

Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica

CLEBER J. R. ALHO

Introdução

O TERMO BIODIVERSIDADE, hoje consagrado na literatura, refere-se à diversidade biológica para designar a variedade de formas de vida em todos os níveis, desde micro-organismos até flora e fauna silvestres, além da espécie humana. Contudo, essa variedade de seres vivos não deve ser visualizada individualmente, mas sim em seu conjunto estrutural e funcional, na visão ecológica do sistema natural, isto é, no conceito de ecossistema.

Os conquistadores europeus que chegaram aqui nos séculos XV e XVI trouxeram doenças infecciosas como varíola e tifo, que dizimaram cerca de 50 milhões de povos nativos da América do Sul (Daszak et al., 2000). Hoje, com o tamanho da população humana global de 6,8 bilhões de habitantes (US Census Bureau, 2010), em 2012 já com mais de sete bilhões de habitantes (WorldMeters: <http://www.worldometers.info/world-population/>) e a do Brasil, com estimados 192,8 milhões de habitantes (IBGE, 2010), o avanço da biotecnologia na produção de alimento, pela agricultura e pecuária, tem propiciado valores nutricionais em quantidade e qualidade que implicam direta e positivamente a saúde humana. Esse progresso também influi em valores indiretos. Como exemplo, dois aspectos podem ser identificados: a redução do emprego de defensivos agrícolas químicos – que têm potencial efeito negativo na saúde humana (Pimentel et al., 1991, 1995) – e a maior produtividade de grãos – que permite alimentar o número crescente da população, como no caso da soja do Cerrado do Brasil central (Phipps & Park 2002; Pretty et al., 2003).

A literatura científica tem mostrado essa tendência, enfocando nos valores ético, econômico, cultural, recreativo, intelectual, científico, espiritual, emocional e estético da biodiversidade (Alho, 2008); custos ambientais e econômicos da erosão de solos (Pimentel et al., 1995) e como a saúde humana depende da biodiversidade (Chivian & Bernstein, 2008; Mindell, 2009a). Em países considerados detentores de alta biodiversidade, com grande território, como o Brasil, a questão da biodiversidade tem enorme relevância, de importância estratégica, incluindo o destaque político no contexto global. Em consequência, o uso e a ocupação do solo, com avanço em áreas naturais, têm forte implicação com a saúde e o bem-estar humano.

A biotecnologia tem procurado também novos meios de cura com base em novos componentes químicos ou princípios ativos de produtos da biodiversidade, no potencial farmacêutico de inúmeras espécies de micro-organismos, plantas e animais, além da busca da medicina preventiva nesses novos produtos da diversidade biológica. Esse segmento de pesquisa científica tem apresentado rápido progresso, com contribuição da biologia molecular, genética, engenharia genética, bioquímica, farmacologia, com descobertas de novos antibióticos, agentes antivirais, vacinas e, até mesmo, com o emprego da nanotecnologia para combate a tumores malignos (Mindell, 2009b).

A importância da biodiversidade para o bem-estar e a saúde humana só ganhou maior destaque quando o processo de perda da diversidade biológica alertou para a necessidade da conservação e do uso racional dos recursos vivos, com proteção ao fluxo de serviços dos ecossistemas naturais. E também diante da escalada de impactos causados pelo homem na biosfera e do reconhecimento da valoração dos ecossistemas naturais e do imenso potencial que as espécies têm para a economia humana em geral e como fonte potencial de fármacos em particular (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Chivian & Bernstein, 2008).

Ecossistema

A compreensão do contexto da biodiversidade no conceito de ecossistema consiste na complexa interação entre os seres vivos com as entidades não vivas, isto é, abióticas, onde as espécies ocorrem. A biodiversidade é parte importante desse sistema natural dinâmico em estrutura e função. O entendimento do ecossistema implica um enfoque interdisciplinar, com ênfase holística, já que é um sistema natural complexo. O enfoque destaca as interações e transações nos processos biológicos e ecológicos e entre eles no sistema natural como um todo. Usa e aprofunda o conceito físico-químico da termodinâmica, destacando o trânsito de energia (Ricklefs & Miller, 2000; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

O sistema é dinâmico, porque se relaciona ao movimento de energia dentro dele, sendo as plantas a fonte primária de energia para os animais. Essas plantas são consumidas por herbívoros, que são predados por carnívoros, que são consumidos por outros carnívoros. Os organismos decompositores consomem as partes mortas do sistema vivo, incluindo os excrementos ou mesmo os resíduos metabólicos de outros decompositores. A decomposição fraciona os compostos de tal modo que dióxido de carbono, água e outros produtos inorgânicos fracionados por detritívoros e outros organismos podem agora ser reabsorvidos pelas plantas. O sistema é complexo, porque envolve múltiplas partes interconectadas: espécies, seus habitats e nichos, além de outras variáveis. É holístico, porque não pode ser entendido pela análise de suas partes isoladamente (espécies, meio físico-químico etc.), mas sim como essas partes interagem para a função e estrutura do sistema natural (Ricklefs & Miller, 2000; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

São, em geral, três os grandes impactos negativos da ação do homem no ambiente natural: (1) Perda e alteração de habitats e da biodiversidade; (2) Exploração predatória de recursos; e (3) Introdução de espécies exóticas nos ecossistemas. Acrescem atualmente mais três grandes impactos negativos: (4) Aumento de patógenos; (5) Aumento de tóxicos ambientais; e (6) Mudanças climáticas. Tudo isso envolve problemas importantes sobre a degradação da biodiversidade pela ação do homem, pela poluição, pela explosão demográfica humana associada ao uso múltiplo dos recursos naturais (Chivian & Bernstein, 2008).

A definição de ecossistema em razão de sua estrutura e de seus processos ecológicos é importante para esta abordagem. A estrutura ecossistêmica compreende a heterogeneidade da cobertura vegetal e todo micro-organismo e fauna associados ao habitat, enquanto a função ecossistêmica engloba os processos do ecossistema, isto é, as interações entre os elementos do sistema natural, com destaque para a biodiversidade (Ricklefs & Miller, 2000).

Os serviços dos ecossistemas são definidos, então, como os benefícios humanos derivados da função ecossistêmica e de seus processos. Consequentemente, função do ecossistema é a capacidade do processo natural de prover bens e serviços para as necessidades humanas. Os serviços ecossistêmicos são, portanto, atributos da função e do processo do ecossistema natural que têm valor para o homem. Essa distinção é feita para separar o que é a função do ecossistema que ocorre naturalmente, sem a conotação de serviços para o homem, isto é, as interações físico-químicas e biológicas próprias de cada ecossistema natural. Já o termo serviços do ecossistema denota a satisfação das necessidades humanas: ciclos biogeoquímicos e nutrientes para plantas e produção de alimento, ciclo da água, ar, clima e uso da biodiversidade para alimentos e fármacos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Chivian & Bernstein, 2008). O estudo dos ecossistemas tem recebido contribuição das ciências da computação, incluindo modelos matemáticos com aplicação de recursos analógicos e digitais de informática em dois grandes eixos: meio ambiente e biota (Burkett et al., 2005).

Como as interações beneficiam os serviços ecossistêmicos

Enquanto os serviços ecossistêmicos desempenham papel fundamental para a saúde e o bem-estar do homem, a perda da biodiversidade nos biomas brasileiros, como em desmatamentos e queimadas na Amazônia, tem afetado as mudanças climáticas globais (Shukla et al., 1990). O projeto Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA – Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) foi uma iniciativa internacional conduzida no Brasil entre 1995 e 2005, que produziu pesquisa para prover resposta à seguinte pergunta: “Como a conversão da floresta, a sua regeneração e o corte seletivo de madeira influenciam a captura de carbono, na dinâmica de nutrientes, no fluxo de gases, diante do uso sustentável de recursos na Amazônia?”. Esse projeto tem gerado estudos importantes para o tema e alguns são citados a seguir.

Os serviços ecossistêmicos dão suporte à vida na biosfera, e o homem, também como espécie biológica, que respira como os outros organismos pulmonados, precisa de ar puro, de água não contaminada e de outros benefícios oriundos da biodiversidade. Esses chamados serviços ecossistêmicos incluem também a regulação do clima, por exemplo, o papel da floresta Amazônica na evapotranspiração, no ciclo d'água, na relação com os fenômenos El Niño e La Niña no clima. Agem na desintoxicação de poluentes, no controle de pragas da agricultura e vetores de doenças, no ciclo do carbono, do nitrogênio e de outros nutrientes fundamentais à vida e à produção de alimento, no conhecimento de princípios ativos da programação genética de micro-organismos, plantas e animais que têm aplicação como medicamentos.

Natureza e sociedade

Na escala de tempo evolutiva, o aparecimento do homem moderno é recente, de vez que a função ecossistêmica vem evoluindo há muitos milhares de anos passados (Allègre & Schneider, 1994). Para dar uma ideia de escala de tempo, em contraste com os 300 mil anos de surgimento do *Homo sapiens*, os mamíferos sul-americanos considerados recentes têm história evolutiva de 15 a 65 milhões de anos (Webb & Marshall, 1982). A rápida evolução do homem moderno permitiu a mudança para o ajuste cultural e tecnológico, o que favoreceu o rápido crescimento da população global, particularmente depois da chamada revolução industrial (Ehrlich & Ehrlich, 1997). Contudo, no início, o homem conviveu com epidemias como pragas e pestes, relatadas na Bíblia e em documentos mais recentes (McKeown, 1988).

Hoje, sem dúvida, é grande o impacto causado pela população humana sobre a natureza, proporcionando drástica perda da biodiversidade (Sala et al., 2000; Brasil, 2008). Essa degradação biótica, especialmente nas regiões tropicais, preocupa autoridades e ambientalistas no mundo inteiro.

A fabricação de medicamentos e a produtividade agropecuária dependem das informações genéticas contidas em diferentes espécies de micro-organismos, plantas e animais obtidas, por exemplo, pela transferência de genes de espécies silvestres resistentes a doenças para espécies domesticadas que servem de alimento para o homem. Ou ainda, por técnicas de biotecnologia, repetir em laboratório o princípio ativo contido na programação genética de espécies silvestres que podem levar à cura de enfermidades.

Há ainda a ligação entre a etnomedicina, utilizada pelos povos tradicionais do Brasil, e o uso técnico-científico e comercial da biodiversidade feito pela indústria farmacêutica. Outro aspecto é a chamada biopirataria, considerada o terceiro maior tráfico, atrás do comércio ilegal de drogas e do tráfico de armas (Renctas, 2001). Alguns trabalhos têm discutido a ligação entre a medicina tradicional com as implicações em saúde pública e a relevância da biodiversidade (Alves & Rosa, 2007).

A biopirataria envolve o comércio e a utilização ilegais de plantas e animais,

muitos desses de estimação, como araras e papagaios, mas muitos outros também para a indústria farmacêutica. Segundo farta documentação (<http://www.amazonlink.org/biopirataria/>), esse material é levado para fora do país e tem patentes registradas por grandes laboratórios, em outros países, com prejuízo econômico para o Brasil. Como exemplos, o jaborandi (*Pilocarpus pennatifolius*) teve sua patente registrada pela indústria farmacêutica alemã Merck, em 1991. O conhecido açaí, que é fruto da palmeira amazônica *Euterpe oleracea*, teve seu nome registrado no Japão, em 2003. O Japão acabou cedendo e cancelando a patente, diante da pressão sofrida. Outra planta famosa da Amazônia, o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), teve sua patente registrada pela empresa Asahi Foods, do Japão, entre 2001 e 2002, e pela empresa inglesa de cosméticos “Body Shop”, em 1998. Outra planta amazônica, a copaíba (*Copaifera* sp.), teve sua patente registrada pela empresa francesa Technico-flor, em 1993.

Tem havido significativo esforço da comunidade científica brasileira em patentear os produtos da biodiversidade derivados de pesquisa para proteger seus resultados na aplicação para medicamentos e outros usos (Moreira et al., 2006).

Genes translocados e produtos ativos identificados nas espécies silvestres têm desempenhado papel relevante para a produção de medicamentos. Essas drogas incluem quinina, aspirina, artemisinina, produção de fungicidas. Para dar outro exemplo, a literatura enfatiza os compostos de peptídios de algumas espécies de moluscos gastrópodos encontrados em recifes de coral; esses peptídios são tão abundantes que podem ser similares aos alcaloides de plantas superiores e ao metabolismo secundário de bactérias (Aguirre et al., 2002). Outro exemplo é o de um novo medicamento para combater a dor, que é mil vezes mais potente que a morfina e é derivado das toxinas de moluscos marinhos do gênero *Conus*, também encontrados em recifes de coral. Essas toxinas são encontradas no veneno que os moluscos predadores utilizam para capturar suas presas (Chivian & Bernstein, 2008).

De cada 150 medicamentos receitados e comercializados nos Estados Unidos, 118 são elaborados a partir de produtos originários da biodiversidade, como plantas, fungos, bactérias e animais (Chivian & Bernstein, 2008). Estima-se que 80% dos habitantes de países em desenvolvimento dependam da medicina tradicional para suprir suas necessidades básicas de saúde, e 85% dos medicamentos produzidos pela medicina tradicional envolvam o uso de extratos de plantas, portanto remédios originários da natureza (Farnsworth, 1988).

A programação genética contida em cada espécie é única, original, e, quando essa espécie é extinta, essa informação é perdida para sempre. Para ilustrar, os pesquisadores têm demonstrado muito interesse no metabolismo do urso polar (*Ursus maritimus*), que está ameaçado por causa do impacto do aquecimento climático na região polar. Acontece que esse animal pode passar um longo período do tempo hibernando, sem se alimentar, sem beber, sem defecar ou

urinar, e nesse período não perde peso e algumas fêmeas podem mesmo parir e amamentar o filhote, sem que a mãe tenha acesso a alimento. Que mecanismo é esse, contido na programação genética do urso, capaz de permitir isso? Teria esse princípio ativo papel no controle da osteoporose humana ou do diabetes tipo 2? Talvez esse segredo esteja guardado na programação genética do urso polar (Chivian & Bernstein, 2008).

Como as perturbações ecossistêmicas influem na dinâmica de doenças

A destruição e a alteração dos ecossistemas naturais com perda da biodiversidade resultam da interferência do homem na natureza, incluindo expansão urbana, conversão da cobertura vegetal natural em pastos ou campos agrícolas, mudanças climáticas e grandes obras de infraestrutura como novas rodovias na Amazônia, usinas hidrelétricas, assentamentos humanos, introdução acidental ou não pelo homem de espécies exóticas invasoras e outras formas de transformações do ambiente natural. Por exemplo, o vetor da dengue no Brasil, doença que tem acometido milhares de pessoas todos os anos, é o mosquito *Aedes aegypti* originário da África, provavelmente vindo da região etiópica, durante o tráfico de escravos. É também vetor da febre amarela urbana (WHO, 2007). É um mosquito domiciliar que se prolifera em aglomerados urbanos desorganizados. Outra espécie é o *Aedes albopictus*, introduzido no Brasil em 1986, que pode ser vetor secundário da dengue, em áreas rurais e urbanas (Segura et al., 2003; Walker, 2007).

Espécies de recifes de corais como *Mussismilia brazilienses* e *Mussismilia hispida* do arquipélago de Abrolhos, que se estende desde o litoral do Espírito Santo ao sul da Bahia, têm sido afetadas por uma doença que torna essas espécies esbranquiçadas, diferentes das saudáveis. Essa doença é causada pelas bactérias *Vibrio coralliitoxicus*, *V. alginolyticus* e *V. harveyi*. A diversidade microbiana associada à presença humana é postulada como hipótese do impacto causado pelo homem na transmissão dessas bactérias associadas à contaminação orgânica e fecal que potencialmente afeta os corais (Thompson, 2009, 2010).

O desmatamento e a queimada da floresta amazônica contribuem para o aumento da emissão do gás dióxido de carbono na atmosfera (Werf van der et al., 2009). Quando os raios infravermelhos são absorvidos pelos gases liberados pelas queimadas na atmosfera há geração de calor. É o chamado efeito estufa. As mudanças climáticas, discutidas durante a Conferência das Nações Unidas, em dezembro de 2009 em Copenhague, têm impactado a biodiversidade em muitos aspectos, inclusive com efeitos na proliferação de insetos vetores de doenças. Estudos realizados por Shuman (2010) demonstram que, com o aumento gradual das temperaturas e dos padrões do regime de chuvas, pode-se esperar que essas mudanças climáticas exerçam efeito substancial sobre os surtos de doenças infecciosas que são transmitidas por insetos vetores e por meio da água contaminada. Os insetos vetores tendem a ser mais ativos em temperaturas mais elevadas. Por

exemplo, mosquitos tropicais como as espécies de *Anopheles*, que transmitem a malária, requerem temperaturas acima de 16° C para completar seu ciclo de vida. Essas espécies efetuam na água a postura de seus ovos. Conseqüentemente, as temporadas de mais calor e muita chuva serão propícias para causar milhões de novos casos da doença (Shuman, 2010). Segundo esse estudo, espera-se que as temperaturas aumentem de 1,8 a 5,8 °C até o final deste século, enquanto se espera também que o ciclo hidrológico seja alterado, já que o ar quente retém mais umidade que o ar frio.

As espécies exóticas ou invasivas são aquelas que ocorrem fora de sua área de distribuição, normalmente introduzidas pelo homem, de maneira intencional ou acidental, mas que causam problemas para os ecossistemas e para as outras espécies onde são introduzidas (Wittenberg & Cock, 2001). Exemplo disso ocorre com o caramujo africano *Achatina fulica* introduzido no Brasil na década de 1980 por criadores interessados em substituir o escargot *Helix aspersa*, para consumo humano. O fato é que hoje esse molusco africano está praticamente em todos os biomas brasileiros e é hospedeiro intermediário do nematódeo *Angiostrongylus cantonensis*, patógeno da angiostrongilíase meningoencefálica no homem, doença já referida em diversos pontos do país (Caldeira et al., 2007).

A relação de animais domésticos com animais silvestres e com o homem tem ocasionado o aparecimento de doenças novas. Recentemente, houve um surto de febre maculosa, também conhecida como febre do carrapato, causada por bactérias do gênero *Rickettsia*, na região de Campinas (SP), transmitidas por carrapatos do gênero *Amblyomma*, ectoparasitos de capivaras, levados para dentro de cidades, como Piracicaba (SP), por capivaras que acompanham os rios que cortam essas cidades (Barci & Nogueira, 2006).

O surto de hantavirose humana em vários locais da América do Sul, inclusive nos episódios que ocorreram em regiões rurais de Cerrado próximas a Brasília, tem relação ao contato do homem com roedores silvestres dos gêneros *Akodon* e *Necromys* (Alho, 2005a; Brasil, 2007). Em 2010, o Núcleo de Controle de Doenças da Secretaria de Saúde do Distrito Federal registrou aumento de casos de hantavirose com relato de cinco mortes. A Faculdade de Medicina da USP de Ribeirão Preto publicou trabalho recente de Figueiredo et al. (2009), mostrando que 80% dos casos de hantavíruses do Brasil são causados pelo hantavírus Araraquara, com crescente ocorrência de expansão em razão das mudanças antropogênicas de ocupação de ambientes naturais.

Outros exemplos foram as recentes ocorrências de gripe aviária e gripe A-H1N1. Os habitats naturais têm desaparecido ou ficado extremamente modificados, reduzidos e fragmentados, o que influi na relação estoque silvestre *versus* estoque doméstico *versus* homem, fâcultando o aparecimento de doenças. Enfim, a modificação de ecossistemas naturais torna o ambiente mais suscetível para o aparecimento de doenças.

O desmatamento provocado pelo avanço da ocupação humana resultando

na conversão da cobertura vegetal natural em pasto ou campo agrícola, como já ocorreu na Mata Atlântica e vem ocorrendo de maneira acelerada no Cerrado, entorno do Pantanal e Amazônia, afeta a propagação de patógenos na fauna silvestre. Há evidências desse impacto em vários grupos taxonômicos, mas tem sido bem documentado para aves (Sehgal, 2010). Aves são afetadas por patógenos virais, bacterianos e fungais, além de agirem como reservatórios de numerosos patógenos zoonóticos. A patogênica gripe aviária é causada pelo vírus H5N1, mais encontrado em aves aquáticas. Esse vírus tem alto potencial de se adaptar à mudança genética e se tornar patogênico para frangos domésticos e também para o homem. Além de vírus, as aves podem hospedar bactérias e fungos, tais como *Mycobacterium avium*, que causa tuberculose aviária, *Vibrio cholerae* que causa a cólera. Protozoários causadores de doenças em aves, incluindo malária, como *Plasmodium*, *Haemoproteus* e *Leucocytozoon*, são transmitidos por mosquitos hematófagos do gênero *Culex* e outros. Em alguns países, o suprimento de amendoim como alimento para passarinhos de jardins tem acarretado a emergência de *Salmonella typhimurium* e *Escherichia coli*.

Ocupação e uso do solo

A crescente atividade humana tem impactado os ecossistemas naturais, perturbando a estrutura e a função do sistema natural, ocasionando perda e alteração da biodiversidade, como se tem verificado, por exemplo, com o bioma Cerrado (Alho, 2005b). Com isso, as espécies mais sensíveis e exigentes em requisitos de habitats desaparecem, enquanto outras oportunistas se beneficiam das alterações para crescerem em abundância. São perturbações que causam efeitos no bem-estar e na saúde humana. Essa alteração influi nos patógenos, que são os agentes das doenças (vírus, fungos, bactérias, protozoários e helmintos), nas populações de artrópodos, como mosquitos e outros animais vetores, que transmitem os patógenos para o homem. Alteram ainda os reservatórios das doenças, isto é, as espécies que servem como hospedeiros aos patógenos, além do homem, as quais incluem animais silvestres e domésticos. E há uma série de circunstâncias da perturbação ambiental que favorece a interação do patógeno com seu vetor, com estoques silvestres e domésticos, além do homem (Bogitsh et al., 2005), especialmente quando ele invade e coloniza áreas silvestres. Esse fato implica um sentido retroativo: essa relação traz ameaça à conservação da biodiversidade íntegra. Por exemplo, ectoparasitas, como carrapatos, podem transmitir uma diversidade grande de micróbios (vírus, bactérias, protozoários) para o homem, para os animais domésticos, e também desses para as espécies silvestres.

De fato, as grandes obras de infraestrutura no Brasil, em particular na Amazônia, lidam com endemias tais como surtos de malária, febre amarela, dengue, leishmaniose e arbovírus (Vasconcelos et al., 2001). Têm geralmente relação com processos de desmatamentos e assentamentos humanos precários, com acúmulo de lixo e contaminação de corpos d'água.

As obras de infraestrutura, como rodovias, atraem trabalhadores das cidades para o local ora sendo ocupado, com aumento demográfico humano local e regional, com conglomerado de trabalhadores e seus familiares nos locais das obras. Essa intensa mobilização oficial ou não de gente altera profundamente o ambiente na região da grande obra. Embora o empreendedor procure se cercar de medidas de controle e mitigatórias, a migração não oficial geralmente cria uma população humana satélite à procura de oportunidades de trabalho. Agrava a relação a introdução de espécies exóticas, domésticas ou não, incluindo gatos e cães, o que geralmente promove outro efeito negativo em associação – o aumento da transmissão de doenças infectocontagiosas em animais silvestres, para animais domésticos e para o homem (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Animais domésticos que acompanham o homem, como gatos, cachorros, cavalos, bovinos, além de espécies exóticas que são introduzidas, como plantas, capim-gordura, gramíneas, insetos, ratos e outras, interagem com espécies silvestres, facilitando a transmissão de doenças infectocontagiosas. Os gatos e cães passam a caçar e consumir animais silvestres, como lagartos, anfíbios, filhotes de aves e mamíferos (Wittenberg & Cock, 2001). A ocupação pelo homem de novos espaços, especialmente em ambientes antes desabitados ou com densidade humana baixa, tem aumentado a transmissão de doenças endêmicas e a proliferação de vetores de doenças, pela proximidade desse migrante com reservatórios silvestres e com vetores de certas doenças. A abertura de novas estradas, elemento consagrado na Amazônia como via de desmatamento, contribui para essa interação. O cão doméstico trazido com o homem funciona também como reservatório de doenças, interagindo com os aglomerados humanos.

Vírus do tipo vaccinia, pertencente ao gênero *Orthopoxvirus*, tem afetado o gado causando a vaccinia bovina, mas também afeta o homem com feridas parecidas com as da varíola, e também contamina animais silvestres. Estudo com 344 mamíferos silvestres resgatados do enchimento dos reservatórios das hidrelétricas de Lajedo e Ipueiras, no Estado do Tocantins, indicou a presença de anticorpos para o vírus, com mais de 25% de macacos-pregos *Cebus apella* e 48% de bugios *Alouatta caraya* infectados (Abrahão et al., 2010). A relação desse vírus envolvendo o homem, animais domésticos e a fauna silvestre é ainda bastante desconhecida sob o enfoque médico.

Esses aglomerados humanos em assentamentos desorganizados, em áreas recém-ocupadas, concorrem para a formação de poças ou cursos d'água com menor circulação, favorecendo o desenvolvimento de algas cianofíceas tóxicas, prejudiciais ao biota, macrófitas aquáticas e proliferação de vetores de doenças. Em lugares com maior atividade antrópica e modificação de corpos d'água, o crescimento de macrófitas aquáticas, por exemplo, dos gêneros *Pistia* e *Cyperus*, pode favorecer o aparecimento de mosquitos vetores de doenças. O aumento de mosquitos anofelinos concorre para maior risco de transmissão de malária, além de outros vetores culicídeos, simulídeos e planorbídeos, contribuindo para

o agravamento de várias doenças, além da malária, a febre amarela, dengue, arborvíroses, filarioses e esquistossomose. Essas alterações podem também propiciar o aparecimento de mosquitos do gênero *Mansonia*, que podem transmitir arbovírus que causam encefalite no homem (Quintero et al., 1996).

O serviço de vigilância sanitária do Ministério da Saúde alerta para a relação estreita que tem existido entre obras de infraestrutura na Amazônia e surto de malária. As alterações ambientais favorecem a proliferação dos mosquitos do gênero *Anopheles*, vetores do protozoário *Plasmodium*, causador da malária (Quintero et al., 1996; Withgott & Brennan, 2007). Mais de 40% da população humana mundial convivem em zonas de transmissão de malária, e a cada ano 350 a 500 milhões de pessoas contraem a doença, com cerca de um milhão de mortes por ano (Withgott & Brennan, 2007). Dois medicamentos usados para combater malária são oriundos de plantas silvestres: a quinina, originada da planta *Cinchona officinalis* com mais três espécies, e a artemisina, extraída da planta *Artemisia annua*.

A leishmaniose está associada a pessoas que invadem, desmatam e ocupam áreas naturais. As leishmanioses, tanto a tegumentar quanto a visceral, são doenças causadas pelo patógeno protozoário do gênero *Leishmania* e têm como vetor mosquitos flebotomíneos dos gêneros *Phlebotomus* e *Lutzomyia*. São reservatórios dos patógenos roedores silvestres, marsupiais e cachorro doméstico. Além disso, os aglomerados humanos contribuem com poluição de corpos d'água e com esgotos a céu aberto, favorecendo a contaminação por coliformes fecais. Essas pessoas, em contato com animais venenosos, como serpentes, podem sofrer acidentes graves; além disso, estão vulneráveis ao ataque de mutucas e outros insetos, que se beneficiam com a alteração ambiental (WHO, 2007).

Essas alterações ambientais, com conseqüente ataque de insetos, podem ser ilustradas também pelo surto da mosca-de-estábulo (*Stomoxys calcitrans*), que vem ocorrendo em fazendas de gado e nas proximidades de atividades sucroalcooleiras da região Centro-Oeste do Brasil. É um inseto que se parece com a mosca doméstica comum, mas, sendo hematófago, ataca o gado e infestiza o homem com suas picadas. O surto dessas moscas nos meses quentes do ano, atacando o rebanho bovino e os trabalhadores rurais, tem preocupado pecuaristas e usineiros, e a Embrapa (2010) – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte –, por meio de nota técnica, tem alertado para essa epidemia. Com novas usinas de açúcar e álcool, e o acúmulo de palha de cana e vinhoto, há proliferação das larvas das moscas, cujos adultos invadem os estábulos vizinhos.

A raiva é uma zoonose causada por vírus que envolve a interação do homem e seus animais domésticos, como cães, gatos, seus rebanhos de bovinos e suínos com morcegos hematófagos. A espécie principal de morcego é *Desmodus rotundus*. Essa virose, seu agente transmissor, seus hospedeiros incluindo o homem, têm forte ligação com alteração ambiental. O ataque que o homem sofre pelo morcego é parte dessa interação. A alteração ambiental e a introdução de

animais domésticos, que oferecem alimento farto para os morcegos hematófagos, desequilibram a relação de comunidade ecológica de morcegos, favorecendo o aumento de populações de hematófagos. Os morcegos são o segundo maior transmissor da raiva para o homem, ficando os cães como o principal agente transmissor do vírus (WHO, 2007).

A conservação da biodiversidade e a proteção dos ecossistemas naturais não implicam necessariamente confrontar o progresso do homem e o retorno da sociedade ao convívio primitivo com a natureza. As novas técnicas de produção da agropecuária, com o avanço da biotecnologia, têm permitido produtividade de alimentos e novos medicamentos para a humanidade. O progresso social, científico e tecnológico da humanidade tem que ser celebrado. Contudo, a defesa da biodiversidade é também intrínseca ao homem, pela aplicação do princípio da biofilia, que postula que existe uma orientação psicológica do homem por uma atração pelas formas de vida na natureza (Kellert & Wilson, 1993). É a conexão que nós inconscientemente procuramos manter com a natureza íntegra, suas plantas e seus animais. A biofilia implica a afiliação natural do homem pelas coisas vivas da natureza, ao contrário da fobia, ou aversão que sentimos diante da poluição, do amontoado de lixo, do mau cheiro no ar, da mortandade de peixes por contaminação de rios, dos desmatamentos criminosos, dos aglomerados humanos marginalizados, mal nutridos e doentes.

Além da defesa dos valores da biodiversidade pelos serviços ecossistêmicos que beneficiam o bem-estar e a saúde do homem, além do comprovado valor desse enorme acervo de diversidade genética que tem prestado relevantes usufrutos para a produção de fármacos, há os valores ético e estético da biodiversidade. Ético em reconhecer que o homem não é a única espécie viva que tem direito à vida, com o reconhecimento do valor intrínseco que a biodiversidade tem. E pelo reconhecimento do valor estético da biodiversidade, pela oportunidade de usufruir de sua beleza, de sua contemplação, hoje tão difundida pelo ecoturismo planejado e sustentável, pelo prazer da recreação na natureza íntegra.

Referências

ABRAHÃO, J. S. et al. Vaccinia virus infection in monkeys, Brazilian Amazon. *Emerging Infectious Diseases* [serial on the Internet]. 2010 junho. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/EID/content/16/6/976.htm>>. Acesso em: 18 set. 2010].

AGUIRRE, A. A. et al. (Ed.) *Conservation medicine. Ecological Health in Practice*. New York: Oxford University Press, 2002. 332p.

ALHO, C. J. R. Intergradation of habitats of non-volant small mammals in the patchy Cerrado landscape. *Arquivos do Museu Nacional*, v.63, p.41-48, 2005a.

_____. Desafios para a conservação do Cerrado face às atuais tendências de uso e ocupação. In: SCARIOTI, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.) *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2005b. p.367-82.

- ALHO, C. J. R. The value of biodiversity. *Brazilian Journal of Biology*, v.68, n.4, Suppl., p.1115-18, 2008.
- ALLÈGRE, C.; SCHNEIDER, S. The evolution of the Earth. *Scientific American*, v.271, p.44-51, 1994.
- ALVES, R. R. N.; ROSA, I. M. L. Biodiversity, traditional medicine and public health: where they meet? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2007. Disponível em: <<http://www.etnobiomed.com/conten/3/1/14>>. Acesso em: 7 fev. 2010.
- BARCI, L. G.; NOGUEIRA, A. H. C. Febre maculosa brasileira. 2006. Artigo em hipertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/artigos/frebremaculosa/febre-maculosa.htm>>. Acesso em: 8 fev. 2010.
- BOGITSH, B. J. et al. *Human parasitology*. 3.ed. New York: Elsevier Academic Press, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Situação epidemiológica da hantavirose em 2007*. Informe técnico n.1. Brasília: Secretaria de Vigilância e Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis, 2007 4p.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2008. v.I e II. (Série Biodiversidade 19).
- BURKETT, V. R. et al. Non-linear dynamics in ecosystem response to climate change: Case studies and policy implications. *Ecological Complexity*, v.2, p.357-94, 2005.
- CALDEIRA, R. L. et al. First record of molluscs naturally infected with *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) (Nematoda: Metastrongylidae) in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.102, n.7, p.887-9, 2007.
- CHIVIAN, E.; BERNSTEIN, A. (Ed.) *How human health depends on biodiversity*. New York: Oxford University Press, 2008.
- DASZAK, P. et al. Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science*, v.287, p.443-9, 2000.
- EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. The population explosion: why we should care and what we should do about it. *Environmental Law*, v.27, p.1187-208, 1997.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Nota técnica: Surto de moscas dos estábulos em propriedades sucroalcooleiras e de produção pecuária. Campo Grande (MS): Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/notatecnica>>. Acesso em: 30 abr. 2010.
- FARNSWORTH, N. R. Screening plants for new medicines. In: WILSON, E. O. (Ed.) *Biodiversity*. Washington DC: National Academy Press, 1988. p.83-97.
- FIGUEIREDO, L. T. M. et al. Hantavirus Pulmonary Syndrome, Central Plateau, Southeastern, and Southern Brazil. *Emerging Infectious Diseases*. 2009. Disponível em: <<http://cdc.gov/EID/content/15/4/561.htm>>. Acesso em: 30 maio 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). PopClock. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 abr. 2010.
- KELLERT, S. R.; WILSON, E. O. *The biophilia hypothesis*. Washington DC: Cambridge Islands Press/Shearwater. 1993.

- McKEOWN, T. *The origins of human disease*. Oxford: Basel, Blackwell. 1988.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis. 63p. The Millennium Ecosystem Assessment Series: A Framework for Assessment; Current State and Trends, Volume 1; Scenarios, Volume 2; Policy Responses, Volume 3; Multiscale Assessments, Volume 4; Our Human Planet: Summary for Decision-makers; Synthesis Report: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Biodiversity Synthesis, Diversification Synthesis, Human Health Synthesis, Wetland and Water Synthesis, Opportunities and Challenges for Business and Industry. Washington DC: Island Press. The Center for Resource Economics. World Resources Institute. 2005.
- MINDELL, D. P. Environment and health: humans need biodiversity. *Science*, v.323, n.5921, p.1562-3, 2009a.
- _____. Evolution in the everyday world. *Scientific American*, v.300, p.82-9, 2009b.
- MOREIRA, A. C. et al. Pharmaceutical patents on plant derived materials in Brazil: Policy, Law, and Statistics. *World Patent Information*, v.28, n.1, p.34-42, 2006.
- PHIPPS, P. H.; PARK, J. R. Environmental benefits of genetically modified crops: global and european perspectives on their ability to reduce pesticide use. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v.11, p.1-18, 2002.
- PIMENTEL, D. et al. Environmental and Economic Effects of Reducing Pesticide Use. *BioScience*, v.41, n.6, p.402-9, 1991.
- PIMENTEL, D. et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, v.267, p.1117-23, 1995.
- PRETTY, J. N. et al. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.95, n.1, p.217-34, 2003.
- QUINTERO, L. O. et al. Biologia de anofelinos amazônicos. XXI. Ocorrência de espécies de *Anopheles* e outros culicídeos na área de influência da hidrelétrica de Balbina - cinco anos após o enchimento do reservatório. *Acta Amazonica*, v.26, n.4, p.281-96, 1996.
- REDE NACIONAL DE COMBATE AO TRÁFICO DE ANIMAIS SILVESTRES (RENCTAS). *Relatório Nacional sobre o Comércio Ilegal de Fauna Selvagem*. 2001. Disponível em: <<http://www.renctas.org.br>>. Acesso em: 7 fev. 2010.
- RICKLEFS, R. E.; MILLER, G. *Ecology*. 4.ed. s. l.: W. H. Freeman, 2000.
- SALA, O. E. et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, v.287, p.1770-4, 2000.
- SEHGAL, R. N. M. Deforestation and avian infectious diseases. *Journal of Experimental Biology*, v.213, p.955-60, 2010.
- SEGURA, M. N. O. et al. Encontro de *Aedes albopictus* no Estado do Pará, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v.37, n.3, p.388-9, 2003.
- SHUKLA, J. et al. Amazon deforestation and climate change. *Science*, v.247, p.1322-5, 1990.
- SHUMAN, E. K. Global climate change and infectious diseases. *The New England Journal of Medicine*, v.362, n.12, p.1061-3, 2010.

THOMPSON, F. Diversidade microbiana e relações com a saúde dos recifes coralinos. In: ICLAE E IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. Resumo... São Lourenço, MG 13 a 17 de setembro de 2009. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_professores/fabiano_thompson.pdf>. Acesso em: 18 set. 2010.

_____. Simpósio: Biodiversidade e Metagenômica. Metagenômica em ambientes recifais brasileiros. In: 56º CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA. Guarujá, SP, 2010 Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/site/prog1609.html>>. Acesso em: 18 set. 2010.

US CENSUS BUREAU. 2010. US & World Population Clocks. Disponível em: <<http://www.census.gov/main/www/popclock.html>>. Acesso em: 30 abr. 2010.

VASCONCELOS, P. F. et al. Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence of arboviruses. *Cadernos de Saúde Pública*, v.17 (Suplemento), p.155-64, 2001.

WALKER, K. Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*). Pest and Diseases Image Library. 2007 Disponível em: <<http://www.padil.gov.au>>. Acesso em: 7 fev. 2010.

WEBB, S. D.; MARSHALL, L. G. Historical biogeography of recent South America land mammals. In: MARES, M. A.; GENOWAYS, H. H. (Ed.) *Mammalian Biology in South America*.. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1982. v.6: Pymatuning Laboratory of Ecology. p.39-52. (Special Publicatios Series).

WERF van der, G. R. et al. Estimates of fire emission from an active deforestation region in the southern Amazon based on satellite data and biogeochemical modeling. *Biogeosciences*, v.6, p. 235-49, 2009.

WITHGOTT, I.; BRENNAN, S. *Environment: The science behind the stories*. 2.ed. 699p+appendices. San Francisco: s. n., 2007.

WITTENBERG, R.; COCK, M. J. W. (Ed.) *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *The World Health Report 2007 – a Safer Future: Global and Public Health Security in the 21st Century*. New York: s. n., 2007.

RESUMO – A biodiversidade brasileira é reconhecida como uma das mais expressivas da biosfera terrestre e tem um papel importante no bem-estar e na saúde do homem, ao prover produtos básicos e serviços ecossistêmicos. Os produtos ou bens oriundos do sistema natural incluem fármacos, alimentos (como pesca), madeira e muitos outros. Os sistemas naturais também proveem serviços que dão suporte à vida, tais como purificação do ar e da água, regulação do clima, habitats reprodutivos e alimentares para extrativismo, além da manutenção de organismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes do solo, tornando-os disponíveis para absorção pelas plantas. Alterações ambientais estão afetando negativamente os ecossistemas naturais, com acelerada perda da biodiversidade, por meio da modificação e perda de habitats naturais e pela ocupação não sustentável do solo, com propagação de patógenos e vetores de doenças.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade, Alterações ambientais, Serviços ecossistêmicos, Habitats, Doenças.

ABSTRACT – The Brazilian biodiversity is recognized as one of the most expressive in the terrestrial biosphere and plays an important role to human well-being and health, providing basic products and ecosystem services. The products or goods from natural ecosystems include pharmaceutical material, food such as fishery, timber, and many others. Natural ecosystems also provide essential life-supporting services such as purification of air and water, climate regulation, reproductive and feeding habitats for extractivism, as well as maintenance of organisms responsible for cycling soil nutrients, making them available to plant absorption. Environmental disruption has impacted human well being and health, resulting in severe social poverty with spread of diseases. Increasing in vector-borne and diseases in humans and animals occur as a result of negative anthropogenic interventions in the natural ecosystems.

KEYWORDS: Biodiversity, environmental disruption, ecosystem services, habitats, diseases.

Cleber J. R. Alho é Ph.D em Ecologia em Chapel Hill, nos Estados Unidos, professor titular (aposentado) do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília e atualmente orientador do programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera/Uniderp, em Campo Grande, MS. É vice-presidente da Funatura, Fundação Pró-Natureza. @ – alho@unb.br

O autor agradece a Celina Alho a colaboração na elaboração do manuscrito.

Recebido em 2.6.2010 e aceito em 16.9.2010.

