

Princípios da Biologia da Conservação: Diretrizes para o Ensino da Conservação recomendadas pelo Comitê de Educação da Sociedade para a Biologia da Conservação

Vivemos em um mundo onde a diversidade ecológica encontra-se em redução. Extraímos energia, materiais e organismos da natureza e modificamos as paisagens em proporções que não se sustentam. Essas atividades têm resultado em taxas crescentes de extinção, degradação e perda de sistemas naturais nos quais nossas culturas estão inseridas. A Sociedade para a Biologia da Conservação (SCB) acredita que o ensino da conservação é passo necessário para que tais problemas sejam corrigidos. Os objetivos e as metas afirmados pela Sociedade incluem “a educação, em todos os níveis, preparatória e contínua, do público, dos biólogos e dos administradores nos princípios da biologia da conservação”.

Quais são estes princípios? Quais são os conceitos e valores centrais que fundamentam a interpretação profissional do campo da biologia da conservação, uma compreensão daquilo que representa o que se poderia chamar de “ensino da conservação”? Apesar do foco ocasional da literatura sobre biologia da conservação em educação (Jacobson & Hardesty 1988; Fleischner 1990; Orr 1992, 1994; Trombulak 1993), não surgiu nenhum consenso acerca de diretrizes essenciais nessa área. Tentamos aqui fornecer uma estrutura para essas diretrizes. Este documento é resultado de um projeto de longo prazo conduzido pelo Comitê de Educação da SCB. Os princípios aqui apresentados derivam do grande quadro de pesquisa em ecologia e em genética, da prática da conservação no século passado e da variedade de perspectivas interdisciplinares emergentes nas ciências sociais. Descrições detalhadas das bases teóricas e empíricas para estas diretrizes foram fornecidas por Meffe and Carroll (1997), Massa e Ingegnoli (1999), García (2002), Primack (2002), e Hunter (2002).

Objetivamos aqui descrever o cerne do conhecimento que vemos como marca característica do ensino da conservação ao invés de apenas prescrever o que algum indivíduo em particular deve saber. Nossa expectativa é que esses princípios sirvam para propósitos e públicos diferentes. Organizações voltadas à conservação, por exemplo, podem usá-los para desenvolver programas educacionais para seus membros, nas quais a ênfase seja ajudar cidadãos a entender a base para políticas conservacionistas efetivas. Podem servir como um guia no desenvolvimento de cursos de biologia da conservação para estudantes universitários (seja como matéria principal ou não) ou em programas de formação permanente para profissionais na área de recursos naturais. Também podem servir como um guia para o desenvolvimento de programas de pós-graduação em biologia da conservação que enfatizem a aquisição de habilidades profissionais.

O fato de ser delineada como uma ferramenta educacional para públicos diversos faz com que essa sistematização seja bastante diferente de uma simples lista de tópicos importantes, tais com o índice dos livros citados anteriormente. Em primeiro lugar, cada item ou tópico não é um título, mas um princípio, uma afirmativa de um conceito ou uma meta que por si só é uma idéia para direcionar professores e engajar estudantes. Cada princípio reflete descobertas de uma variedade de pesquisas disponíveis em livros, talvez nem sempre tão facilmente acessíveis para todos os grupos de estudantes.

Em segundo lugar, a sistematização é uma hierarquia de princípios, que se explicam por si só, ao mesmo tempo em que contribuem para o conceito geral como um todo. Queremos encorajar pessoas a usar este material de todas as formas

possíveis. Os leitores podem basear-se em princípios ou grupo de princípios que sejam apropriados para suas atividades, sem a necessidade de investigar ou compreender todos eles.

Em terceiro lugar, os três níveis hierárquicos - princípios primários, princípios secundários e princípios de apoio – apresentam os princípios da biologia da conservação com crescente nível de detalhes. Alguns leitores ou usuários podem querer somente utilizar e entender o princípio primário associado a cada tema. Também seria correto e útil que o material correspondente aos princípios secundários fosse usado e estudado o mais profundamente possível. Um curso de estudo mais longo e mais detalhado seria baseado em princípios de apoio mais específicos. A sistematização pode ser igualmente utilizada em uma abordagem mesclada, de forma cientificamente correta e adequada às necessidades locais. Por exemplo, um gabinete legislativo interessado em proteção de espécies e restauração de habitats pode examinar tanto os cinco princípios primários quanto os princípios secundários e os conceitos do Tema V (Ação).

É tentador ver a biologia da conservação apenas como uma outra área especializada, relevante para poucos e sem importância para a vida cotidiana. Dada a magnitude do impacto da humanidade sobre a Terra, no entanto, o ensino da conservação deve ser considerado um dos pilares da boa cidadania em qualquer nação (Orr 1992,2004). O desenvolvimento das diretrizes para o ensino da conservação pela SCB acompanha a trajetória seguida por outras sociedades profissionais para o desenvolvimento das diretrizes em seus respectivos campos. (Giliard et al. 1988; Geological Society of America 1999; North American Association for

Environmental Education 1999; American Chemical Society 2003).

Na nossa visão, a profundidade no entendimento em qualquer assunto envolve conhecimento de princípios bem como a habilidade de usar o conhecimento para resolver problemas. Este artigo é sobre os princípios da biologia da conservação. A habilidade para resolver problemas é necessariamente desenvolvida para diferentes graus, dependendo do nível de educação e experiência do indivíduo. Não listamos aqui os assuntos complexos referentes às habilidades para resolver problemas ou outras habilidades intelectuais e científicas correlatas, por mais importante que sejam. Estes são temas para discussões futuras. Em termos práticos, deixamos que os responsáveis pelo desenvolvimento de currículos e pela implementação em instituições individuais forneçam exemplos detalhados de habilidades associadas a cada princípio para diferentes níveis de educação e experiência.

Além disso, cada professor deve desenvolver exemplos destes princípios que sejam relevantes para seus alunos, no contexto do desenvolvimento do conhecimento de seu ambiente local e de uma apreciação para a condição da biosfera como um todo. Assim, este documento cobre princípios que são aplicáveis em qualquer região do mundo, e também reconhece que os utilizar com êxito em alguma região específica depende da familiaridade com as características e com as realidades de conservação daquela região. Apesar de os princípios aqui contidos representarem uma análise detalhada da disciplina da biologia da conservação, não consideramos este documento um delineamento final sobre o ensino da conservação. Ao contrário, esperamos que a publicação destas diretrizes marque o início de um diálogo na comunidade internacional sobre objetivos, valores e conceitos da biologia da conservação; sobre ameaças à diversidade biológica, à integridade ecológica e à saúde ecológica; e sobre estratégias para sua proteção – um diálogo sobre o ensino da conservação. Estes cinco tópicos – objetivos, valores,

conceitos, ameaças e ações – formam a sistematização dos cinco temas dominantes dos princípios. Reconhecemos que um número significativo de princípios da biologia da conservação aqui apresentados não são simplesmente fatos empíricos ou previsões teóricas, mas resultados desejados baseados em opiniões carregadas de valores. Não se trata de um desvio da norma para a biologia da conservação, trata-se, na verdade, de atributo chave para a disciplina (Barry & Oelschlaeger 1996; Meine & Meffe 1996).

Princípios da Biologia da Conservação

Tema I. Objetivos da Biologia da Conservação

Os biólogos da conservação buscam manter três importantes aspectos da vida na Terra: a diversidade natural encontrada nos sistemas vivos (biodiversidade); a composição, a estrutura e o funcionamento desses sistemas (integridade ecológica); e sua resiliência e habilidade de resistir ao longo do tempo (saúde ecológica) (Callicott et al. 1999).

- (A) **Diversidade Biológica:** a biodiversidade é a variedade de organismos vivos em todos os níveis de organização, incluindo genes, espécies, níveis mais altos de taxonomia e a variedade de habitats e de ecossistemas.
- (1) Há uma enorme e frequentemente imensurável variedade de organismos vivos na Terra.
 - (2) A diversidade da natureza pode ser medida de diversas maneiras, inclusive por números absolutos, abundância relativa e peculiaridades ecológicas.
 - (3) A diversidade biológica está ameaçada de extinção quando se observa um dos seguintes padrões: ou o elemento é raro ou está em declínio.
 - (4) A diversidade biológica, mesmo sob condições não alteradas pelas ações humanas, não é fixa ao longo do tempo, mas é influenciada tanto por processos ecológicos quanto evolutivos.

- (5) Mudanças na diversidade biológica, que são mais rápidas ou mais extensas do que mudanças que ocorreriam sem o impacto das ações humanas, têm maiores probabilidade de afetar negativamente a integridade e a saúde ecológicas.
 - (6) Todos os aspectos da diversidade biológica desempenham potencialmente um papel para manter a saúde ecológica, sendo então valiosos para a biologia da conservação.
- (B) **Integridade Ecológica:** é o grau no qual um conjunto de organismos mantém sua composição, sua estrutura e sua função ao longo do tempo, se comparado a um conjunto que não tenha sido alterado pelas ações humanas.
- (1) A integridade de um sistema ecológico (e.g., população, ecossistema) pode ser medida de várias maneiras, inclusive por medidas de sua estrutura (com o que um sistema se parece no tempo e no espaço), de sua função (as relações entre componentes) e de sua composição (quais são as peças do sistema) em relação ao sistema não alterado por ações humanas.
 - (2) Proteger e restaurar a integridade ecológica de um sistema ecológico exige conservação em todos os níveis da hierarquia biológica e em todos os aspectos ecológicos de estrutura, função e composição.
- (C) **Saúde Ecológica:** é uma medida relativa da condição de um sistema ecológico com relação à sua resiliência ao stress e à habilidade de manter sua organização e autonomia ao longo do tempo.
- (1) A saúde ecológica é avaliada através de uma combinação de medidas, sendo que nenhuma delas pode ser considerada um índice de saúde quando isolada. Variáveis pertinentes incluem produtividade (habilidade do sistema de produzir mais biomassa), complexidade (número de elementos no sistema, número de conexões entre esses elementos e força das interações entre eles), e resiliência (a capacidade de

retornar a um determinado estado após uma perturbação) e são determinadas em função dos sistemas não alterados pelas ações humanas.

- (2) A saúde ecológica concentra-se nos processos baseados nos padrões de biodiversidade e integridade ecológica que podem ser observados.

Tema II. Importância da Diversidade Biológica, da Integridade Ecológica e da Saúde Ecológica

A conservação da natureza é considerada importante por três razões: os valores intrínsecos da natureza; seus valores instrumentais ou econômicos; seus valores emocionais, espirituais e psicológicos. Estes valores não são excludentes, mas diferentes pessoas podem ter diferentes valores, o que deve ser levado em consideração quando se objetiva a conservação (Norton 1987).

- (A) Sistemas de valores e percepção da natureza: Os sistemas de valores determinam como vemos a natureza e estes sistemas podem variar tanto dentro das culturas como entre as mesmas.
- (1) Sistemas de valores humanos determinam como vemos a natureza, inclusive como julgamos o valor de aspectos individuais da natureza, os efeitos humanos no meio ambiente e as mudanças na diversidade biológica e na integridade e saúde ecológicas.
- (2) Há uma variedade de sistemas de valores humanos que vai desde a visão de que tudo na natureza tem seu direito próprio e absoluto de existir até à visão de que a natureza existe somente para o uso pelos seres humanos, havendo muitas nuances entre estas duas visões.
- (3) Existe uma diversidade de sistemas de valores tanto entre culturas humanas (algumas tradicionalmente dão mais ênfase a algum conjunto de valores que outros) como dentro dessas culturas (onde indivíduos de uma mesma cultura podem avaliar a natureza de maneiras diferentes).

- (4) Esforços para obter a conservação devem ser conduzidos com consciência e compreensão dos sistemas de valores existentes entre e dentro das culturas.

(B) Valores intrínsecos à natureza: são aqueles valores da natureza em si, independente de qualquer utilidade para os seres humanos.

- (1) Os humanos podem valorizar a natureza e as entidades naturais (e. g., plantas ou animais individuais, ecossistemas, montanhas) conforme seu valor intrínseco. A atribuição de valor intrínseco independe de qualquer valor de uso que a entidade tenha.

(2) Destruir ou interferir em entidades que têm valor intrínseco pode, em algumas visões, ser considerado moralmente aceitável apenas para satisfazer necessidades vitais.

(C) Valores instrumentais da natureza: Valores instrumentais são baseados na utilidade para os seres humanos, comumente medidos em termos de valor econômico ou de serviço.

- (1) Alguns valores instrumentais podem ser medidos em termos econômicos, tanto que um valor monetário pode ser colocado em um componente ou em uma função da natureza.

(2) Valores instrumentais podem ser mantidos mesmo quando não é possível atribuir um valor de mercado que não seja ambíguo caso um componente ou uma função da natureza tenha uso reconhecido ou função para a sociedade. Tais valores abrangem os serviços ecológicos fornecidos pela natureza, incluindo a manutenção da fertilidade do solo e o controle climático.

(D) Valores psicológicos da natureza: são aqueles que contribuem para o bem-estar psicológico (emocional, espiritual, estético) do ser humano.

- (1) Os valores psicológicos podem originar-se de uma identificação pessoal e por um cuidado com os sistemas ecológicos, o que pode expandir o sentido do seu

próprio eu e aumentar o sentido que um indivíduo tem de perceber seu potencial por completo (Naess & Rothenberg 1989).

- (2) Os valores psicológicos podem originar-se de uma experiência direta com a natureza e, indiretamente, através do conhecimento de que a natureza existe, mesmo que certos aspectos disso não sejam diretamente experimentados.

Tema III. Conceitos para a Compreensão da Diversidade Biológica, da Integridade Ecológica e da Saúde Ecológica

Uma compreensão dos componentes importantes da natureza que deveriam ser conservados está baseada no entendimento de muitos conceitos biológicos chave, incluindo aqueles dentro da taxonomia, ecologia, genética, geografia e biologia evolutiva.

(A) Hierarquia taxonômica: todos os organismos relacionam-se entre si em maior ou menor grau e o padrão de relacionamento pode ser descrito como uma hierarquia de grupos correlatos.

- (1) Os organismos devem ser agrupados por seus graus de parentesco evolutivo.

(2) Há uma hierarquia na organização por parentesco desses grupos que parte de unidades evolutivamente significativas, ou unidades distintas, e vai até espécies e aos mais altos níveis de organização taxonômica (e.g. gênero, família, ordem).

(B) Hierarquia ecológica: os componentes da natureza estão agrupados em conjuntos de níveis de organização interligados e interativos, variando desde os muito pequenos (genes) até os muito grandes (ecossistemas e paisagens).

- (1) Há uma hierarquia na organização da vida (hierarquia ecológica) desde os genes, subpopulações (demes), populações, metapopulações, comunidades, ecossistemas até paisagens.

- (2) Um elemento de certo nível hierárquico pode ter influência

tanto em níveis acima ou abaixo do qual se encontra.

- (C) Diversidade genética: a informação necessária para originar um organismo está codificada nos genes do indivíduo. A informação genética varia de indivíduo a indivíduo, fazendo com que todos eles sejam potenciais fontes de informação relevante.
- (1) A base biológica para muitas das características que formam um indivíduo de um organismo é determinada pela informação codificada contida no seu DNA.
 - (2) A informação exata codificada no material genético pode variar de um indivíduo a outro e de um grupo de indivíduos a outro.
 - (3) As diferenças entre indivíduos e grupos contidas na informação exata codificada no DNA são chamadas de diversidade genética.
 - (4) A diversidade genética pode refletir em diferentes forças seletivas operando em populações de ambientes diferentes e conseqüentemente representar um importante mecanismo pelo qual espécies podem responder à mudança ambiental.
 - (5) A diversidade genética pode ser reduzida através de eventos estocásticos associados à sobrevivência e à reprodução de indivíduos na natureza. Tais eventos têm uma probabilidade muito maior de reduzir a diversidade genética quando o número de indivíduos em uma população é pequeno (i. e., deriva genética ao acaso).
 - (6) A diversidade genética dentro das espécies é influenciada pelo fluxo gênico entre populações causado pelo movimento de indivíduos e, em algumas espécies, pela transferência de longa distância de células reprodutivas (gametas) tais como o pólen. Movimentos entre as subpopulações inibem a fixação de alelos, que podem ser alternativamente vistos como manutenção da diversidade (nenhum alelo se perde) ou homogeneização

(subpopulações não se tornam geneticamente diferentes).

- (D) Conceito de espécie: a unidade básica de organização para organismos é a espécie; no entanto, há uma variação substancial dentro das espécies, tornando seus subgrupos evolutivamente distintos.
- (1) Há uma variedade de definições para espécie, mas na perspectiva da conservação, espécie é considerada um grupo de organismos que pode, de fato ou potencialmente, inter cruzar, ou um grupo de organismos que compartilham traços e origens.
 - (2) As espécies não são entidades homogêneas nem uniformes. Elas podem conter grupos diversos, cada um representando um conjunto único de informação genética e uma única tendência evolutiva.
 - (3) As espécies não são imutáveis ao longo do tempo, pelo contrário, evoluem em resposta às forças de seleção, ao fluxo de genes e ao acaso.
 - (4) A classificação de um organismo individual em determinada espécie pode variar ao longo do tempo, refletindo o desenvolvimento de nossa compreensão das relações ecológicas e evolutivas.
- (E) Crescimento populacional: populações tendem a crescer exponencialmente até que sejam limitadas por algo no meio ambiente. Populações pequenas estão mais sujeitas ao risco de extinção e à perda de informação genética do que populações maiores.
- (1) O tamanho da população depende do resultado do balanço entre a tendência de uma população crescer exponencialmente e as limitações impostas por fatores bióticos (por exemplo, densidade dependência, predação) e fatores abióticos (por exemplo, clima) no meio ambiente.
 - (2) Os padrões de crescimento apresentados por populações próximas ao limite imposto pelos fatores ambientais podem incluir uma aproximação sutil a algum limite intrínseco, oscilação ao

redor de um limite, ou queda da população. O padrão que a população segue é influenciado por vários fatores, em especial a taxa de recuperação de fornecimento de alimentos e a resposta comportamental e demográfica dos predadores.

- (3) Em geral, o tamanho da população é inversamente proporcional à probabilidade de endocruzamentos, à perda de informação genética devido a eventos associados à sobrevivência e à reprodução, e à suscetibilidade de extinção. Conseqüentemente, populações pequenas, em geral, estão mais sujeitas ao risco de extinção que populações maiores.
 - (4) Metapopulações podem existir quando subpopulações parcialmente isoladas conectam-se pela dispersão ocasional de indivíduos de uma subpopulação à outra. Metapopulações podem levar à redução do risco de extinção de qualquer de suas subpopulações.
- (F) Distribuição de espécies: Espécies diferentes estão distribuídas na Terra em padrões diferentes, baseados em suas histórias individuais e em suas características biológicas. Esses padrões podem variar ao longo do tempo em resposta às condições mutáveis e às ações humanas.
- (1) Cada espécie tem a distribuição determinada pela história evolutiva, pelos fatores ambientais (por exemplo, temperatura, solo, precipitações pluviométricas) e pelos eventos históricos (por exemplo, colonização, extinção).
 - (2) A presença de qualquer espécie em determinada localização está sujeita à mudança, caso os fatores acima citados tornem a localização apropriada para a espécie.
 - (3) As distribuições de muitas espécies têm sido afetadas pelos seres humanos, tanto diretamente (através de sua extirpação local ou transporte e soltura) como indiretamente

(através das alterações dos habitats pelos humanos, alterações essas que tornam a movimentação ou a persistência de espécies mais ou menos prováveis).

- (4) Espécies com abundância local alta também tendem a ter ampla distribuição geográfica, o que pode reduzir a probabilidade de extinção.
- (G) Comunidades e ecossistemas: são coleções de indivíduos que representam várias espécies interagindo entre si em uma área específica e com componentes abióticos necessários para a vida.
 - (1) A definição de uma comunidade ou um ecossistema depende do contexto no qual é considerado. Por exemplo, uma comunidade pode ser definida como micro fauna na camada de folhoso de uma floresta ou como todos os organismos naquela floresta.
 - (2) A composição de uma comunidade ou um ecossistema depende do processo de crescimento populacional de suas populações constituintes e das interações entre espécies (por exemplo, simbiose, competição, herbivoria, parasitismo e predação).
 - (3) A composição de uma comunidade ou de um ecossistema pode variar como resultado das respostas de suas espécies constituintes a mudanças nas condições ambientais. Assim, sua composição não é estática e sim dinâmica.
 - (4) Definir quais espécies são membros potenciais de uma comunidade ou de um ecossistema dependerá do conjunto regional de espécies, das habilidades competitivas e da dispersão de cada espécie em particular.
 - (5) As fronteiras entre comunidades ou ecossistemas podem ser relativamente claras, tais como as existentes entre sistemas terrestres e aquáticos, ou podem ser confusas. A divisão não é completa em nenhum caso pois sempre há interações entre

espécies encontradas predominantemente em uma comunidade com aquelas encontradas predominantemente em outra.

- (H) Estocasticidade: refere-se à operação do acaso na natureza de tempos em tempos – por exemplo, a possibilidade de um indivíduo sobreviver, a chance de gerar um ou dois descendentes, ou a possibilidade de experimentar uma temporada ruim de crescimento.
 - (1) Sistemas naturais variam constantemente e são imprevisíveis durante longos períodos. Isto se aplica igualmente para populações, comunidades e ecossistemas. A confiabilidade em previsões sobre a condição dos sistemas naturais no futuro diminui à medida que o período de tempo sobre o qual são realizadas aumenta.
 - (2) Mudanças estocásticas causadas por seres humanos (por exemplo, derramamento de petróleo, destruição de um fragmento de um habitat específico) são fenômenos distintos sobrepostos à estocasticidade natural.
- (I) Extinção: refere-se ao término de uma linha evolutiva. Pode ocorrer como resultado de ações humanas ou não-humanas. No entanto, a taxa de extinção devida à ação humana é muito maior atualmente que a taxa geralmente encontrada nos registros fósseis antes da interferência humana.
 - (1) Extinção é a expectativa de longo prazo para todas as populações – 99,9% ou mais de todas as espécies que existiram algum dia já se extinguiu.
 - (2) Linhagens de um nível inferior que o de espécie (exemplo, subespécie, raça) extinguem-se mais frequentemente do que espécies, o que contribui para a erosão da diversidade biológica.
 - (3) As extinções independentes de ações humanas resultam de eventos estocásticos atuando por longos períodos.
 - (4) Taxas de extinção podem variar ao longo do tempo. Em

ocasiões raras durante a história da Terra, as taxas de extinção foram altas, se comparadas com as taxas mais baixas de outras situações. Alguns desses períodos de altas taxas de extinção – chamados de extinção em massa – estão associados com eventos geológicos extremos, mas, em outros casos, as causas são desconhecidas.

- (5) Taxas de extinção causadas pela ação humana são mais altas que as taxas normais do sistema e são iguais ou até maior que as taxas apresentadas durante as extinções em massa.
- (6) Um dado número de espécies pode ser mantido em um sistema se a taxa de extinção for igual à taxa de especiação no tempo evolutivo, mas cairá se espécies perdidas por extinção excederem as ganhas pela especiação (caso da extinção em massa e das extinções humanamente induzidas que ocorrem atualmente).

Tema IV. Ameaças à Diversidade Biológica, à Integridade Ecológica e à Saúde Ecológica

A natureza enfrentou, e continua a enfrentar, inúmeras ameaças dos seres humanos, incluindo a colheita direta, a destruição do habitat e a introdução de espécies exóticas. A percepção das pessoas quanto à magnitude das ameaças é fortemente influenciada pela quantidade de mudanças que elas vêem ocorrer, sendo que cada geração desenvolve um padrão diferente para o que é normal ou natural.

- (A) Economia ecológica: desenvolvimentos recentes na economia ecológica corrigem antigas concepções errôneas da teoria econômica neoclássica, que contribuiu para a perda de diversidade biológica, a degradação da integridade ecológica e o declínio da saúde ecológica (Costanza 1991; Daly & Farley 2003).
 - (1) A atividade humana é um subconjunto de processos naturais e não o contrário.

- (2) A atividade econômica humana abrange serviços fornecidos pelos ecossistemas naturais, embora a natureza não esteja totalmente disponível como recurso para a atividade econômica humana.
- (3) Restrições econômicas e físicas limitam a atividade econômica humana e o crescimento da população, e nem todas essas restrições pode ser superadas pela tecnologia.
- (B) Impactos da colonização humana em tempos antigos: as sociedades humanas apresentam um longo histórico de causas de extinção e grandes mudanças em ecossistemas.
- (1) No passado pré-histórico (Martin & Klein 1984) e histórico (Crosby 1993), a chegada de seres humanos a novas áreas levou à extinção de outras espécies e à mudanças em larga escala nas comunidades naturais.
- (2) Os humanos têm causado extinção e mudanças nas comunidades naturais de várias maneiras, incluindo os impactos cumulativos de exploração direta para a obtenção de alimento, a modificação da vegetação natural e a introdução de espécies exóticas.
- (3) Mudanças causadas pelo homem em comunidades naturais, ainda que mal documentadas, podem ser tão difundidas que as culturas humanas contemporâneas podem não estar tão conscientes de como as condições biológicas observadas no presente foram alteradas pelas ações humanas no passado.
- (4) Algumas culturas humanas podem ter desenvolvido um nível de conhecimento ou prática ecológica que apóia a proteção e a restauração da biodiversidade, da integridade ecológica e da saúde ecológica.
- (C) Impactos humanos contemporâneos: os seres humanos podem afetar as espécies e os ecossistemas tanto pela frequência e pela intensidade de suas ações como pela área onde tais ações foram praticadas. Mudar estas ações pode modificar seu impacto na natureza.
- (1) A forma como cada ecossistema é afetado varia conforme o tipo e a magnitude do impacto humano. Essas diferenças estão baseadas, ao menos em parte, em suas próprias características, tais como taxa de produtividade.
- (2) Tendo em vista que as atividades humanas mudam um ecossistema, o sistema alterado pode ser mais suscetível às mudanças subsequentes. Isto é, o sistema perderá resiliência.
- (3) Todos os impactos humanos contemporâneos são exponencialmente ampliados pela atual taxa de crescimento da população humana; nunca houve tantas pessoas como atualmente, e a população provavelmente aumentará nos próximos 50 anos.
- (D) Padrões de extinção: atualmente as espécies se estão extinguindo a uma taxa nunca antes vista na história humana, sendo que somente durante as grandes extinções em massa foi observado algo semelhante.
- (1) O padrão de extinções entre espécies observado hoje não tem precedentes na história humana. Essas extinções destroem a diversidade biológica, a integridade e a saúde ecológicas com conseqüências no longo prazo.
- (2) Atualmente, a taxa de extinção é maior que a taxa de especiação. Assim, espécies estão sendo extintas de tal maneira que não há como serem substituídas pela evolução por milhões de anos.
- (E) Causas iminentes de extinção: os seres humanos causam a extinção através de quatro ações primárias: a destruição do hábitat, a modificação do hábitat, a super-exploração (tais como a caça e a colheita em excesso) e a introdução de espécies exóticas.
- (1) Os efeitos das atividades humanas sobre uma espécie ameaçada de extinção são influenciados pela magnitude das atividades no espaço e no tempo.
- (2) Diferentes espécies e grupos de espécies podem ser extintos ou estarem ameaçados de extinção como resultado de uma combinação de diferentes atividades humanas.
- (3) Diferentes espécies e grupos de espécies podem ser mais suscetíveis à extinção por determinados tipos de atividade humana do que por outras.
- (4) A atividade humana pode alterar interações entre as espécies, resultando em extinção de múltiplas espécies em um sistema (por exemplo, cadeias tróficas).
- (F) Mudança climática global: atualmente a Terra experimenta um aumento na temperatura média causada pela adição de gases que provocam o efeito estufa na atmosfera. Essa mudança na temperatura terá severas conseqüências para a vida na Terra através de rápidas mudanças no clima, de extensão geográfica e de processos ecológicos, aumentando o risco de extinção (McCarthy et al. 2001).
- (1) O uso de combustíveis fósseis durante o século passado resultou no aumento da emissão de gases, particularmente dióxido de carbono, na atmosfera. A crescente presença desses gases no meio ambiente resultou em um aumento maior da temperatura média global no século passado do que em qualquer século nos últimos 1000 anos.
- (2) O consumo de carbono pelas plantas oferece uma solução apenas temporária, porque a maioria desse carbono será novamente liberada na atmosfera durante a decomposição; as condições atuais da Terra não permitem a acumulação de novos depósitos de combustíveis fósseis.
- (3) Os efeitos do aumento contínuo na concentração de gases causadores do efeito estufa continuarão a afetar o clima durante séculos, inevitavelmente, resultando em mudanças regionais e sazonais na temperatura e na precipitação pluviométrica. Mesmo supondo que não haverá aumento na emissão de gases na atmosfera, nosso clima continuará a mudar como

resultado dos aumentos já existentes.

- (4) Mudanças regionais e sazonais no clima terão muitos efeitos nas espécies, incluindo mudanças nas distribuições geográficas, no risco de extinção, na composição da comunidade e no funcionamento do ecossistema.
- (5) Não é possível impedir completamente os efeitos dessas mudanças climáticas inevitáveis nas espécies. Existe a possibilidade, no entanto, de reduzir a magnitude dos efeitos pela mudança no comportamento de consumo de recursos pelos seres humanos e nas políticas do uso da terra.
- (G) Efeitos dominó: a extinção de uma espécie pode causar extinção de outras espécies de maneira imprevisível como resultado da interação entre elas na natureza; tais extinções subsequentes podem, por sua vez, afetar outras espécies, causando como que um efeito de ondas por todas as partes de um ecossistema.
 - (1) A degradação da diversidade biológica, da integridade e da saúde ecológicas, em um determinado nível de organização biológica, pode acarretar impactos subsequentes na diversidade biológica, na integridade e na saúde ecológicas em outros níveis.
 - (2) A extinção ou a degradação do habitat pode, por sua vez, causar impactos extras, levando a uma série de mudanças em cascata no ecossistema.
 - (3) É difícil, se não impossível, prever com antecedência as maneiras como os efeitos em cascata ocorrerão, mas seus efeitos podem ser grandes e de longa duração.
- (H) Condição histórica dos ecossistemas: a condição atual da maioria dos ecossistemas é dramaticamente diferente daquelas encontradas no passado em razão da ação dos seres humanos.
 - (1) As ações das sociedades humanas históricas e atuais têm resultado em modificações drásticas na maioria dos

ecossistemas terrestres e aquáticos atuais.

- (2) Os seres humanos, tanto individualmente como em sociedade, têm feito escolhas baseadas em valores sobre o quanto a condição de um ecossistema pode ou deve ser modificada, sendo que essas escolhas determinaram, e continuam a determinar, a condição e a composição do mundo natural.
 - (I) Padrões em mutação: as idéias das pessoas sobre o que constitui a condição normal da natureza são fortemente influenciadas pelas experiências ao longo de suas vidas, independente de essas condições já terem sido alteradas pelos humanos no passado.
 - (1) À medida que a diversidade biológica, a integridade e a saúde ecológicas declinam, cada geração vê o novo nível mais baixo como “normal”, e isso afeta o julgamento de valor que as pessoas fazem sobre o mundo natural, influenciando assim a tomada de decisões sobre o uso da terra.
 - (2) À medida que a exposição das pessoas aos sistemas naturais declina, como um resultado das mudanças culturais e da falta de acessibilidade, sua percepção das condições “normais” da natureza muda.

Tema V. Proteção e Restauração da Diversidade Biológica, da Integridade Ecológica e da Saúde Ecológica

A conservação da natureza exige uma combinação de estratégias, entre as quais se encontram a proteção de espécies ameaçadas, a existência de reservas ecológicas, o controle das ações humanas que prejudicam ecossistemas, a restauração de ecossistemas, a reprodução em cativeiro, o controle de espécies exóticas e o estudo da biologia da conservação.

- (A) Proteção de espécies ameaçadas: Exige-se que espécies ameaçadas de extinção sejam protegidas da exploração e da perda de habitat.
 - (1) As atividades de proteção das espécies individuais têm como foco a identificação de fatores

que levam ao declínio no tamanho da população e na remediação desses fatores.

- (2) Espécies individuais podem ser auxiliadas tanto pelas atividades de proteção que têm como alvo uma só espécie como pelas atividades de proteção que incluem espécies múltiplas ou comunidades inteiras.
 - (3) Atividades de proteção de espécies ocorrem necessariamente em um clima de incerteza devido aos efeitos estocásticos sobre o tamanho das populações, tanto por causas naturais quanto humanas.
- (B) Sistemas de reserva ecológica: é preciso estabelecer áreas destinadas à conservação, de maneira que possam cobrir coletivamente a total extensão de tipos de ecossistemas e que possam proteger da extinção precoce as espécies lá presentes.
 - (1) Sistemas de reservas ecológicas são conjuntos de áreas administradas de forma que sua função primária seja proteger uma espécie ou um grupo de espécies da extinção e promover processos ecológicos e evolutivos naturais.
 - (2) Tais sistemas de reservas estão desenhados de forma a incluir área suficiente para que a espécie alvo seja viável, com intervenção humana limitada e para que processos naturais possam ocorrer.
 - (3) A efetividade dos sistemas de reserva é influenciada pelo seu contexto, no qual se incluem o stress a eles imposto pelas ações que ocorrem fora do sistema, as ações que ocorrem dentro do sistema e o grau de percepção que os organismos presentes na reserva têm da conexão entre essas ações.
 - (4) O desenho e a administração das reservas ecológicas devem considerar os efeitos previsíveis da mudança climática global no sistema ou nas espécies que se pretende proteger.
- (C) Uso da natureza pelo ser humano: o uso da natureza pelo ser humano pode ser modificado de forma a

- diminuir os impactos causados nos sistemas ecológicos.
- (1) As iniciativas devem estar integradas de forma mais harmoniosa dentro do contexto de seus ambientes naturais, ao invés de estar separado deles.
 - (2) Mudar as maneiras como os humanos usam a natureza de forma que imitem de modo mais completo os processos ecológicos naturais pode diminuir o impacto desses usos na biodiversidade, na integridade e na saúde ecológicas.
 - (3) O impacto do uso da natureza pelos seres humanos na biodiversidade, na integridade ecológica e na saúde ecológica pode diminuir através da redução da magnitude dos impactos humanos tanto no espaço quanto no tempo.
 - (4) Apesar de as reservas biológicas e de os parques nacionais serem frequentemente um componente da estratégia de conservação, o sucesso final desta depende da reformulação das atividades humanas de modo que coexistam com a biodiversidade e com os sistemas ecológicos.
- (D) Restauração de ecossistemas: ecossistemas que têm sido degradados pela modificação em seu funcionamento e na composição de espécies precisam ser restaurados ao nível mais próximo possível de suas condições naturais (contrastados com os culturalmente modificados).
- (1) Ecossistemas que têm sido degradados por modificações humanas podem, em alguns casos, ser restaurados através da eliminação de perturbações externas, da re-introdução de espécies nativas, da remoção de espécies exóticas e da restauração de processos ecológicos.
 - (2) Para que um esforço de restauração seja considerado bem sucedido, as metas identificadas devem ser consideradas. Nenhum esforço é capaz de fazer o ecossistema natural voltar exatamente à sua composição, à sua estrutura e ao seu funcionamento originais.
- (3) A habilidade de promover a restauração não deve ser vista como justificativa para promover a destruição de habitats em outros locais.
- (E) Aumento das populações naturais: espécies ameaçadas de extinção podem, em alguns casos, ser beneficiadas pelo aumento de suas populações por meio da introdução de animais criados em cativeiro na natureza.
- (1) Espécies e subespécies à beira da extinção na natureza podem ser beneficiadas através da criação em locais como zoológicos, aquários, jardins botânicos e cativeiros.
 - (2) É preciso tomar cuidado para manter a diversidade genética de geração a geração e imitar as pressões seletivas que os organismos encontrariam na natureza. No caso dos animais, é melhor que não se habituem aos seres humanos.
 - (3) Programas de criação em cativeiro destinados à conservação são caros e conseqüentemente não são práticos para todas as espécies. No caso de algumas espécies, esta criação se torna biologicamente impossível. Para espécies ameaçadas, no entanto, a criação em cativeiro pode ser a única estratégia disponível para impedir a extinção imediata.
- (F) Manejo de colheitas: O número de indivíduos de espécies que são coletados na natureza precisa ser controlado para que a probabilidade de extinção de tal espécie não seja aumentada significativamente pela colheita.
- (1) Colheitas desordenadas podem acelerar ou causar extinção.
 - (2) Pode-se promover a preservação das espécies das seguintes formas: controle de colheitas, através de sua proibição total no caso de espécies raras, ameaçadas ou em perigo; controle de colheita por classes, estágios ou idades vulneráveis; limite no número de indivíduos coletados; limite na duração do tempo no qual a colheita pode ocorrer; e estabelecimento de reservas onde não há colheita.
- (3) Para impedir a extinção através da colheita em excesso de espécies, as sociedades devem criar regras, levando em consideração a compreensão biológica da demografia da população.
- (G) Manejo de espécies exóticas: esforços devem ser empreendidos com o intuito de diminuir a probabilidade de uma espécie exótica ser introduzida ou estabelecida com sucesso e também de eliminar espécies exóticas já estabelecidas, quando possível.
- (1) Espécies exóticas são uma das maiores ameaças a espécies nativas e aos ecossistemas no mundo.
 - (2) Espécies exóticas podem espalhar-se tanto de forma acidental como intencional.
 - (3) A maioria das introduções de espécies exóticas tem pouca chance de sucesso, mas algumas podem ter conseqüências devastadoras tanto ecológica quanto economicamente.
 - (4) Depois que uma espécie exótica encontra-se estabelecida, é difícil, se não impossível, erradicá-la completamente.
 - (5) A habilidade de uma espécie exótica em se estabelecer por si própria é influenciada tanto por suas características (por exemplo, biologia reprodutiva) como pela condição da comunidade natural na qual é introduzida (por exemplo, comunidades ecologicamente saudáveis tendem a ser menos vulneráveis a invasão).
- (H) Participação política: entenda e participe dos domínios das políticas humanas e do estabelecimento de políticas, certificando-se de colocar no discurso público a importância de manter a biodiversidade nativa.
- (1) Entenda os processos e as estruturas pelas quais se estabelece a política pública – incluindo leis, regulações administrativas e canais de lobby.
 - (2) Esteja familiarizado com as pessoas que desempenham papéis-chave em uma gama de níveis geográficos, desde o local até o internacional.

- (3) Compartilhe conhecimento e experiências sobre a biologia da conservação com formadores de política sempre que houver, ou que se puder criar uma oportunidade.
- (1) Educação: O estudo da conservação precisa ocorrer em todos os níveis e em todas as sociedades para que os seres humanos possam aprender a conviver melhor com a natureza.
- (1) Programas educacionais sobre conservação buscam desenvolver nas pessoas uma compreensão mais profunda da importância e das ferramentas da biologia da conservação.
- (2) O estudo tem mais sucesso quando tem foco no desenvolvimento do conhecimento, de habilidades e de atitudes, de maneira que proporcione às pessoas experiências amplas e diretas.
- (3) Os biólogos da conservação têm um conjunto único de conhecimento, habilidades e interesses para compartilhar.

Conclusões

Propusemo-nos a descrever de forma hierárquica os princípios centrais da biologia da conservação, resumidos na Tabela 1, para facilitar o desenvolvimento de programas educacionais sobre conservação em vários níveis e a apreciação pelas pessoas em geral daquilo que os biólogos da conservação consideram importante para a disciplina. Lecionar os princípios apropriados e as habilidades necessárias para aplicá-los constitui o ensino da conservação. Acreditamos que nossas sociedades serão capazes de conviver de forma mais harmoniosa com a natureza se os cidadãos, tomadores de decisão envolvidos com conservação e praticantes da conservação se tornarem totalmente instruídos.

A discussão das diretrizes aqui apresentadas é bem-vinda. O site da SCB conta com um endereço eletrônico para que este diálogo aconteça

(http://conbio.net/scb/services/education/docs/conservation_literacy.cfm). Esperamos assimilar o conhecimento proveniente da mais

ampla comunidade internacional de biólogos da conservação baseado em sua experiência com o ensino e a orientação de cidadãos conhecedores da conservação, decisores e praticantes da conservação.

Agradecimentos

Este documento é produto do grupo de trabalho sobre as Diretrizes para o Ensino do Comitê de Educação da SCB. Todos os autores contribuíram para o desenvolvimento e para a escrita do documento. Agradecemos todos os membros do Comitê de Educação desde 2000, Carol Brewer, dois revisores anônimos responsáveis por conselhos editoriais e pelo apoio moral, e todos os membros da SCB que contribuíram com comentários sobre as versões anteriores destas diretrizes.

Tradução

Este documento foi traduzido para o português brasileiro por Danielle C. Mota e foi revisado por Karen Schmidt.

Publicação Original

Trombulak, S. C., K. S. Omland, J. A. Robinson, J. J. Lusk, T. L. Fleischner, G. Brown, y M. Domroese. 2004. Principles of Conservation Biology: Recommended Guidelines for Conservation Literacy from the Education Committee of the Society for Conservation Biology. *Conservation Biology* 18:1180-90.

Bibliografia Citada

American Chemical Society. 2003. Undergraduate professional education in chemistry: guidelines and evaluation procedures. American Chemical Society, Washington, D.C. Available from <http://www.chemistry.org/portal/a/c/s/1/general.html?DOC=education%5Ccpt%5Cguidelines.html> (accessed November 2003).

Barry, D., and M. Oelschlaeger. 1996. A science for survival: values and conservation biology. *Conservation Biology* 10:905-911.

Callicott, J.B., L.B. Crowder, y K. Mumford. 1999. Current normative concepts in conservation. *Conservation Biology* 13:22-35.

Cohen, J. E. 2003. Human population: the next half century. *Science* 302:1172-1175.

Costanza, R. 1991. *Ecological economics*. Columbia University Press, New York.

Crosby, A.W. 1993. *Ecological imperialism: the biological expansion of Europe, 900-1900*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Daly, H.E. y J. Farley. 2003. *Ecological economics: principles and applications*. Island Press, Washington, D.C.

Fleischner, T.L. 1990. Integrating science and passion in conservation education. *Conservation Biology* 4:452-453.

García, R. 2002. *Biología de la conservación: conceptos y prácticas*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.

Geological Society of America. 1999. Guidelines for sustainability literacy: the intricacies of living in an interactive world. Committee on Critical Issues, GSA, Boulder, Colorado. Available from <http://bcn.boulder.co.us/basin/local/sustainabilityguide.htm> (accessed November 2003).

Gilliard, J.V., J. Caldwell, B. Dalgaard, R. Highsmith, R. Reinke, y M. Watts. 1988. *Economics: what and when*. Joint Council on Economic Education, New York.

Hunter, M. L. 2002. *Fundamentals of Conservation biology*, 2nd ed. Blackwell Science, Abingdon, England.

Jacobson, S. y J.L. Hardesty. 1988. The fourth objective. *Conservation Biology* 2:221.

McCarthy, J. J., O. F. Cansiani, N. A. Leary, D. J. Dokken, y K. S. White. 2001. *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Martin, P.S. y R.G. Klein. 1984. *Quaternary extinctions: a prehistoric revolution*. University of Arizona Press, Tucson.

Massa, R., y V. Ingegnoli. 1999. *Biodiversità, estinzione e conservazione: fondamenti di conservazione biologica*. UTET Libreria, Torino, Italia.

Meffe, G. K., y C. R. Carroll. 1997. Principles of conservation biology. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.

Meine, C., y G.K. Meffe. 1996. Conservation values, conservation science: a healthy tension. Conservation Biology 10:916-917.

Naess, A., y D. Rothenberg. 1989. Ecology, community, and lifestyle: outline of an ecosophy. Cambridge University Press, New York, NY.

North American Association for Environmental Education (NAAEE). 1999. Excellence in EE - Guidelines for

Learning (K-12). NAAEE, Rock Spring, Georgia. Available from <http://naaee.org/npeee/> (accessed November 2003).

Norton, B.G. 1987. Why preserve natural variety? Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Orr, D.W. 1992. Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world. SUNY Press, Albany.

Orr, D.W. 1994. Earth in mind: On education, environment, and the human prospect. Island Press, Washington, D.C.

Orr, D.W. 2004. The last refuge: Patriotism, politics, and the environment in an age of terror. Island Press, Washington.

Primack, R. B. 2002. Essentials of conservation biology. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Trombulak, S.C. 1993. Undergraduate education and the next generation of conservation biologists. Conservation Biology 8:589-591.

Tabela 1. Resumo dos temas e dos princípios primários e secundários da biologia da conservação apresentados neste artigo.*

Temas	Princípios Primários	Princípios Secundários
Objetivos: os objetivos da biologia da conservação	Os biólogos da conservação buscam manter três importantes aspectos da vida na Terra: biodiversidade, integridade ecológica e saúde ecológica.	A diversidade biológica é uma medida da diversidade de toda a vida em todos os níveis de organização. A integridade ecológica é uma medida da composição, estrutura e funcionamento dos sistemas biológicos. A saúde ecológica é uma medida da resiliência de um sistema biológico e sua habilidade de manter-se ao longo do tempo.
Valores: por que a biodiversidade, a integridade ecológica e a saúde ecológica são importantes	A conservação da natureza é importante pelos seus valores intrínsecos, instrumentais e psicológicos.	Os sistemas de valores determinam como vemos a natureza e estes sistemas podem variar tanto dentro das culturas como entre as mesmas. Valores intrínsecos são aqueles valores da natureza em si, independente da utilidade para os seres humanos. Valores instrumentais baseiam-se na utilidade da natureza para o ser humano. Valores psicológicos são aqueles que contribuem para o bem-estar psicológico do ser humano.
Conceitos: conceitos para a compreensão da biodiversidade, da integridade ecológica e da saúde ecológica	O entendimento da conservação baseia-se em conceitos-chave de taxonomia, de ecologia, de genética, de geografia e de evolução.	Todos os organismos estão relacionados entre si. Os componentes da natureza estão agrupados em conjuntos de níveis de organização, desde pequenos (genes) até grandes (paisagens). Os genes contêm a informação para criar um organismo e essa informação varia de organismo a organismo. A unidade básica de organização para organismos é a espécie. As populações crescem exponencialmente a não ser que estejam limitadas pelo ambiente; populações pequenas estão mais sujeitas a risco que as maiores. As espécies são distribuídas de forma diferenciada pela Terra, com base nas histórias individuais, nas características e nas respostas às ações humanas. Comunidades e ecossistemas são coleções de espécies que interagem e os componentes de seu ambiente físico. A natureza pode comportar-se estocasticamente, com condições e resultados imprevisíveis. A extinção é o término de uma linha evolutiva e pode ser acarretada tanto por ações humanas como não-humanas.
Ameaças: ameaças à biodiversidade, à integridade ecológica e à saúde ecológica	A natureza enfrentou e continua enfrentando numerosas ameaças dos seres humanos, incluindo coleta direta,	Princípios de economia ecológica corrigem os enganos da teoria econômica neoclássica, que contribuiu para as ameaças à conservação.

	destruição de habitat e introdução de espécies exóticas.	<p>As sociedades humanas têm um longo histórico como causadoras de extinção e agentes de grandes mudanças em ecossistemas.</p> <p>As ações humanas afetam a natureza através de sua frequência, sua intensidade e sua extensão espacial. Atualmente, as espécies extinguem-se mais rapidamente do que em qualquer outro período na história humana e em níveis comparados a eventos de extinção de massa vistos apenas em registros fósseis.</p> <p>Os seres humanos causam a extinção por meio de destruição e modificação de habitats, super-exploração e introdução de espécies exóticas. Os seres humanos estão causando o aquecimento da Terra, o que acarretará severas conseqüências para os sistemas naturais.</p> <p>A extinção de uma espécie pode ser causada pela extinção de outra espécie.</p> <p>A condição atual da maioria dos sistemas naturais, diferente da condição do passado, resulta das ações humanas.</p> <p>As idéias sobre as condições “normais” da natureza são influenciadas pelas experiências que as pessoas têm durante suas vidas.</p>
Ações: proteção e restauração da biodiversidade, da integração ecológica e da saúde ecológica	A conservação exige uma combinação de várias estratégias diferentes.	<p>Proteger espécies em risco de extinção.</p> <p>Desenhar reservas ecológicas.</p> <p>Diminuir a magnitude dos impactos causados pelos seres humanos nos sistemas naturais.</p> <p>Restaurar ecossistemas que têm sido degradados.</p> <p>Aumentar populações com indivíduos criados em cultivo ou cativeiro.</p> <p>Controlar o número de indivíduos coletados na natureza.</p> <p>Impedir o estabelecimento de espécies exóticas e eliminar as já estabelecidas.</p> <p>Entender e participar da criação de políticas públicas.</p> <p>Educar outras pessoas sobre a importância da conservação.</p>

* a descrição completa dos princípios de apoio associados aos princípios secundários são apresentadas no texto.