

BIODIVERSIDADE: A VARIEDADE DE VIDA NO PLANETA TERRA

Edison Barbieri, ebarbieri@pesca.sp.gov.br

Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul (Cananéia), do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Marinho, Instituto de Pesca, APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, abril 2010

O conhecimento atual sobre biodiversidade

A tarefa de descrever, catalogar e estudar a diversidade dos organismos vivos pertence aos biólogos, mas, devido ao grande número de organismos existentes no planeta, mais de 90% deles ainda são desconhecidos. Hoje se conhecem cerca de 1,4 milhão de espécies vivas de todos os tipos de organismos.

Existem aproximadamente 750.000 espécies de insetos, 41.000 de vertebrados e 250.000 de plantas (vasculares e briófitas) descritas. Em sua maioria, os pesquisadores são unânimes em dizer que este quadro é muito incompleto, com exceção de alguns grupos bem estudados, como os dos vertebrados e plantas com flores (fanerógamas) de regiões temperadas.

Dentre os principais grupos de organismos, o dos insetos é o mais rico em espécies; acredita-se que o número absoluto seja superior a cinco milhões. A amostragem feita na floresta amazônica demonstra que o número de insetos é tão grande, que foram feitas estimativas da diversidade local, as quais foram extrapoladas para incluir todas as florestas tropicais do mundo, obtendo-se o valor de trinta milhões de espécies de insetos. Em contrapartida não se conhece quase nada das

plantas epífitas, líquens, fungos, nematelmintos, ácaros, protozoários e bactérias que habitam os topos das árvores. Outros habitats ainda muito pouco conhecidos são os recifes de coral, o assoalho do fundo do mar e o solo das florestas tropicais e das savanas. Pode-se então concluir que a estimativa do número total de espécies vivendo no planeta Terra não reflete a realidade, sendo necessário ainda muito estudo para se chegar a um número aproximado.

A tarefa de catalogar todas as espécies é tão difícil, que talvez nunca seja completada. Entretanto é de suma importância estabelecer padrões na descrição e, principalmente, estudar a abundância das espécies, para se testarem hipóteses sobre a função da diversidade das espécies no ecossistema.

Hoje, pouco se conhece ainda sobre a biodiversidade em praticamente todos os ecossistemas. Constituem exceção as regiões áridas, onde as espécies animais e vegetais vasculares são bem conhecidas, por ocorrerem em número relativamente pequeno em comparação com o das regiões tropicais. Mas, mesmo nessas regiões há muitos animais invertebrados e plantas não vasculares, incluindo fungos, que ainda precisam ser estudados. Também são pouco conhecidos nestas áreas os organismos que vivem no solo, como as bactérias e os vírus. Por outro lado, nas regiões tropicais, o conhecimento sobre a diversidade de espécies, apesar de seu alto grau, é ainda bastante incipiente. Em muitos países tropicais não há uma relação detalhada de plantas e animais de seu território. As melhores estimativas são relações incompletas de pequenos animais, plantas e fungos que vivem em algumas pequenas áreas estudadas. Falta ainda estudar e descrever organismos de solo, como bactérias e fungos.

As espécies marinhas das regiões temperadas e tropicais são provavelmente as menos conhecidas. Os oceanos têm grande diversidade de animais e vegetais (algas), e, obviamente, não se pode esquecer as profundezas do mar, as quais, até pouco tempo, acreditava-se

serem desprovidas de vida. Atualmente, os oceanógrafos conhecem bem o assoalho oceânico, sua fauna abundante, com mais de oitocentas espécies catalogadas e mais de cem famílias de doze grupos de organismos. Até mesmo em algumas regiões do fundo do oceano, existem águas quentes de origem vulcânica, as chamadas chaminés de sulfeto, ou *black smokers*, onde se acreditava não haver vida, mas que em 1991 foram encontradas dezesseis famílias de invertebrados vivendo exclusivamente nesse local (Grassle, 1989). Recentemente, oceanógrafos registraram a ocorrência de organismos unicelulares chamados, em seu conjunto, picoplâncton, com diâmetro entre um e quatro micrômetros. A produtividade do ecossistema marinho pode ter sido subestimada em mais de 50%, porque os oceanógrafos ignoravam a existência do picoplâncton, principalmente porque não existiam métodos apropriados para estudá-lo.

Outro problema sério é que os cientistas ainda não sabem exatamente como a diversidade dos genes, ou genótipos, espécies e comunidades influenciam o ecossistema. Passados mais de cem anos, geneticistas, taxonomistas, evolucionistas e ecólogos têm acumulado muito conhecimento sobre diversidade biológica. No entanto, as informações geradas até agora atestam a importância da diversidade para precisar a função de muitos organismos no ecossistema. Mas uma correta teoria geral da biodiversidade ainda está por ser formulada. Isto porque a ameaça à diversidade biológica é fato recente, e os cientistas podem conhecer como os sistemas vivos são influenciados pelas mudanças da diversidade. Como está ocorrendo uma rápida transformação da paisagem e da vida selvagem, há uma certa urgência em se obterem tais informações. O conhecimento sobre a biodiversidade é também muito importante para avaliar o impacto das mudanças globais no clima.



Diversidade de aves marinhas e de vegetação no litoral brasileiro



Tringa flavipes: espécie de ave de praia, pouco estudada no Brasil



Biodiversidade - Dunas em Ilha Comprida - SP



Biodiversidade - Dunas em Ilha Comprida - SP



Biodiversidade – Carapinhé: ave da Mata Atlântica em Iha Comprida



Biodiversidade em Ilha Comprida - SP

Origem e função da biodiversidade

O termo **bio**, de biodiversidade, ou diversidade biológica, vem do grego *bios*, que significa vida, portanto, biodiversidade é a diversidade da natureza viva. Desde 1986, o termo e conceito vêm tendo largo uso entre biólogos, ambientalistas, líderes políticos e cidadãos conscientes de todo o mundo. Este uso coincidiu com o aumento da preocupação com a extinção de espécies observada nas últimas décadas do século XX.

A diversidade biológica, ou biodiversidade, é representada por todas as espécies de seres vivos existentes no planeta: desde a baleia azul – a maior espécie animal do mundo – até as microscópicas bactérias, invisíveis a olho nu, incluindo os pandas, símbolo dos animais em extinção, e mesmo o próprio homem. Representa, portanto, o conteúdo vivo da Terra no seu conjunto: tudo o que vive nas montanhas, nas florestas, nos oceanos. É encontrada em todos os níveis, desde a molécula de DNA até a biosfera, englobando não só todas as espécies de plantas, animais e micro-organismos, mas também os processos ecológicos e os ecossistemas aos quais pertencem.

A biodiversidade refere-se portanto à variedade de vida no planeta Terra, incluindo a variedade genética dentro das populações e entre espécies, a variedade de espécies da flora, da fauna, de fungos macroscópicos e de micro-organismos, a variedade de funções ecológicas desempenhadas pelos organismos nos ecossistemas e a variedade de comunidades, habitats e ecossistemas.

Ainda, a biodiversidade refere-se tanto ao número (riqueza) de diferentes categorias biológicas quanto à abundância relativa (equitabilidade) dessas categorias. Inclui também variabilidade em nível local (alfa diversidade), complementariedade biológica entre habitats (beta diversidade) e variabilidade entre paisagens (gama diversidade). Em

resumo, ela inclui a totalidade dos recursos vivos, ou biológicos, e dos recursos genéticos e seus componentes.

A expressão **Diversidade Biológica** foi criada por Thomas Lovejoy em 1980, ao passo que o termo **Biodiversidade** foi usado pela primeira vez pelo entomologista E. O. Wilson, em 1986, num relatório apresentado ao primeiro Fórum Americano sobre diversidade biológica, organizado pelo Conselho Nacional de Pesquisas dos EUA [*National Research Council* (NRC)]. O termo **Biodiversidade** foi sugerido a Wilson pelos integrantes do NRC, a fim de substituir a expressão **Diversidade Biológica**, considerada menos eficaz em termos de comunicação.

Não há uma definição consensual de Biodiversidade. Uma delas é: "Biodiversidade é a medida da diversidade relativa entre organismos presentes em diferentes ecossistemas". Esta definição inclui diversidade dentro da espécie, entre espécies e diversidade comparativa entre ecossistemas.

Outra definição, mais desafiante, é: "Biodiversidade é a totalidade dos genes, espécies e ecossistemas de uma região". Esta definição unifica os três níveis tradicionais de diversidade entre seres vivos:

- diversidade genética - diversidade dos genes em uma espécie;
- diversidade de espécies - diversidade entre espécies;
- diversidade de ecossistemas - diversidade em nível mais alto de organização, incluindo todos os níveis de variação desde o genético.

A diversidade de espécies é a mais fácil de estudar, mas há uma tendência da ciência oficial em restringir o estudo da diversidade ao conhecimento dos genes.

Como se pode constatar, o significado de Biodiversidade é abrangente para a variedade natural; inclui o número e a frequência de espécies ou genes, além dos respectivos ecossistemas. Consideram-se três

níveis distintos para expressá-la: em um nível mais microscópico pode-se falar em diversidade genética, que é a totalidade de diferentes genes presentes em um determinado universo. Em escala intermediária tem-se a diversidade de espécies, que é a totalidade de espécies que vivem em um determinado universo; e, em escala mais macroscópica, a diversidade de ecossistemas, que é a totalidade de ecossistemas existentes em um determinado universo.

A importância da biodiversidade está na relação direta da influência que exerce no Planeta, como: regular o clima; proteger e manter os solos; fazer a fotossíntese, disponibilizando o oxigênio necessário à respiração e a matéria básica para os alimentos, roupas e medicamentos. O grande valor da biodiversidade justifica investimentos visando sua conservação, sobretudo em razão do seu potencial para a biotecnologia atual, especialmente na engenharia genética, e para a geração de novas culturas alimentícias e industriais. Portanto, a biodiversidade também traz benefícios econômicos, o que representa mais um incentivo para sua conservação.

O emprego de espécies silvestres em pesquisas de melhoramento genético tem alcançado êxito graças ao desenvolvimento da biotecnologia. Os resultados são, principalmente, a obtenção de cultivos resistentes a pragas, doenças e condições adversas do meio ambiente, e, mesmo, a melhoria da qualidade organoléptica (aparência, sabor etc.). As experiências mais conhecidas são feitas com arroz, abacaxi, banana, batata e trigo. Além disso, muitas plantas possuem princípios ativos que podem ser utilizados na elaboração de medicamentos.

As florestas tropicais e os recifes de corais abrigam grande variedade de plantas e animais: são os ecossistemas com maior número de espécies do Planeta, ou, como os ecologistas denominam, com alto grau de riqueza de espécies.

Contudo, mesmo em ambientes “uniformes” (homogêneos), que são relativamente pobres em espécies, como o fundo

dos oceanos, ambiente praticamente inacessível ao homem, centenas de micro-organismos, outros animais invertebrados e alguns poucos vertebrados podem ser encontrados. Estes prodígios da natureza têm intrigado e encantado o homem, pois, na realidade, é dessa variedade de espécies que ele vem retirando os recursos para seu sustento. O homem utiliza plantas e animais para se alimentar e vestir, construir casas, elaborar medicamentos e perfumes... e, quando o faz de forma que não deixa tempo para a natureza se recuperar, coloca em perigo esta imensa riqueza de espécies. Por exemplo, de acordo com o relatório da IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*) de 1990, a taxa de extinção de insetos por ação humana é de cinco mil espécies por ano. Se continuar nesse ritmo, a taxa de redução da diversidade aumenta gradativamente, com a conseqüente redução da variabilidade genética das espécies vegetais cultivadas e selvagens, em razão da importância dos insetos na polinização. Diante disso, os seres humanos serão certamente bastante afetados em seu bem-estar. O homem influi na biodiversidade da Terra de maneira direta e indireta. O uso de recursos renováveis, por exemplo, afeta diretamente a diversidade de espécies. Exemplos claros disso são os reflexos da indústria extrativista, da exploração de madeira e da indústria pesqueira, que exploram indiscriminadamente as espécies úteis ao homem e, ao mesmo tempo, destroem as espécies que não possuem valor comercial. A agricultura e a criação de animais também destroem ou modificam a flora e a paisagem nativas.

A biodiversidade é afetada indiretamente quando se utilizam combustíveis fósseis e principalmente a madeira (lenha) como fonte de energia e também quando se alteram cursos de rios ao construir represas para geração de energia ou para abastecimento de água. Intencional ou acidentalmente, introduzem-se espécies exóticas, as quais reduzem a biodiversidade, e destroem-se barreiras naturais e franjas florestais, que são habitats específicos de certas plantas e animais.

Outro fator, característico do padrão de desenvolvimento dos homens e que afeta diretamente a diversidade das espécies, é a geração, cada vez maior, de produtos químicos tóxicos, assim como de metais pesados, principalmente mercúrio, cádmio e cobre, e compostos orgânicos. É o caso dos inseticidas e fungicidas utilizados na agricultura, que, quando aplicados, penetram no solo, encaminhando-se para os rios, lagos e oceanos; alguns, como o metano e o CFC (clorofluorcarbono), vão para a atmosfera.

Como se originam as espécies

Conceitualmente, população é o agrupamento de indivíduos de uma mesma espécie, dentro da qual fluem genes livres sob condições naturais. Isto quer dizer que, em um dado momento, todos os seres normais e fisiologicamente aptos são capazes de cruzar com seres da mesma espécie ou, pelo menos, que sejam ligados geneticamente a eles, através de outros indivíduos reprodutores. Por definição, indivíduos de uma espécie não cruzam livremente com indivíduos de outras espécies. Esta definição de espécie, apesar de ser a mais aceita, não se ajusta bem a plantas e alguns animais nos quais ocorre hibridização ou cuja reprodução sexual foi substituída por autofertilização ou partenogênese; nestes casos, o conceito de espécie deve ser substituído por divisões arbitrárias.

Especiação nada mais é que a "formação" de uma nova espécie, processo no qual a mutação e a seleção natural geram variação genética e morfológica dentro de uma linhagem de organismos (Wright, 1978). Para explicar como se "forma" uma espécie, utiliza-se o fenômeno chamado especiação geográfica. Esse processo tem início quando uma população é dividida por uma barreira geográfica (rio, deserto, braço de mar etc.) de modo que estes dois segmentos da população fiquem separados, sem nenhum tipo de contato entre eles. Com o passar do tempo, os dois ambientes vão sofrendo modificações e se diferenciando

um do outro. Em cada um, através da seleção natural, os indivíduos mais adaptados sobrevivem, e os que não conseguem se adaptar às novas condições ambientais morrem. Em cada segmento (nova população), os indivíduos cruzam-se entre si por gerações, e, com o passar do tempo, cada nova população possuirá características morfológicas e genéticas diferentes daquelas da população que lhe deu origem: têm-se, então, duas “novas espécies”.

As extinções passadas

Registros fósseis mostram que mudanças drásticas no ambiente constituem a maior causa de extinção de espécies (Signor, 1990). Ao longo da história geológica do planeta, em intervalos de milhões de anos, extinções massivas na Terra eliminaram a maior parte das espécies de animais e plantas. Exemplo típico é o desaparecimento dos dinossauros: ainda hoje há dúvidas a respeito do fenômeno que causou a extinção desses gigantes répteis. Acredita-se que tais extinções sejam resultado de uma devastação, que só poderia ser provocada por mudanças radicais do meio ambiente, como tentam explicar a teoria da radiação cósmica e a do bombardeio de meteoros.

A história geológica mostra que a extinção de espécies sempre ocorreu e faz parte do processo de evolução desde o início da vida. Todas as espécies que hoje vivem na Terra são remanescentes dos vários bilhões de espécies que já existiram, sucedendo-se umas às outras. O desaparecimento de espécies também deriva de interação mútua entre elas, como competição e predação, e também de constantes transformações do ambiente. Por exemplo, algumas mudanças no ambiente físico e principalmente no clima, que são pouco previsíveis, afetam de maneira direta as espécies.

Em alguns casos, parece possível que a diversidade genética dê a organismos e ecossistemas a capacidade de recuperação

depois que mudanças ambientais ocorrem. Assim, especiação e extinção não constituem eventos isolados, pelo contrário, fazem parte de um mesmo processo natural: ao mesmo tempo em que novas espécies vão surgindo em resposta a modificações do ambiente, outras, já existentes, vão desaparecendo por não se adequarem a essas modificações.

Os geólogos têm demonstrado que as catástrofes são fenômenos normais na história da Terra, como parte do processo de gradualismo. Entretanto, efeitos globais provocados pelo homem podem influenciar diretamente o desaparecimento de espécies. Por exemplo, se as teorias sobre o efeito estufa estiverem corretas, a temperatura da Terra estará três graus mais elevada em 2010, de maneira que muitas espécies que não suportam variação de temperatura, como aquelas que vivem nos recifes de coral, irão desaparecer, ou então algumas serão beneficiadas em detrimento de outras, incrementando a competição e favorecendo espécies oportunistas.

De fato, qualquer espécie pode se extinguir, mas sempre há um influxo de novas espécies e assim a vida continua. Se hoje há aproximadamente trinta milhões de espécies, e cada espécie perdura por um milhão de anos em média, então dez novas espécies duram só cem mil anos aproximadamente (como os biólogos acreditam). Diante disso, cem novas espécies podem ser geradas a cada ano. Os cientistas são frequentemente informados das extinções das espécies, mas o aparecimento de novas espécies é muito difícil de ser constatado, porque muitas espécies estão inseridas na classe dos pequenos invertebrados e na categoria de espécies pouco conhecidas, constituindo, por isso, o grupo das pouco estudadas. Assim, há poucos estudos documentados a respeito de especiação. Mas o que se sabe é que cada espécie é um grande depósito de informações genéticas. O número de genes varia de cerca de mil, em algumas bactérias, e dez mil, em alguns fungos, até quatrocentos mil ou mais, em plantas com flores e alguns animais. Um mamífero típico, como o rato caseiro, possui cerca de cem mil genes (Wilson, 1994). Esse

conjunto é encontrado integral em todas as células, organizado a partir de quatro fios de DNA, cada qual com um bilhão de pares de nucleotídeos. Cada ser humano tem cerca de cem mil genes. Isto significa que, para arquivar os dados do mapeamento e sequenciamento do genoma humano, seria necessário o equivalente a duzentas mil listas telefônicas de mil páginas cada uma.

A diversidade genética entre dois seres humanos quaisquer é, em média, de 0,1%, ou seja, afeta cerca de três bases de DNA. Sendo assim, um catálogo para arquivar apenas as diferenças genéticas da população do planeta teria cerca de um quatrilhão de dados.

A biodiversidade é o resultado de uma longa evolução biológica que produziu continuamente novas espécies. Neste planeta, seres vivos desaparecem, assim como outros animais e vegetais, obviamente desconhecidos, nascem.

Uma nova espécie é fruto de inúmeras interações que se processam por etapas sucessivas e distintas. A atual biodiversidade não é estática: é a imagem do mundo em um dado momento, e sua composição muda constantemente. É um sistema em constante evolução, tanto do ponto de vista das espécies como também de um só organismo. A meia-vida média de uma espécie é de um milhão de anos, e 99% das espécies que já viveram na Terra estão hoje extintas.

A Biodiversidade não se distribui igualmente na Terra. Ela é, sem dúvida, maior nos trópicos. Quanto maior a latitude, menor o número de espécies, e as populações tendem a ter maiores áreas de ocorrência. Este fenômeno, que envolve disponibilidade energética e mudanças climáticas em regiões de alta latitude, é conhecido como efeito Rapoport.

Diferentes regiões do globo possuem diferentes números de espécies. A riqueza de espécies tende a variar de acordo com a

disponibilidade energética, hídrica (clima, altitude) e também com suas histórias evolutivas.

Abordagens da biodiversidade

Para os biólogos geneticistas, a Biodiversidade é a diversidade de genes e organismos. Eles estudam processos como mutação, troca de genes e dinâmica do genoma, que ocorrem em nível de DNA e constituem, talvez, a evolução.

Biólogos zoólogos e botânicos consideram que a Biodiversidade não é apenas a diversidade de populações de organismos e espécies, mas também a forma como estes organismos funcionam. Organismos surgem e desaparecem. Locais são colonizados por organismos da mesma espécie ou de outra. Algumas espécies desenvolvem organização social ou outras adaptações com vantagem evolutiva. As estratégias de reprodução dos organismos dependem do ambiente.

Para os ecologistas, a Biodiversidade é também a diversidade de interações duradouras entre espécies. Isto se aplica também ao biótopo, seu ambiente imediato, e à ecorregião em que os organismos vivem. Em cada ecossistema, os organismos são parte de um todo, interagem uns com os outros mas também com o ar, a água e o solo que os envolvem.

A cultura humana tem sido determinada pela Biodiversidade. Ao mesmo tempo, as comunidades humanas têm dado forma à diversidade da natureza nos níveis genético, de espécie e ecológico.

A Biodiversidade é fonte primária de recursos para a vida diária, fornecendo alimento (colheitas, animais domésticos, recursos florestais e peixes), fibras para roupas, madeira para construções,

remédios e energia. Esta "diversidade de colheitas" é também chamada "agrobiodiversidade".

Os ecossistemas também fornecem "suportes de produção" (fertilidade do solo, polinizadores, decompositores de resíduos etc.) e "serviços", como purificação do ar e da água, moderação do clima, controle de inundações, secas e outros desastres ambientais.

A importância econômica dos recursos naturais para a comunidade é crescente. Novos produtos são desenvolvidos graças a biotecnologias, criando novos mercados. Para a sociedade, a biodiversidade é também um campo de trabalho e lucro. Assim, é necessário estabelecer um manejo sustentável destes recursos.

Finalmente, o papel da Biodiversidade é "ser um espelho das relações dos seres humanos com as outras espécies de seres vivos", uma visão ética dos direitos, deveres e educação.

Bibliografia Consultada

- BARBIERI, E. 1998. Biodiversidade: Capitalismo verde ou ecologia social? Editora Cidade Nova. São Paulo. 89p.
- GRASSLE, J.F. 1989. Species diversity in deep-sea communities. Trends in ecology and evolution. N. 4, p. 12-15.
- ROSIQUE, J. e BARBIERI, E. 1992. *Ecologia*. Preservar para viver. São Paulo: Cidade Nova.
- SIGNOR, P.W. 1990. The geological history of diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, n. 21, p. 509-539.
- SOLBRIG, O.T. 1996. The origin and function of biodiversity. *Annual Environment Editions*. n. 95/96, p. 216-224.
- WILSON, O.E. 1994. *Diversidade da vida*. São Paulo. Companhia das Letras. 347p.