

Biodiversidade e Ciência

A seção Biodiversidade e Ciência do *Healing Earth* começa respondendo às questões colocadas no final do estudo de caso:

- Por que a biodiversidade é importante e como ela surgiu?
- Quais as principais formas de biodiversidade na Terra e por que elas estão diminuindo?

Mais de 3,6 bilhões de anos de evolução biológica resultaram na enorme variedade de magníficas formas de vida do planeta. Esta é a biodiversidade da Terra. Os humanos, como todos os outros organismos, dependem de todas essas formas de vida para sua existência. Ironicamente, a própria existência dessa tão necessária variedade biológica está agora ameaçada e em perigo de extinção devido a atividades humanas nos últimos 200 anos.

O que é a Biodiversidade e Por que ela é Importante?

Biodiversidade é a forma abreviada da expressão “diversidade biológica”. Em seus termos mais simples, a biodiversidade é a variedade de vida no mundo ou em um habitat ou ecossistema específico. Mais especificamente, a biodiversidade indica a diversidade de espécies, populações e comunidades em um ecossistema. Biodiversidade é um termo relativamente recente na Ciência, tornando-se de uso comum na década de 1980. Desde então, tornou-se um dos conceitos mais importantes da ciência ambiental.

O número total de espécies presentes na Terra aumentou constantemente ao longo do tempo, pontuado por seis períodos de extinção em massa e eventos periódicos menores de extinção (Figura 1).

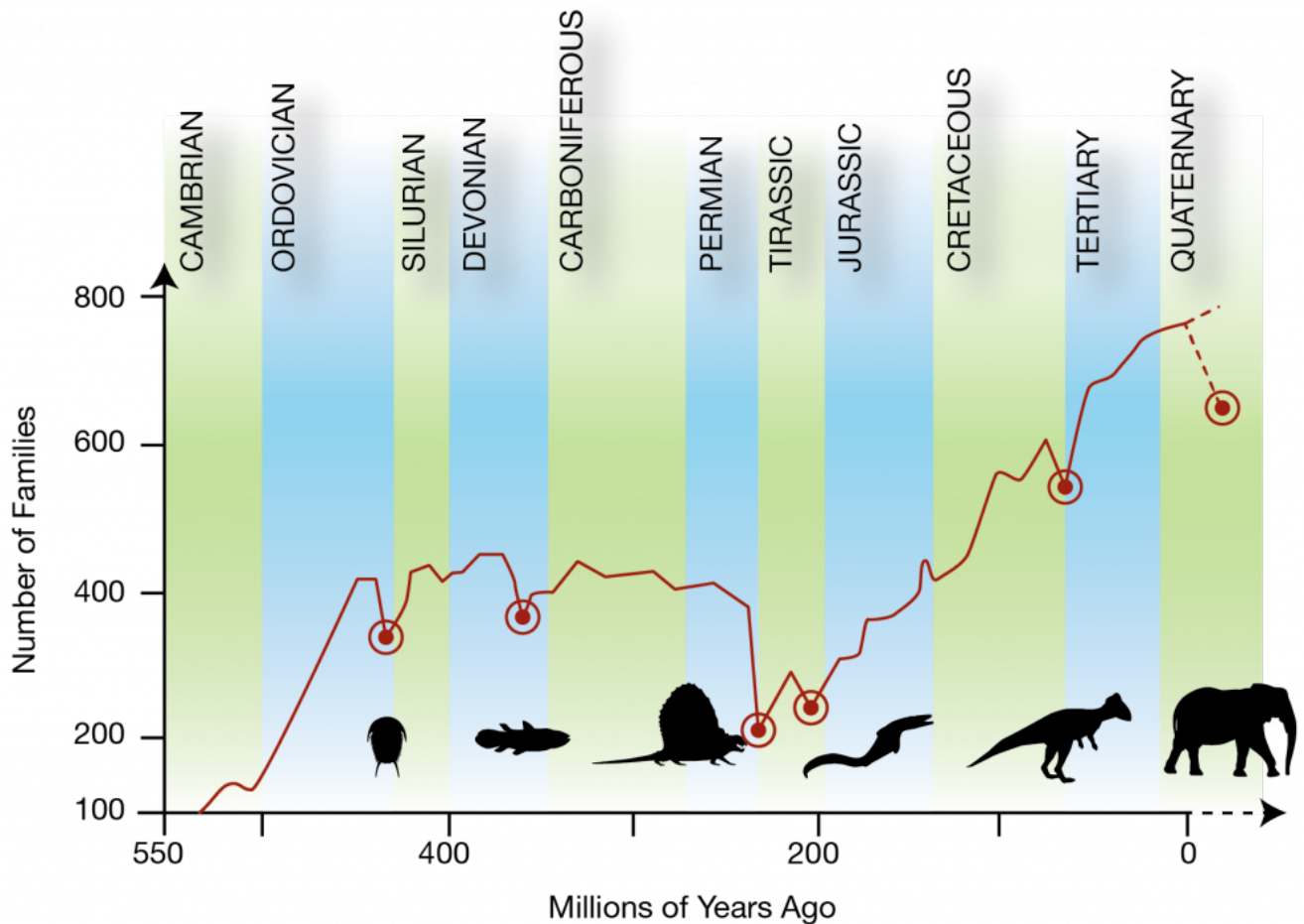


Figura 1: Padrão de mudança no número de famílias (grupos de gêneros relacionados) nos últimos 550 milhões de anos, com eventos de extinção em massa indicados pelos 6 círculos concêntricos.[efn_note]
Credit: Margaret Wilson [efn_note]

Os Benefícios da Biodiversidade

De uma única espécie que surgiu há mais de 3,6 bilhões de anos cerca de 8,7 milhões de espécies evoluíram para povoar o planeta de hoje. Dessas, apenas cerca de 2 milhões (14% das espécies terrestres e 9% daquelas de ambientes marinhos) foram realmente descritos e classificados pelos cientistas. Essa tremenda quantidade e variedade de espécies que existem no planeta é chamada de diversidade biológica ou biodiversidade.

O termo biodiversidade pode ser aplicado à diversidade em todos os níveis de organização biológica: diversidade entre indivíduos dentro de uma determinada espécie (diversidade genética), a diversidade de espécies em um ecossistema e a diversidade de ecossistemas na Terra. Aplica-se a ambientes terrestres, aquáticos (de água doce e marinhos) e atmosféricos, incluindo aqueles decorrentes de extensas modificações humanas, como paisagens agrícolas e áreas urbanas.

Na seção Biodiversidade e Ética você aprenderá que a biodiversidade tem “valor intrínseco”. Aqui você vê uma razão para esse valor: os serviços indispensáveis que a biodiversidade proporciona para a vida na Terra.

O “valor” de uma espécie é frequentemente determinado pelo grau em que ela beneficia os humanos. Estão incluídos benefícios tangíveis, como alimentos, materiais de construção e remédios, e benefícios indiretos, como enriquecimento estético, espiritual e cultural. No entanto, é igualmente valioso o papel que a biodiversidade desempenha na estrutura e função dos ecossistemas dos quais depende toda a vida. É vital que as frágeis interconexões entre espécies de todos os tipos sejam mantidas. A biodiversidade torna isso possível.

Isso vale também para os processos biológicos mais discretos. Enquanto organismos que podem ser vistos a olho nu recebem mais atenção, aqueles visíveis apenas com um microscópio são extremamente importantes para a vida na Terra. A fotossíntese por microalgas nos oceanos e sistemas de água doce, por exemplo, representa entre 45 e 80% do oxigênio na Atmosfera. Processos ecossistêmicos críticos, como o ciclo e a decomposição do nitrogênio, não seriam possíveis sem bactérias e fungos microscópicos. Com o desenvolvimento de novas técnicas em genética molecular, recentemente os cientistas começaram a apreciar a vasta diversidade genética desses grupos de organismos microscópicos e a descobrir sua importância para o funcionamento adequado dos ecossistemas.

Leia mais sobre o [ciclo do nitrogênio](#)

Todas as espécies contribuem para a estrutura e função do ecossistema de maneiras distintas, mas têm evoluído em uma relação de interdependência. Muitas vezes a perda de uma única espécie pode ter um efeito dramático em todo um ecossistema. Essas espécies são referidas como espécies-chave, porque são críticas para manter o equilíbrio global do ecossistema.

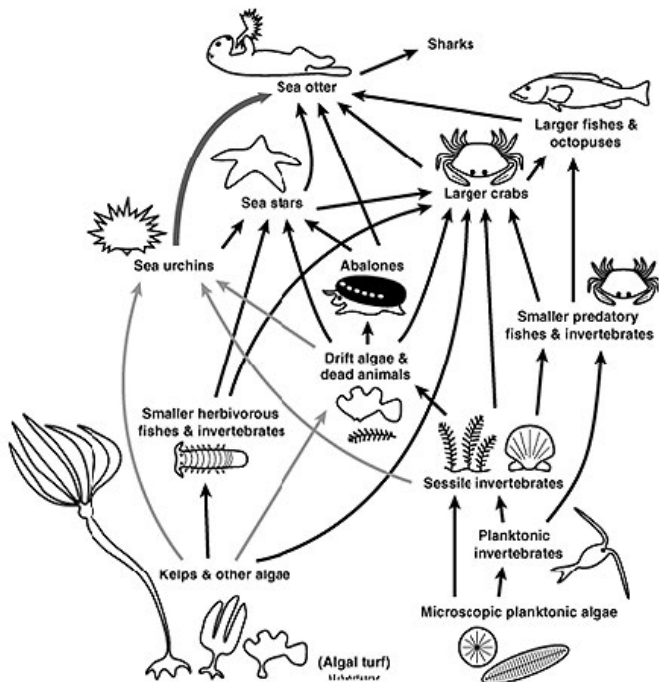
As lontras marinhas são um excelente exemplo de uma espécie-chave. Ao largo da costa central da Califórnia, quando as populações de lontras marinhas estão saudáveis, exuberantes florestas de algas (algas macro) se desenvolvem e sustentam uma cadeia alimentar diversificada e complexa. No entanto, quando as lontras do mar são removidas, as populações de ouriços-do-mar, suas presas prediletas, crescem muito em quantidade, consumindo as algas e criando áreas parcial ou completamente desprovidas de algas (veja Figura 2). A perda das florestas de algas faz com que populações de espécies que direta ou indiretamente dependem delas entrem em desequilíbrio, e depois em colapso, afetando a saúde e a estabilidade do ecossistema.

Mais adiante neste capítulo você aprenderá na seção Biodiversidade e Espiritualidade que muitas religiões do mundo veem a interdependência das espécies como uma qualidade sagrada.

Outra maneira pela qual a biodiversidade apoia um ecossistema é através da resiliência. Quanto mais um ecossistema é organicamente diverso, mais resiliente é em relação a perturbações como secas, inundações, tempestades ou explosões populacionais de insetos. A biodiversidade aumenta a capacidade de um ecossistema se recuperar de um distúrbio, aumentando as chances de que a ameaça a uma espécie possa ser compensada pela resistência de outra.

Assista a este [vídeo](#) do Centro de Resiliência de Estocolmo para saber mais sobre resiliência.

A. With sea otters, kelp forest food web



B. Without sea otters, urchin barren food web

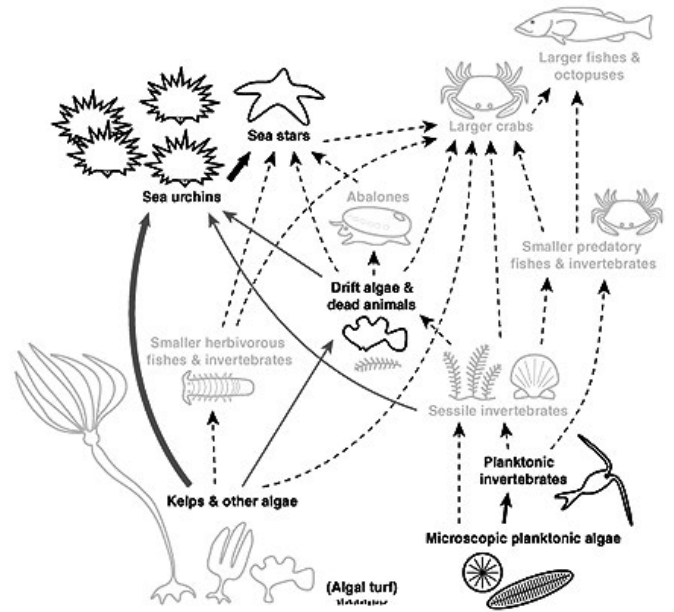


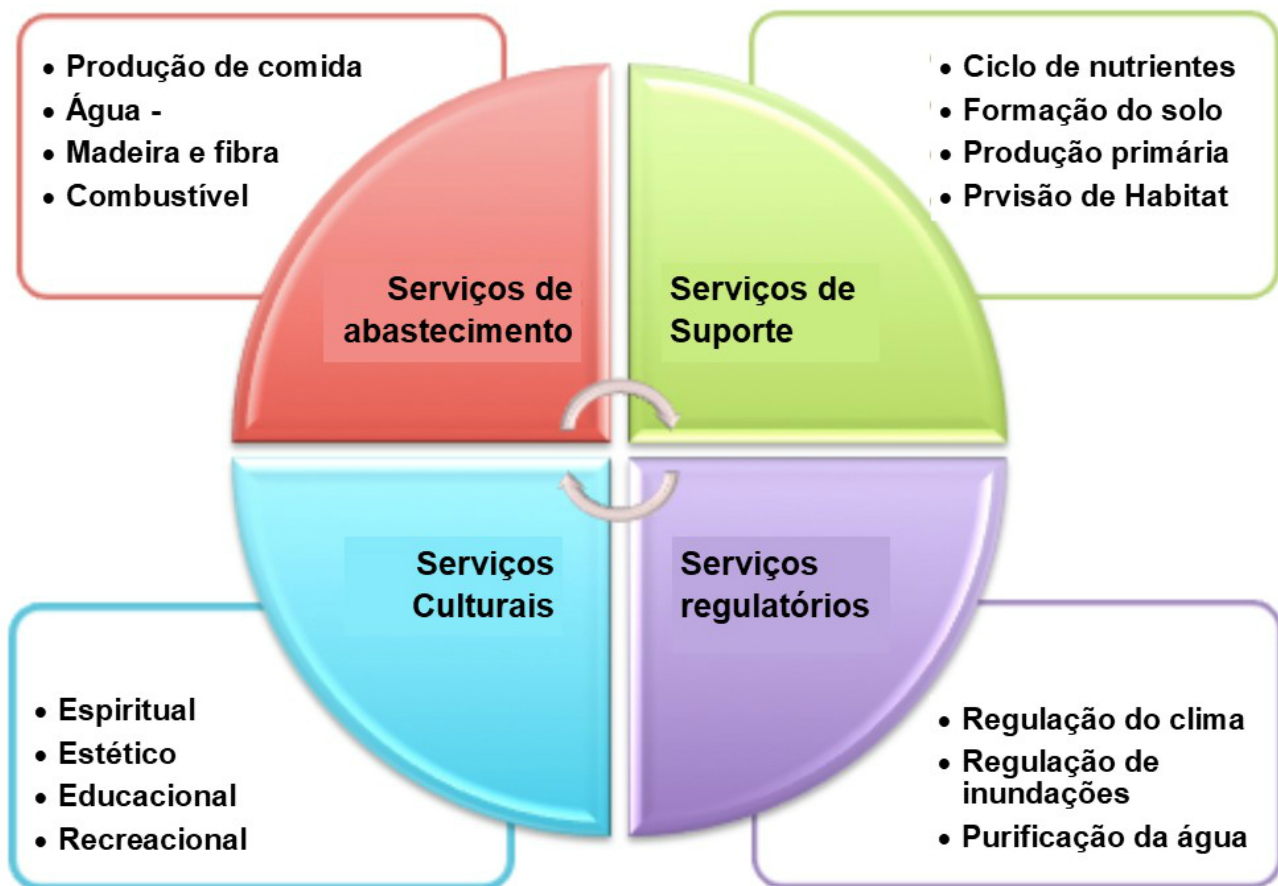
Figura 2: Redução da diversidade e complexidade da cadeia alimentar com a remoção de lontras marinhas, um predador chave, das comunidades da zona costeira abaixo da marca da maré baixa. As setas indicam direção e quantidade de nutrientes e fluxo de energia; setas tracejadas indicam fluxo mínimo de energia/nutrientes. Organismos cinza claro indicam populações pequenas/instáveis.[efn_note]

1. Credit: Brumbaugh, DR, T Agardy, and F Staub. Introduction to Marine Conservation Biology: Trophic Interactions in a Marine Community (Exercise solutions). Network for Conservation Educators and Practitioners, American Museum of Natural History. 2. Kelp forest by Kip Evans - Published by National Oceanic and Atmospheric Administration at <http://www.photolib.noaa.gov/nurp/nur03505.htm> Licensed under Public domain via Wikimedia Commons - 3. Credit: Ocean Defenders Alliance Sources: 1. <http://ncep.amnh.org/> 2. http://en.wikipedia.org/wiki/Kelp_forest#mediaviewer/File:Kelp_forest.jpg 3. <http://mission-blue.org/2013/11/ghost-gear-a-scary-matter/> [/efn_note]

Serviços Ecosistêmicos

Sem a biodiversidade, não existiriam as propriedades e processos da Terra dos quais a vida humana e não humana dependem. Os cientistas identificam vários benefícios fundamentais da biodiversidade para a vida na Terra. Desde a Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (AEM) de 2005, esses benefícios têm sido comumente referidos como “serviços ecossistêmicos”. No documento AEM – *Ecossistemas e Bem-Estar Humano: Síntese*, esses serviços são divididos em quatro categorias: serviços de provisão, serviços de apoio, serviços culturais e serviços reguladores. (Figura 3).

Leia mais sobre [serviços ecossistêmicos](#).



Source: Millenium Ecosystem Assessment, 2005.

Figura 3: Serviços ecossistêmicos – Os quatro tipos de serviços que os ecossistemas fornecem para apoiar a vida humana e o bem-estar incluem provisões, serviços de apoio, culturais e regulatórios.[efn_note]

Source: Millenium Ecosystem Assessment 2005 [/efn_note]

Os serviços de abastecimento fornecem bens que beneficiam diretamente as pessoas, como alimentos, madeira, plantas medicinais e água doce. Serviços de suporte são processos da natureza essenciais para o funcionamento do ecossistema como um todo. Eles incluem a formação de solos e o ciclo de nutrientes. Serviços culturais são as contribuições educacionais, recreativas, estéticas e espirituais que a natureza fornece para o enriquecimento da vida humana. Serviços de regulação são a gama de funções

desempenhadas por ecossistemas que modulam o clima, decompõem os resíduos, filtram, regam e polinizam as plantas.

A natureza tem valor instrumental para a vida humana. No entanto, ao “usar” a natureza, devemos respeitar sua sustentabilidade. Essa questão é discutida na seção Biodiversidade e Ética adiante.

Os seres humanos são indissociavelmente dependentes da natureza. A manutenção da saúde do ecossistema é essencial para garantir o fornecimento contínuo de serviços ecossistêmicos.

Imagine interconexões que tornam sua vida cotidiana possível – aquelas que você vê, como suas relações com familiares e amigos, e aquelas que você não vê, como as pessoas que trabalham na usina que fornece luz para seu quarto, ou as pessoas que limpam a rua em que você passa para ir para a escola. Agora visite um ecossistema natural em sua comunidade, como um parque, um terreno baldio infestado de plantas, um riacho ou rio, ou uma lagoa ou lago e pergunte a si mesmo:

- Que interconexões neste ecossistema natural tornam a vida possível?
- Que interconexões você pode ver?
- Quais você sabe que existem, mas não pode vê-las?

Como a Biodiversidade Surgiu?

A rica diversidade de vida na Terra surgiu do processo de evolução, definido como a mudança sucessiva de características herdadas e adaptações de populações biológicas de organismos ao longo do tempo. Os principais responsáveis são dois processos, mutação e seleção natural, que atuam em um modelo de mudança ambiental, alguns dos quais causados pela própria vida em evolução.

Mutações

Mutações são mudanças em genes que codificam diferentes características, às vezes resultando em uma variação física diferente daquela característica. As mutações, portanto, são a fonte original de variação nos atributos entre os indivíduos e, por consequência, a causa básica da diversidade genética.

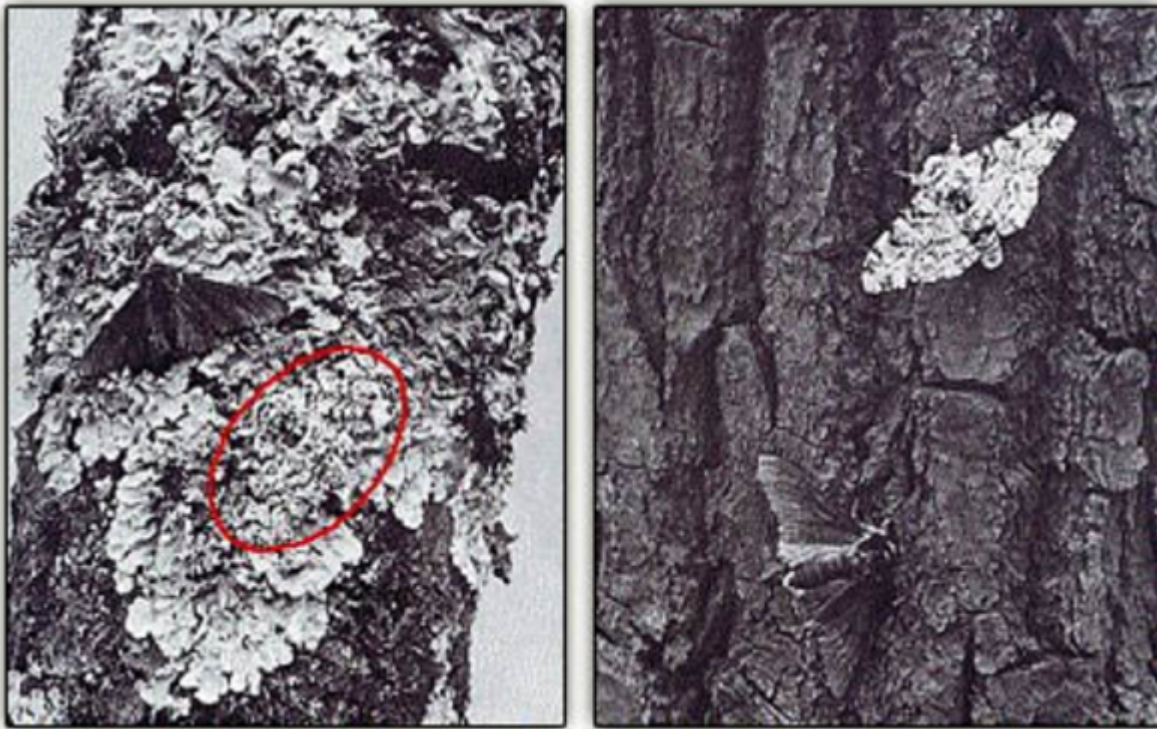


Figura 4: Diferenças específicas do habitat propiciam cores diferentes nas mariposas noturnas de zonas temperadas. Observe a mariposa circulada em vermelho no lado esquerdo.

[efn_note] Kimball's Biology Pages © John W. Kimball, distributed under a Creative Commons Attribution 3.0 Unported (CC BY 3.0) license and made possible by funding from The Saylor Foundation Source: <http://sisu.typepad.com/sisu/pepperedmothslichen.jpg> [/efn_note]

Tais mudanças podem ser benéficas ou prejudiciais, ou podem não influenciar a sobrevivência, dependendo do ambiente. Por exemplo, uma mutação na mariposa *Biston betularia* branca na Inglaterra produziu uma forma de cor escura, que é facilmente vista por predadores sobre o líquen claro nas cascas de árvores, mas bem camuflada em árvores com casca mais escura (Figura 4). Durante a Revolução Industrial, quando o carvão foi queimado como combustível nas residências e indústrias de Londres, a fuligem no ar matou os líquens das cascas de árvores, de modo que a mariposa de cor clara tornou-se vulnerável à predação por pássaros, enquanto a mutante de cor escura tinha uma vantagem competitiva no novo ambiente.

Seleção Natural

Como consequência da diversidade genética, membros de uma determinada espécie diferem um do outro em suas características físicas (fenótipo). Essa variação no fenótipo dentro das espécies permite a ocorrência da seleção natural, um mecanismo de evolução postulado por Charles Darwin em seu [livro](#) *On the Origin of Species: By Means of Natural Selection* (A Origem das Espécies: Por Meio da Seleção Natural), publicado pela primeira vez em 1859.

As populações são sempre compostas de indivíduos de uma espécie que diferem ligeiramente em atributos físicos. Algumas características de certos indivíduos serão mais adequadas a um determinado conjunto de condições ambientais do que outras. Indivíduos com traços favoráveis, conhecidos como

adaptações, são mais propensos a sobreviver, se reproduzir e passar seus genes para seus descendentes. Ao longo de muitas gerações, a porcentagem de indivíduos com características adaptativas aumenta, adequando assim toda a população a um determinado habitat. Portanto, a seleção natural opera sobre a variação genética natural dentro de uma população, selecionando as características que estão melhor adaptadas às pressões ambientais desse habitat.



Figura 5: Exemplos de coloração de camuflagem: a. Borboleta-folha verde, b. Borboleta folha-seca, c. Peixe-morcego, d. Pássaro *Botaurus Lentiginosus* (American Bittern). [efn_note] a. Credit: Remy Snippe b. Credit: User Quartl/CC BY-SA 3.0 c. By Gilles San Martin (Own work) CC-BY-SA-3.0 d. By Msmichellelynn (Own work) CC-BY-SA-3.0 Sources: a. https://www.flickr.com/photos/rs_snippe/6089795516/in/set-72157626768049897/ b. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kallima_inachus_qtl1.jpg c. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20111103_162317_0722M.JPG d. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:American_Bittern_8.jpg [/efn_note]

Camuflagem ou mimetismo é um exemplo de adaptação. Através do processo de seleção natural, muitas

espécies desenvolveram formas e colorações que fornecem camuflagem, seja para serem menos visíveis para os seus predadores ou para a sua própria presa. Borboletas-folha são capazes de se esconder de aves predadoras devido à sua semelhança com uma folha (Figura 5). As borboletas menos parecidas com uma folha são mais propensas a serem comidas por uma ave do que as mais efetivamente camufladas. Com o tempo, a seleção natural reduz a variação entre os indivíduos para manter uma camuflagem eficaz.

Os fatores ambientais que influenciam a sobrevivência e o sucesso reprodutivo de indivíduos com diferentes fenótipos são chamados de pressão seletiva. Eles podem ser abióticos, como mudanças na temperatura ambiente ou no tipo de solo, ou bióticos, como predação ou competição por recursos entre indivíduos.

As atividades humanas também podem resultar em pressões de seleção muito fortes. Por exemplo, o uso de pesticidas para controlar as pragas das colheitas pode rapidamente fazer com que uma espécie de praga desenvolva resistência ao pesticida. As poucas pragas individuais que, por acaso, têm genes que as tornam menos suscetíveis à toxina são os únicos indivíduos que sobrevivem e, portanto, os únicos a passar esses genes para seus descendentes. Assim, através do processo de seleção natural, a população desenvolve resistência a esse pesticida.

Muitas vezes, as mudanças ambientais causadas por seres humanos podem ser rápidas demais para permitir que as espécies se adaptem ao ambiente em mudança e podem levar à extinção. Por exemplo, a introdução acidental da serpente marrom por visitantes humanos na ilha pacífica de Guam, no início dos anos 1950, resultou na extinção de mais de 70% das espécies de aves nativas da ilha, como resultado direto da predação. Muitas espécies foram extintas ou estão ameaçadas de extinção porque a pressão das atividades humanas está alterando o habitat mais rapidamente do que as espécies podem se adaptar.

A extinção de espécies é um problema que afeta o bem comum. Esta questão é discutida na seção Biodiversidade e Ética adiante.

Eventos Evolutivos Importantes na História Planetária

A evolução da vida na Terra tem sido caracterizada pelo aumento contínuo do número de espécies pontuadas por eventos recorrentes e de extinção em massa que reduzem bastante o número de espécies (Figura 1). Esses padrões são influenciados por mudanças biológicas no ambiente, algumas das quais são causadas por atividades da própria vida. Isso inclui atividades humanas, sendo a mais devastadora a atual Extinção em Massa do Antropoceno, o maior evento de extinção da história (discutido mais adiante). Nos últimos 500 anos, as atividades humanas destruíram 25% de todas as espécies de mamíferos, estando um terço de todas as espécies de vertebrados restantes ameaçadas. Outras extinções pré-históricas foram causadas pelo movimento de massas terrestres através da Deriva Continental e do tremendo impacto de meteoros sobre a Terra.

Leia mais sobre a [extinção em massa no Antropoceno](#).

Talvez a inovação biológica mais influente desde o começo da existência da vida tenha sido a evolução da fotossíntese, há cerca de 3,4 bilhões de anos. Ao utilizar o abundante suprimento de gás carbônico (CO_2) em seu ambiente, as espécies que conseguiram foto-sintetizar foram capazes de aproveitar a energia abundante do Sol. Elas usaram essa energia para construir o açúcar, que armazenou a energia em ligações químicas para ser usada posteriormente na construção de moléculas estruturais, como carboidratos, lipídios e proteínas, que contribuem para seu crescimento e reprodução. Curiosamente, o processo de fotossíntese gera oxigênio (O_2) como um produto residual.

Durante dois bilhões de anos, a atividade fotossintética de plantas e algas permitiu que as concentrações de O_2 aumentassem na atmosfera e nos oceanos. Isso levou a mudanças evolutivas extremamente importantes.

Primeiro, permitiu a formação da camada de ozônio (O_3) na Atmosfera superior, que impede a nociva radiação ultravioleta (UV) de alcançar a superfície da Terra. Essa proteção contra os raios UV permitiu que espécies fotossintéticas vivessem em águas mais rasas ou mais próximas da superfície do oceano, onde tinham melhor acesso à luz, fornecendo mais alimentos para espécies não fotossintéticas.

Segundo, permitiu a evolução do processo bioquímico da respiração celular. Através deste processo, que requer o O_2 , um organismo aeróbico pode extrair 18 vezes mais energia química de uma molécula de açúcar do que as anteriores formas de vida anaeróbicas ancestrais. Isso aumentou a eficiência energética e possibilitou a evolução de formas mais complexas de vida, que se transformaram a partir dos primeiros organismos unicelulares em organismos complexos, com células que se diferenciavam para formar tecidos de várias funções, como músculo, osso, nervo, pele, etc.

Mudanças na orientação das massas terrestres pela Deriva Continental afetaram fortemente os padrões de mudança na biodiversidade. Por exemplo, a extinção em massa no final da Era Permiana, há 250 milhões de anos, ocorreu em um momento em que as massas de terra no planeta eram unidas em um único "supercontinente" chamado Pangeia (Figura 6).

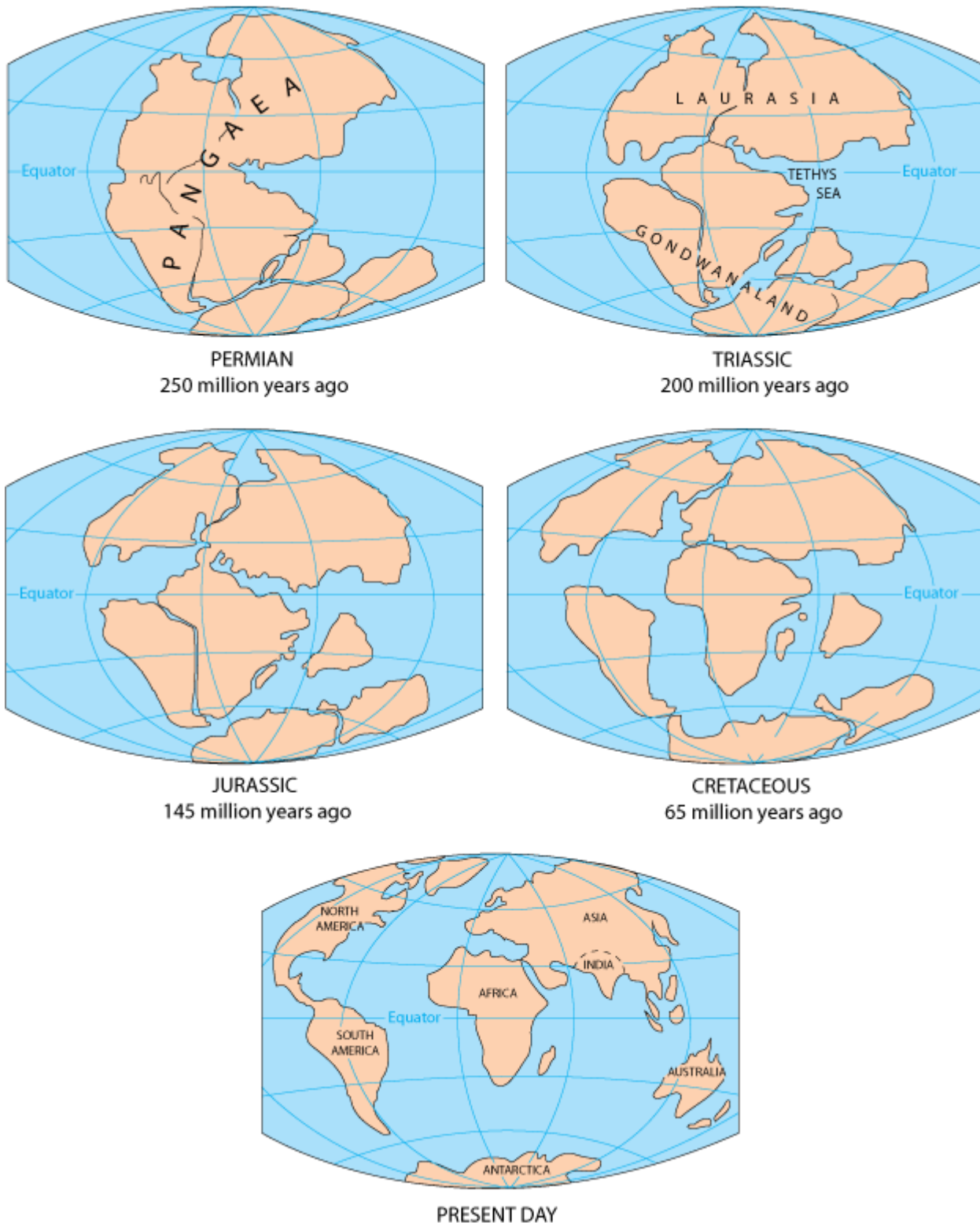


Figura 6: Distribuição das massas de terra em diferentes momentos da história da Terra.

[efn_note]Pangaea Source: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html>[/efn_note]

Durante esse período, as massas terrestres conectadas se estenderam aos polos Norte e Sul, permitindo a formação de calotas polares. Ao mesmo tempo, extensa atividade vulcânica no que é hoje a **Siberia** (mapa #5) cobriu vastas áreas da paisagem com fluxos de lava. Evidências também sugerem que a Terra sofreu um grande impacto de meteoros nesta época. Esta combinação de eventos catastróficos causou a extinção de mais de 90% das espécies marinhas e uma estimativa de 70% das espécies terrestres, a maior perda de espécies em termos percentuais na história da vida na Terra até aquele ponto.

Pense nisso: toda a vida de hoje evoluiu a partir das espécies que sobreviveram a cada evento de extinção em massa. Se um conjunto diferente de espécies tivesse sobrevivido a qualquer um desses eventos evolutivos, a vida na Terra seria muito diferente do que é hoje. Se algum desses eventos tivesse levado à extinção o ancestral do qual descendem os mamíferos, os seres humanos não existiriam.

[Veja](#) como a distribuição das massas de terra mudou nos últimos 260 milhões de anos.

Imagine adaptações que você desejaria em seu corpo e em seu comportamento se vivesse ao ar livre durante todo o ano em um ambiente ártico, com uma temperatura média de -40 a 0°C (-40 a $+ 32^{\circ}\text{F}$).

- Você preferiria ser alto e magro ou baixo e corpulento? Por que?
- Você preferiria um nariz grande ou um nariz pequeno? Por que?
- Você prefere passar horas em uma leitura tranquila ou em caminhadas animadas? Por que?
- Você prefere dormir sozinho ou em grupo? Por que?

[Leia](#) esta fascinante discussão sobre adaptações físicas e culturais do povo Inuit do Ártico.