociedade. As disciplinas trazem teorias importantes para esse tipo de pesquisa: a antropologia e a geografia contribuíram com a ecologia cultural e a ecologia política, que ainda constituem importantes paradigmas na compreensão do uso humano dos recursos; a biologia e a ecologia contribuíram com a ecologia evolutiva e dos ecossistemas; a ciência política contribuíram com as teorias a respeito das instituições e ações coletivas. No entanto, ao contrário das pesquisas disciplinares tradicionais, a pesquisa em dimensões humanas demanda uma abordagem multiescalar. Esse raramente é o caso das pesquisas disciplinares, sendo, portanto, uma ampliação do modo como as ciências sociais podem contribuir para a compreensão do mundo ao nosso redor. O trabalho em dimensões humanas conecta as ciências biológicas e físicas com as ciências sociais, tornando estas importantes não só para os cientistas sociais mas também para os demais. Vale lembrar que foram as ciências físicas que reconheceram o papel das ações humanas e sentiram a necessidade de estimular a comunidade de cientistas sociais a integrar os esforços para compreender as mudanças ambientais globais. Embora muito ainda precise ser feito para alcançar essa integração, tem havido alguns progressos.

O trabalho sobre as dimensões humanas requer abordagens comparativas e multidisciplinares, oferecendo potencial para testes mais sólidos da aplicabilidade dos resultados locais, regionais ou nacionais. Em testes transnacionais, transregionais e translocais, os resultados tendem a ser mais sólidos e fortalecidos pela teoria. A agenda de pesquisas sobre dimensões humanas desafia a maioria das ciências sociais (exceto a geografia, que já é sensível a isso) a desenvolver novas formas espacialmente explícitas de selecionar casos para análise comparativa, a definir estra-

tégias de amostragem em um contexto espacial e a modelar resultados informados espacialmente. Isso é verdadeiro tanto para as ciências sociais quanto para a ecologia, que só atualmente começou a desenvolver a ecologia espacial como campo de estudo, revolucionando com isso o nosso modo de pensar a ecologia de populações e comunidades (ver Capítulo 4).

Enfrentar esses desafios é uma tarefa difícil. Requer, em vez do esforço solitário – mais comum nas ciências sociais – um trabalho em grandes equipes de cientistas. Como salientado anteriormente, o trabalho deve ser multinacional, multidisciplinar, multiescalar, multitemporal, espacialmente explícito e politicamente relevante. Para ser bem-sucedida, essa tarefa exige que baixemos a guarda e tenhamos as ferramentas, as teorias e os métodos certos para as perguntas que estão sendo formuladas (independentemente das disciplinas de onde elas vieram). A meta é escolher as perguntas e equipes corretas para o trabalho, mesmo que isso signifique incentivar os membros da equipe a aprender abordagens que não fizeram parte de sua formação acadêmica. É uma tarefa desafiadora e estimulante, que assegura o crescimento contínuo em habilidades e perspectivas, uma nova via de pesquisa, sem deixar de lado o rigor científico, e uma pesquisa que também responde às perguntas da sociedade, e não só as dos cientistas acadêmicos.

O caminho à frente: ciência integrativa

Para ultrapassar o estágio atual, é necessário o engajamento dos cientistas sociais na pesquisa multidisciplinar, entre si e com os cientistas biofísicos. Nessa iniciativa, as abordagens da ciência integrativa têm muito a oferecer. Os antropólogos e os geógrafos trazem para a análise das mudanças globais duas contribuições importantes: em primeiro lugar, ambos estão comprometidos com a compreensão das diferenças locais e regionais. Ao observarem uma imagem feita por satélite, por exemplo, procuram padrões de uso da terra associados a processos socioeconômicos e culturais das populações locais. Portanto, eles se esforçam para achar as condicionantes por trás das diferenças de uso da terra e classifi-

cações desse uso que sejam significativas em termos socioeconômicos e culturais. A sociologia e a economia trazem um conjunto de habilidades sofisticadas para o estudo da demografia, que é integrável com abordagens bioecológicas e espacialmente explícitas. A ciência política contribui com abordagens institucionais e internacionais, que lidam com diversas escalas de interações. Os cientistas biológicos e os ecólogos trazem teorias sólidas a respeito da evolução pela seleção natural e de como as mudanças ambientais ocorrem em diversos níveis de organização.

Uma segunda contribuição importante está relacionada com a coleta de dados e os métodos usados para isso. Antropólogos, sociólogos e geógrafos humanos, utilizando imagens de satélite, desejam revelar a realidade da vida humana por trás dos tipos de cobertura da terra. Essa perspectiva requer métodos que relacionem as diferenças ambientais locais ao comportamento humano (Moran & Brondizio, 1998 e 2001; Rindfuss *et al.*, 2003). Os cientistas sociais ambientais orgulham-se da ênfase dada ao trabalho de campo, e deveriam tirar proveito dessa preferência para fazer contribuições importantes para o avanço do estado da ciência social espacialmente explícita (Walsh & Crews-Meyer, 2002; Goodchild & Janelle, 2004; Moran & Ostrom, 2005). Os ecólogos e os biólogos também dão grande espaço ao trabalho de campo, o que é bastante positivo, já que isso pode levá-los ao respeito mútuo e ao trabalho conjunto. De outro lado, há muitas questões que merecem discussão por meio das tradições disciplinares sobre a seleção das áreas de amostragem e dos locais de estudo, quantos detalhes capturar em cada local e como aumentar melhor a escala, desde a “mancha” até unidades maiores de organização social e ecológica.

Em diversas disciplinas, a ênfase é dada em uma dimensão em detrimento de outra. Tradicionalmente, a história dá mais ênfase ao tempo e menos aos aspectos espaciais. A geografia, de outro lado, enfatiza mais as dimensões espaciais do que as temporais. Outras disciplinas, como a geologia e a ecologia, contêm uma mistura das duas dimensões. Determinadas ciências sociais (a ciência política, a sociologia e a antropologia) enfatizam tradicionalmente o espaço ou o tempo, quando necessário. Às vezes os cientistas políticos realizam pesquisas que salientam os aspectos

temporais em estudos longitudinais. O campo interdisciplinar emergente das interações homem-ambiente deve dar atenção tanto à variação espacial quanto à temporal.

Dados os diversos vocabulários das disciplinas não integradas, é previsível que as interações homem-ambiente pareçam extremamente complicadas. Isso é agravado pelo sentimento de urgência dos pesquisadores, estudantes, políticos e profissionais que manejam a terra em relação ao estado do nosso planeta, que requer ação imediata, e pela sensação de que nosso entendimento está muito atrasado no tocante aos processos envolvidos. Se nosso monitoramento coletivo e nosso entendimento das interações homem-ambiente continuarem ficando aquém dessas mudanças, como a humanidade poderá mitigar quaisquer consequências negativas e tentar prevenir problemas futuros?

Como essa síntese pode ser realizada? Que estratégias podemos utilizar para ajudar a integrar todas as “lentes” analíticas utilizadas por acadêmicos de diversas disciplinas das ciências sociais e físicas? Podemos tornar os estudos de caso individuais mais comparáveis e compatíveis uns com os outros para tentar identificar tendências significativas que se manifestam através de todos os casos? Embora cada pesquisador avance em suas iniciativas de pesquisa individuais, a comunidade de pesquisa ambiental, como um grupo, provavelmente se beneficiaria ao se familiarizar com um conjunto comum de teorias e métodos mutuamente compreendidos transversalmente pelas ciências sociais e naturais. Estudos bem documentados no que diz respeito às suas dimensões espaciais e temporais podem informar e ampliar outros estudos. A articulação específica dos parâmetros espaciais e temporais em cada estudo facilitaria significativamente a integração e a compatibilidade caso a caso. Mesmo sendo uma proposição simples, um problema de ação coletiva, pode render resultados sinérgicos críticos para o progresso da pesquisa. Além disso, as diversas perspectivas espaciais e temporais ajudarão os estudantes e os pesquisadores a compreender como processos opostos relacionam-se mutuamente, ajudando a situar determinado estudo de caso em um contexto mais amplo.

Para alcançar uma ciência homem-ambiente, interdisciplinar e multidisciplinar sólida, é fundamental considerar como superar tendên-

cias disciplinares sem perder o rigor na teoria e no método. Teorias e métodos são desenvolvidos para lidar com questões específicas, geralmente de escopo amplo, porém focadas em desafios científicos específicos, em escalas de análise espaciais e temporais particulares. Nos capítulos 2 e 3 propomos teorias e métodos que podem ajudar no desenvolvimento dessa nova área: o estudo das interações homem-ambiente. Evidentemente, nenhum conjunto de teorias e métodos conseguirá abordar todas as questões levantadas pelos pesquisadores nesse amplo e abrangente campo multidisciplinar. Os métodos e as teorias são uma primeira aproximação ou constituem uma linha de base para os membros da equipe multidisciplinar. Um dos desafios relacionados à área de estudo homem-ambiente é o fato de que a formação de doutorado ainda é, em grande medida, disciplinar. Assim, quando os pesquisadores ou estudantes começam a trabalhar em equipe, como devem fazer ao lidar com questões socioambientais complexas, enfrentam um grande obstáculo para compreender o jargão de outras disciplinas envolvidas. Uma resposta a esse problema seria participar do projeto sem se preocupar com as abordagens utilizadas pelos demais membros da equipe. Entretanto, esse modo de trabalho nem sempre é produtivo, uma vez que certamente leva a um desapontamento quanto à definição do foco do trabalho a ser realizado e quanto às conclusões e recomendações. Em vez disso, familiarizar-se com um conjunto básico de teorias e métodos de consenso facilita a compreensão e o diálogo; perguntas integrativas, em vez de perguntas disciplinares, podem ser respondidas, e o desafio mútuo no campo e no laboratório, assim como a obtenção de uma análise integrativa, torna-se possível. É nesse espírito que os capítulos 2 e 3 apresentam um conjunto de teorias e métodos para facilitar o diálogo básico por meio das ciências sociais e naturais.