



KLS

Biogeografia

Biogeografia



Andréia Marega Luz

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Daniela Resende de Faria

Editorial

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Luz, Andréia Marega

L979b Biogeografia / Andréia Marega Luz. – Londrina :

Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

168 p.

ISBN 978-85-522-1363-5

1. Meio ambiente. 2. Sustentabilidade. 3. Biodiversidade.

I. Luz, Andréia Marega. II. Título.

CDD 574

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 — Londrina — PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1

Introdução aos estudos da biogeografia 7

Seção 1.1

Desenvolvimento histórico do conhecimento biogeográfico 9

Seção 1.2

Os fatores ecológicos e a distribuição dos seres vivos 21

Seção 1.3

Ecologia de ecossistemas e a biogeografia..... 33

Unidade 2

Especiação e distribuição das espécies 45

Seção 2.1

Processos de especiação e respostas evolutivas 46

Seção 2.2

Coevolução dos ambientes e dos seres vivos 56

Seção 2.3

Padrões de distribuição e riqueza de espécies 68

Unidade 3

Unidades biogeográficas..... 81

Seção 3.1

As principais formações vegetacionais no mundo..... 82

Seção 3.2

As principais formações vegetacionais no Brasil..... 94

Seção 3.3

Paisagens biogeográficas..... 106

Unidade 4

Biogeografia aquática e insular..... 121

Seção 4.1

Diversidade de espécies em habitats aquáticos e continentais 123

Seção 4.2

Construção e evolução das comunidades insulares..... 138

Seção 4.3

Biogeografia e conservação 152

Palavras do autor

Prezado aluno,

Bem-vindo à disciplina de *Biogeografia!* Ela tem como foco o estudo dos padrões de distribuição geográfica dos seres vivos, que resultam das interações entre a evolução biológica e a tectônica de placas. Para interpretar esses padrões e interações, é preciso navegar sobre muitas áreas distintas das ciências, tais como evolução, taxonomia, ecologia, geologia, paleontologia e climatologia, por exemplo.

Você verá que a biogeografia tem um papel importante na investigação dos prováveis resultados das mudanças climáticas e, conseqüentemente, nos estudos sobre as maneiras de reduzir os seus efeitos. Por isso, a biogeografia tem grande relevância no entendimento da relação sociedade/natureza, podendo fornecer elementos para o uso racional dos recursos naturais e para a conservação da biodiversidade.

Para tanto, na primeira unidade de ensino são apresentados o desenvolvimento histórico do conhecimento biogeográfico, como os fatores ecológicos atuam na distribuição dos seres vivos e quais os pressupostos ecológicos indispensáveis para o entendimento da biogeografia. Dessa forma, você conhecerá os precursores dessa disciplina, a história geológica dos continentes e, compreenderá a influência dos fatores bióticos e abióticos na distribuição dos seres vivos.

Na Unidade 2 serão estudados os processos e padrões de especiação, ou seja, do surgimento de novas espécies, quais as respostas evolutivas, a coevolução dos ambientes e dos seres vivos e os padrões de distribuição e riqueza de espécies. Assim, você entenderá os mecanismos de mudanças evolutivas, tais como a mutação, a migração, a deriva genética e a seleção natural.

Na Unidade 3 você utilizará o conhecimento construído até o momento para embasar o estudo das unidades biogeográficas, as principais formações vegetacionais no mundo e no Brasil, destacando também as regiões faunísticas, fitogeográficas e as regiões especiais.

Por fim, na Unidade 4 serão estudados conteúdos relativos à biogeografia aquática e insular, na qual abordaremos a diversidade de espécies em ambientes aquáticos e como ocorre a construção e evolução das comunidades insulares. Estudaremos também sobre biogeografia e conservação, destacando a introdução de espécies exóticas e seus impactos além dos efeitos da ação antrópica sobre a distribuição das doenças parasitárias humanas.

Vamos juntos mergulhar no universo da distribuição dos seres vivos no planeta Terra para conhecer a conservação da biodiversidade e o uso racional dos recursos naturais, evidenciando a sua importância não apenas na geografia, mas na ciência e na sociedade. Bons estudos!

Unidade 1

Introdução aos estudos da biogeografia

Convite ao estudo

Caro aluno,

A primeira unidade de ensino, *Introdução aos estudos da biogeografia*, apresenta a história da biogeografia, seus precursores e a história geológica dos continentes, abordando também os fatores ecológicos e suas relações com a distribuição dos seres vivos. Você já deve ter se questionado e/ou refletido, por exemplo, por que não existem elefantes e leões no Brasil, ou por que só existem cangurus na Austrália? Além disso, você já parou para pensar por que as pombas estão por toda parte? Pois bem, ao final desta primeira unidade você começará a compreender quais os fatores estão relacionados com a distribuição geográfica e com a diversidade de espécies em determinadas regiões.

O estudo desta unidade permitirá o desenvolvimento das competências essenciais, que envolvem a compreensão das principais etapas e dos processos da evolução da vida na terra e a sua relação a fatores pretéritos e contemporâneos associados à distribuição atual dos seres vivos. Dessa forma, você conhecerá os aspectos históricos da biogeografia, de que forma os fatores ecológicos influenciam a distribuição dos seres vivos e como a ecologia se integra à biogeografia. Nesse sentido, imagine que você foi convidado para ministrar um curso de aperfeiçoamento teórico e prático sobre Introdução à Biogeografia. Seu público-alvo são professores que atuam na Educação Básica, com foco no Ensino Fundamental II (séries finais) e no Ensino Médio.

Você compreende a importância de se conhecer a história da biogeografia e quem foram os seus precursores? Entende a necessidade de conhecer a história geológica dos continentes e de que forma os fatores ecológicos influenciam na distribuição dos seres vivos? Vamos juntos conhecer todos os detalhes e conceitos que auxiliarão em sua atividade de ministrar um curso.

Como você já deve ter notado, os conhecimentos da área de biogeografia se integram e se apoiam em importantes ramos, como a ecologia e a climatologia, utilizadas no estudo das relações dos seres vivos entre si ou com o meio onde vivem e na ciência que se dedica ao estudo dos diferentes climas, investigando os seus fenômenos e influências, sobretudo sobre os seres vivos. Tais conhecimentos são aplicados no diagnóstico da interferência humana

sobre o meio ambiente, permitindo assim, construir cenários futuros, contribuindo para preservação e conservação de áreas e espécies.

Desenvolvimento histórico do conhecimento biogeográfico

Diálogo aberto

Durante o período das grandes expedições, no século XVI, os viajantes começaram a perceber a existência de espécies muito diferentes em outros continentes, bem como espécies semelhantes às encontradas na Europa. Desde então, o homem busca entender e explicar a distribuição geográfica de animais e plantas. Assim, a disciplina *Biogeografia* é desenvolvida e construída a partir da tentativa de compreender e explicar os padrões de distribuição geográfica dos seres vivos.

A Biogeografia é trabalhada na Educação Básica como parte integrante da componente curricular de Geografia. Porém, a Biogeografia navega por diferentes áreas da ciência, como evolução, Geologia, Ecologia, Climatologia, entre outras. Isso pode gerar algum tipo de dificuldade por parte dos professores em trabalhar um conteúdo tão vasto.

Sendo assim, retomemos nossa ideia de que você participa de um curso de aperfeiçoamento teórico e prático sobre Introdução à Biogeografia, voltado para professores que atuam no Ensino Fundamental II (sexto ao nono ano) e no Ensino Médio. Como critério de avaliação, ao final do curso, você e os demais cursistas deverão apresentar um plano de aula voltado para o Ensino Médio e que aborde os conteúdos estudados. No primeiro módulo foi apresentado o desenvolvimento histórico do conhecimento biogeográfico, no qual o professor explicou que os padrões em Biogeografia são o resultado das interações entre duas grandes forças no nosso planeta: a evolução biológica e a tectônica de placas. Contudo, para interpretá-las, precisamos entender muitas outras áreas das ciências. Porém, a partir dessa fala do professor, algumas dúvidas sobre a origem da biogeografia foram levantadas, já que ela se relaciona com tantas outras ciências. O professor do curso explanava sobre as viagens que ocorriam a bordo dos navios em busca da exploração de novos continentes. Nessas viagens era comum ter a presença de pesquisadores, botânicos, zoólogos e naturalistas. Para tanto, você trouxe alguns relatos desses exploradores: Buffon foi o primeiro a perceber que diferentes regiões do mundo continham agrupamentos de organismos diferentes. Já Forster observou que a Lei de Buffon se aplicava às plantas e animais, a qualquer região do mundo que estivesse separada de outras por barreiras geográficas ou climáticas. Anos depois, Darwin observou nas Ilhas Galápagos diferentes nichos ocupados por tipos de aves, os tentilhões, muito

distintas e sem relação entre si. Porém, em um determinado momento, um colega questionou o porquê da origem da biogeografia, já que existiam outras ciências. Nessa perspectiva, qual seria o contexto de gênese desta nova ciência? Por que ela é tão importante atualmente? Quais as principais contribuições dos precursores do conhecimento biogeográfico?

Os conteúdos que estudaremos a seguir constituem o alicerce para o estudo da Biogeografia, sem eles não será possível construir um conhecimento sólido a respeito da distribuição dos seres vivos no planeta Terra. Para conhecer um pouco mais a respeito dessa disciplina, convidamos você a adentrar neste estudo fascinante, portanto, empenhe-se e dedique-se a estudar sobre o assunto.

Bons estudos!

Não pode faltar

Todos nós temos uma coisa em comum, que é o fato de compartilharmos o mesmo planeta. Porém, você já parou para pensar o quão impressionante é a diversidade de organismos nele contida? O que explica essa diversidade e os padrões de distribuição das espécies sobre a superfície do planeta? A disciplina que se dedica ao estudo da distribuição dos organismos no espaço e no tempo é a Biogeografia, porém, de forma integrada à outras ciências. Dessa forma, essa ciência é multidisciplinar com uma história extensa, a qual estudaremos ao longo desta seção.

A crença predominante até meados do século XVIII se fundamentava no criacionismo e em fatos correlacionados, como o dilúvio e a arca de Noé. Foi nessa época em que a Biogeografia se constituiu, visto que, aos poucos, essa visão foi substituída pela percepção de que tanto o mundo vivo como o planeta em que habitamos estão em constante mutação.

Nesse contexto, em 1753, Carl Nilsson Linneaus (em português Carlos Lineu, 1707-1778), cientista na área de ciências naturais, começou a nomear e descrever animais e plantas do mundo, partindo do pressuposto que cada um se originava de uma espécie imutável, criada por Deus. Contudo, ele descobriu que havia espécies que possuíam características não tão constantes e nem tão imutáveis quanto ele esperava. Essa descoberta o deixou perplexo, mas ele aceitou.

Em seguida, Lineu se deparou com outro questionamento, visto que, de acordo com a Bíblia, o mundo teria sido totalmente coberto pelo grande dilúvio, de tal forma que todos os animais e plantas que existem hoje deveriam ter se espalhado a partir do ponto em que a arca de Noé atracou. Diante disso,

Lineu sugeriu em suas anotações que os diferentes ambientes encontrados em diversas altitudes teriam sido colonizados por animais da arca, à medida que as águas recuavam, descobrindo novos fragmentos de terra. Na época, o cientista registrou em qual tipo de ambiente cada espécie fora encontrada, mas não sintetizou essas observações na descrição de grupos de fauna e flora dos diferentes continentes ou regiões. Foi este contexto que viabilizou a origem da Biogeografia ecológica.

O naturalista Georges Buffon (1707-1788) foi o primeiro a perceber que diferentes regiões do mundo continham agrupamentos de organismos diferentes ao observar que muitos mamíferos da América do Norte, tais como ursos, cervos, esquilos, também eram encontrados na Eurásia. Diante disso, salientou que eles só poderiam ter se deslocado entre esses dois continentes através do Alasca. Sendo assim, Buffon sugeriu que os dois continentes teriam sido, em algum momento, adjacentes ou contínuos, e que os diferentes mamíferos se dispersaram em busca de áreas mais adequadas à sua sobrevivência. Essas observações sobre os mamíferos se estenderam a outros animais e às plantas, ficando conhecidas como Lei de Buffon.



Assimile

A Lei de Buffon diz que as diferentes espécies vegetais e animais habitam diferentes regiões da superfície do planeta, apesar de compartilhar de algumas condições. De uma forma geral, as observações de Buffon indicam que os padrões de distribuição possuem causas históricas, ou seja, ou os seres vivos surgiram naquela área ou vieram de outro lugar.

À medida que os exploradores e naturalistas revelavam mais e mais do mundo, também se ampliavam os horizontes da própria Biogeografia. O navegador britânico James Cook (1728-1779), em sua segunda viagem ao redor do mundo, entre 1772 e 1775, levou consigo o botânico Joseph Banks (1743-1820) e o alemão Johann Reinhold Forster (1729-1787). Durante a viagem, além de coletarem espécies de plantas e animais, Forster observou que a Lei de Buffon se aplicava às plantas e animais a qualquer região do mundo que estivesse separada de outras por barreiras geográficas ou climáticas. Além disso, observou que havia mais espécies de plantas próximas ao Equador, e que esse número diminuía progressivamente em quantidade à medida que se caminhava em direção aos polos. Essas foram as primeiras observações da Biogeografia insular, que será estudada posteriormente.

Esses naturalistas se esforçaram muito para explicar a existência de todas essas floras distintas. No entanto, a explicação mais plausível foi a do botânico alemão Karl Willdenow (1765-1812), que em 1792 propôs a

existência de um único momento de criação deflagrado simultaneamente em vários lugares. Mesmo com livro publicado sobre isso, foi outro alemão que ganhou o reconhecimento de fundador da biogeografia das plantas, o botânico Alexander von Humboldt (1769-1859). A expedição de Humboldt à América do Sul ocorreu entre 1799 e 1804. Nela, ele observou que a vida vegetal na montanha apresentava um zoneamento de acordo com a altitude, muito similar à variação em latitude descrita por Forster. Na época, Humboldt empregou o termo “associação” para descrever os grupos de plantas que caracterizavam cada uma dessas zonas biológicas. Hoje, nós conhecemos essas zonas como biomas.

A obra de Humboldt teve continuidade com o botânico Augustin de Candolle (1778-1841), que publicou um artigo admitindo as formas de dispersão de Linneu e Humboldt, mas ponderando que a água, o vento e os animais poderiam ter dispersado as plantas até que encontrassem barreiras, como o mar, desertos ou montanhas. Candolle criou o termo “endemismo”, além de ter definido mais de 20 regiões, as regiões biogeográficas. Contudo, Candolle não deixou nenhum mapa que evidenciasse as suas observações.

Já no final do século XVII, com a Revolução Francesa de 1789, houve um grande fomento à ciência na França. Nesse cenário, foi inaugurado o Museu Nacional de História Natural e um dos contratados era Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), que sugeriu que os organismos inferiores poderiam, gradualmente, mudar para formas superiores devido a tendência, inerente à vida de se aprimorar. Contudo, as ideias de Lamarck foram combatidas pelo pesquisador, também do museu, Georges Cuvier (1769-1832), fundador da ciência da anatomia comparada. Sendo assim, a partir de seus estudos anatômicos, Cuvier sugeriu que os organismos eram adaptados ao ambiente em que existiam, ou seja, era contrário à Lamarck e à evolução.



Pesquise mais

Para conhecer um pouco mais sobre os principais precursores da Biogeografia, sugere-se a leitura do artigo de Cristiane Barreto. Nele, ela faz uma resenha do livro *História da biogeografia: do Gênesis à metade do século XIX*. Trata-se de uma leitura prazerosa e sucinta sobre a história desta ciência tão fascinante.

BARRETO, C. Entre dogmas e pesquisas: um elo na construção de uma ciência. **História, Ciência e Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 1061-1064, set. 2014.

O livro traz como assunto central as explicações e contribuições dos

naturalistas sobre como e por que animais e plantas estão onde estão na superfície do planeta Terra, contribuições estas geradas antes do paradigma evolutivo.

Já no século XVIII, com o fim das guerras e as mudanças enfrentadas pela sociedade inglesa, as novas ideias sobre evolução foram consideradas como armas da classe média para conseguir entrar na universidade. Nesse contexto, no início do século XIX, a evolução era vista como uma ideia indigna, que poderia instaurar a anarquia sobre a sociedade. Por isso, o jovem Charles Darwin (1809-1882) relutou em publicar suas ideias, uma vez que, ao tentar interpretar os padrões de vida, percebeu que só poderia explicá-los a partir da evolução.

Durante uma longa viagem para levantar as costas da América do Sul, Darwin observou nas Ilhas Galápagos diferentes nichos ocupados por tipos de aves, os tentilhões, muito distintas e sem relação entre si. Assim, tudo levava a crer que os tentilhões se adaptavam a dietas e modos de vida normalmente não disponíveis para eles. Darwin também encontrou fósseis de preguiças, tatu e guanaco (ancestral da lhama) na América do Sul. Contudo, estes representados por fósseis muito maiores que as suas formas vivas, mas nitidamente muito semelhantes a elas. Assim, a ideia de que as espécies vivas descendiam de espécies fósseis era uma explicação plausível e contradizia a visão de fruto da criação, fixo e imutável. Foi a partir dessas observações que Darwin publicou em 1859 a explicação até hoje aceita, de que os descendentes competem entre si e não são idênticos uns aos outros, possuindo leves variações em suas características, que se mostram ou não, mais bem ajustadas ao modo de vida. Assim, os descendentes que possuírem essas características favoráveis terão uma vantagem natural na competição pela vida, e, por meio de sua sobrevivência e eventual acasalamento, esse processo de seleção natural proporcionará a manutenção dessas características às novas gerações.

Após os estudos de Darwin, o botânico Adolf Engler (1844-1930) foi o primeiro a produzir um planisfério detalhado e compreensível, mostrando os limites de distribuição de floras em quatro regiões distintas. Paralelamente, a zoogeografia representada pelo ornitólogo Philip Sclater (1829-1913) mostrou seis regiões de distribuição, diferentemente das plantas, visto que os animais de sangue quente (aves e mamíferos) não apresentavam uma forte correlação com a ecologia local.

O esquema de Sclater foi aceito pelo maior zoogeógrafo do século XIX, Alfred Russel Wallace (1823-1913), que passou a vida colecionando peles de aves, borboletas e besouros. Suas coleções levaram-no a se interessar por seus

padrões de distribuição, a ponto de expandir o sistema de Sclater incluindo a distribuição de mamíferos e outros vertebrados. Wallace observou que a única área que possuía superposição significativa entre faunas de regiões adjacentes era na cadeia de ilha das Índias Orientais, entre a Ásia e a Austrália, a inesperada e abrupta linha de demarcação norte-sul que separava as ilhas mais ocidentais e que possuíam uma fauna oriental daquelas ao leste que possuíam fauna australiana. O mapa de Wallace e a “Linha” ainda são amplamente aceitos por zoogeógrafos.

Figura 1.1 | Mapa da Wallace: a “linha”



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Wallace_map_archipelago.jpg. Acesso em: 3 out. 2018.

Depois das contribuições de Darwin e Wallace, o botânico Joseph Hooker (1817-1911) postulou que as semelhanças entre plantas e animais, tanto dos continentes austrais separados como os da Índia, só poderiam ser explicadas pelo fato de eles terem sido conectados algum dia, ou por estreitas pontes terrestres ou por largas faixas de terra seca, através dos atuais oceanos Atlântico e Índico. Contudo, como não haviam evidências geológicas, portanto, a teoria não foi aceita naquela época (final do século XIX).

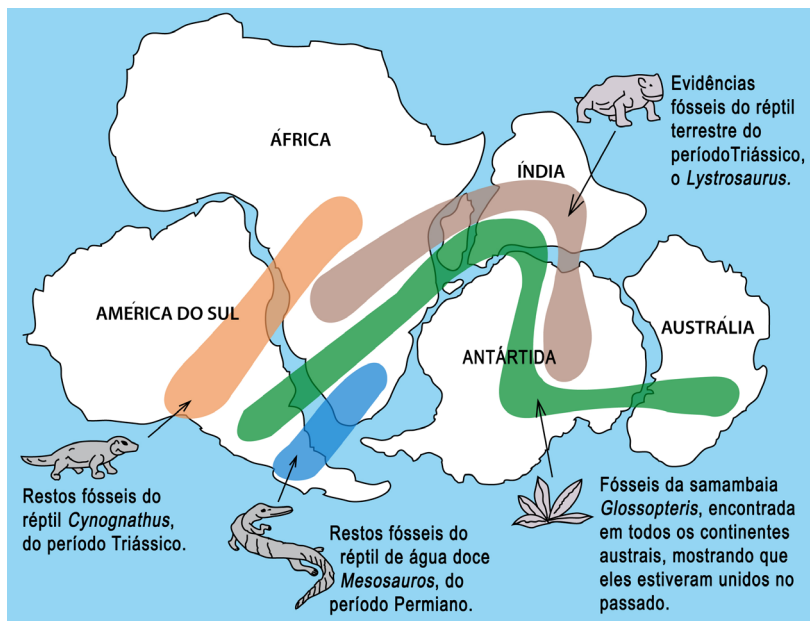
Entretanto, outros exemplos de padrões de distribuição deixaram os pesquisadores daquela época intrigados, sobretudo o meteorologista e geógrafo alemão Alfred Wegener (1880-1930). Um dos padrões que deixaram os pesquisadores curiosos foi o fato de que há 300 milhões de anos, a planta *Glossopteris* existia na África, Austrália, Antártida, sul da América do Sul e mais surpreendentemente, na Índia. Na época, foi proposta uma ligação para todas essas áreas, também pelo fato de elas conterem depósitos de carvão mineral e traços de uma grande glaciação. Todos esses fatos, associados ao recorte litorâneo das costas das Américas, Europa e África e às semelhanças

na natureza das rochas, conduziram Wegener a postular a sua teoria da deriva continental, em 1912. Ele propôs que todos os continentes atuais foram originalmente parte de um único supercontinente, a Pangeia. Porém, Wegener não conseguia explicar qual mecanismo provocou a fragmentação e o movimento dos continentes, por isso suas proposições não foram aceitas.

Somente em 1960 que novas descobertas sustentaram com provas as teorias de Wegener, como o estudo paleomagnético das rochas e do assoalho oceânico. Esses estudos revelaram um sistema de cadeias de montanhas vulcânicas marinhas chamadas de dorsais, além de outro sistema de profundas depressões, as “fossas”, que ficam ao redor das bordas do Oceano Pacífico. Nas dorsais um novo assoalho se forma à medida que as regiões se afastam e nas fossas, o assoalho oceânico é consumido, desaparecendo no interior da Terra. Como resultado de tudo isso, a superfície da Terra é dividida por uma quantidade de áreas conhecidas como “placas”, que podem conter continentes e partes de oceanos ou apenas de assoalho oceânico. Além disso, essas placas se movimentam sobre a astenosfera devido às correntes de convecção, que se constituem em um tipo de transmissão de energia térmica, proveniente do movimento das massas fluidas que se deslocam devido à diferença de densidade dos fluidos.

Mas, você deve estar se perguntando qual a importância da teoria da tectônica de placas para a distribuição geográfica, não é mesmo? A aceitação dessa teoria foi essencial para o entendimento de que as biotas contínuas do início da era Mesozoica fragmentaram-se de forma gradual e progressiva com a quebra do supercontinente Pangeia. Isso foi evidenciado a partir dos registros fósseis, uma vez que táxons (conjunto de espécies) extintos apresentam registros fósseis em concordância com a posição dos continentes, sendo eles: vertebrados tetrápodes *Lystrosaurus* (Synapsida), *Mesosaurus* (Reptilia) e *Cynognathus* (Reptilia), e as pteridófitas extintas do gênero *Glossopteris*, representados na Figura 1.2.

Figura 1.2 | Registro fóssil e tectônica de placas



Fonte: adaptada de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Snider-Pellegrini_Wegener_fossil_map-01.png. Acesso em: 3 out. 2018.

Dessa forma, após a separação do supercontinente, no Jurássico e Cretáceo, as espécies ou grupos que surgiam nessas épocas tinham uma distribuição mais restrita, possibilitando mudanças na biota ao longo do tempo geológico. É importante refletir que não foi apenas a fragmentação dos continentes que provou mudanças na biota e nos táxons do passado evolutivo até o presente momento. Os continentes se movimentam de forma lenta, apenas de 5 a 10 centímetros por ano) e, por isso, qualquer mudança também é gradual. Contudo, o movimento dos continentes ocasionou a disposição de diferentes áreas nas regiões gélidas polares, nas regiões temperadas frias e úmidas, nas regiões subtropicais secas, ou nas regiões equatoriais quentes e úmidas. Ou seja, a deriva também afeta o clima nos continentes devido a distância dos oceanos, ao surgimento de novas montanhas e a movimentação dos ventos.

Nessa perspectiva, sobre os movimentos dos continentes e dos tempos dos diferentes episódios de fragmentação ou união continental, encontra-se a distribuição dos organismos. Os padrões de distribuição de animais e plantas são controlados principalmente pelos padrões geográficos, tais como posição dos oceanos, das montanhas e dos desertos e por padrões climáticos. Esses padrões foram diferentes no passado, devido à deriva continental, logo os padrões de distribuição também foram diferentes.

O tempo mais remoto para o qual existem evidências para a diferenciação dos padrões biológicos é o Devoniano Inferior, há 380 milhões de anos. A partir dessa época, plantas e animais vertebrados colonizaram áreas terrestres, além disso, a região equatorial passou a ter florestas tropicais úmidas com calotas de gelo nos polos. Os répteis evoluíram, dispersaram-se e se diversificaram à medida que os continentes se moviam. A distribuição dos dinossauros mostra evidências da presença de duas grandes massas terrestres no Hemisfério Norte, na Asiamérica e na Euramérica.



Exemplificando

A Asiamérica foi uma grande ilha formada a partir de uma porção de terra que se separou da Laurásia. Na época, essa região integrava o que hoje é a Mongólia, a China, o oeste do Canadá e dos Estados Unidos. O mais interessante é que essa ilha voltará a existir daqui a cerca de 50 milhões de anos, devido ao movimento das placas tectônicas!

Já no Cretáceo Superior e no Cenozoico Inferior, devido ao clima mais quente do que hoje, os organismos se dispersaram por rotas de alta latitudes, que hoje já não permitem esse deslocamento, fechadas pelas mudanças climáticas e pela separação dos continentes. Esse fato levou à diferenciação de diversos grupos de mamíferos nesses novos continentes. Além disso, essas mudanças climáticas propiciaram modificações na flora, uma vez que a aridez provocou a substituição de florestas por cerrado e, conseqüentemente, transformou a fauna de mamíferos que ali viviam.



Refleta

Os padrões geográficos e climáticos determinam os padrões de distribuição dos organismos na superfície do planeta desde tempos remotos. As mudanças climáticas vivenciadas hoje estão afetando a distribuição dos organismos? Você acredita que novas espécies possam surgir nesse contexto? Outras espécies podem se extinguir?

Desde então, os biogeógrafos reconhecem diferentes padrões de distribuição geográfica e buscam compreender a distribuição dos organismos na superfície do planeta. Contudo, o estudo da biogeografia é complexo e permeado por diferentes áreas da ciência, como você já pôde perceber. Diante do exposto, agora que você já sabe o contexto histórico do desenvolvimento da biogeografia, é possível compreender a divisão fundamental

existente nessa disciplina, que se dá entre os aspectos ecológicos e históricos. A biogeografia ecológica “aborda questões que envolvem períodos de curta duração, em áreas internas a habitats ou continentes e, essencialmente, com espécies e subespécies de animais e plantas vivos” (COX; MOORE, 2014, p. 15). Já a biogeografia histórica “aborda questões que envolvem períodos de longa duração, intervalos de tempo evolucionários, em grandes áreas, frequentemente globais, com taxa em nível superior ao de espécie e taxa que estão extintas” (COX; MOORE, 2014, p. 15).

Sendo assim, a biogeografia histórica relaciona a distribuição atual das espécies com eventos ocorridos no passado, tais como a deriva continental e leva em consideração fatores contemporâneos, como as interações intraespecíficas e interespecíficas, bem como a atuação de fatores abióticos (água, luz, temperatura, solo, entre outros) para explicar a distribuição atual das espécies no globo terrestre. Embora pareçam conflitantes, as divisões da biogeografia devem ser consideradas para a correta compreensão dos padrões de distribuição dos seres vivos no planeta.

Ao final do nosso estudo sobre o contexto histórico da biogeografia, percebemos que a Terra sofreu várias modificações ao longo de sua história, sobretudo a partir da Teoria da Deriva Continental e das várias mudanças climáticas que influenciaram o padrão de distribuição dos seres vivos. Esse estudo é a base para o conhecimento dos conteúdos que serão abordados daqui para frente, por isso, sugerimos que você retome a leitura, destacando sobre a contribuição de cada pesquisador para o estudo da biogeografia.

Sem medo de errar

A comunidade de professores que ministram aulas de Geografia vê com satisfação cursos de aperfeiçoamento sobre biogeografia, por ser uma disciplina não muito próxima da formação do geógrafo e por se tratar de uma ciência multidisciplinar.

Vamos retomar a ideia de que você participa de um curso de aperfeiçoamento sobre Introdução à Biogeografia, cujo critério de avaliação é a apresentação de um plano de aula voltado para o Ensino Médio. Após a explanação dos conteúdos do primeiro módulo, surgiram dúvidas sobre o contexto histórico da disciplina sobre a contribuição dos precursores, já que esta aborda tantas outras ciências. O professor do curso explanava sobre as viagens que ocorriam a bordo dos navios em busca da exploração de novos continentes. Nessas viagens os pesquisadores, botânicos, zoólogos e naturalistas da época faziam suas investigações, pesquisas e anotações. Para tanto, você trouxe alguns relatos desses exploradores: Buffon foi o primeiro a perceber

que diferentes regiões do mundo continham agrupamentos de organismos diferentes. Já Forster observou que a Lei de Buffon se aplicava às plantas e animais e a qualquer região do mundo que estivesse separada de outras por barreiras geográficas ou climáticas. Anos depois, Darwin observou nas Ilhas Galápagos diferentes nichos ocupados por tipos de aves, os tentilhões, muito distintas e sem relação entre si. Contudo, se já existiam ciências como a zoologia e botânica, como ocorreu o surgimento da biogeografia? Por que ela é tão importante atualmente? Quais as principais contribuições dos precursores do conhecimento biogeográfico?

Para a elaboração do plano de aula, é preciso fazer uma breve introdução a fim de contextualizar a aula a partir da apresentação de imagens dos cientistas precursores da biogeografia. Nela, mencione que o desenvolvimento da biogeografia se deu a partir de observações e estudos de naturalistas e pesquisadores durante as expedições para desbravar os oceanos e novos continentes. Além disso, deve recordar que a biogeografia nasce da quebra de um paradigma, uma vez que os seus precursores começaram a questionar a origem divina dos organismos, bem como sua natureza imutável. Debata sobre a quebra de paradigmas apresentando as observações feitas pelos naturalistas. Para isso, você pode mostrar fotos e vídeos que apresentem conteúdo sobre os precursores, como Buffon, Forster, Darwin, Engler, entre outros. Por fim, mostre que a biogeografia é uma ciência que navega entre diferentes áreas da ciência, como climatologia, paleontologia, ecologia, evolução, entre tantas outras.

A resolução desta situação-problema é de grande relevância, visto que, ao elaborar o plano de aula contemplando os questionamentos dos seus colegas e os pontos mais relevantes do conteúdo desta seção, você irá compreender a importância da biogeografia e terá maior embasamento para lidar com essas questões em sua vida profissional. Por isso, sugerimos que o plano de aula seja elaborado de forma dinâmica, por exemplo criando uma linha do tempo.

Faça valer a pena

1. Alexander von Humboldt, foi um geógrafo, naturalista e explorador nascido na Prússia, atual Alemanha. Sua expedição à América do Sul ocorreu entre 1799 e 1804. Nela ele observou que a vida vegetal na montanha apresentava um zoneamento de acordo com a altitude, muito similar à variação em latitude descrita por Forster.

Na época, Humboldt empregou o termo “associação” para descrever os grupos de plantas que caracterizavam cada uma dessas zonas biológicas que hoje conhecemos como:

- a) Bioma.
- b) Ecossistema.
- c) Biosfera.
- d) População.
- e) Comunidade.

2. Há 300 milhões de anos, a planta do gênero *Glossopteris* existia na África, Austrália, Antártida, sul da América do Sul e mais surpreendentemente, na Índia. A descoberta dessa distribuição intrigou os pesquisadores no final do século XIX. Este gênero é o maior e mais conhecido da extinta ordem de samambaias.

A distribuição da *Glossopteris* foi um dos fatores que contribuíram para a proposição da:

- a) Teoria de Darwin.
- b) Teoria da Tectônica de Placas.
- c) Teoria da Deriva Continental.
- d) Lei de Buffon.
- e) Teoria de Lamarck.

3. O movimento dos continentes, após a separação do supercontinente Pangea, ocasionou a disposição de diferentes áreas nas regiões gélidas polares, nas regiões temperadas frias e úmidas, nas regiões subtropicais secas e nas regiões equatoriais quentes e úmidas.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta sobre a distribuição dos organismos.

- a) Os padrões de distribuição dos organismos são controlados apenas por padrões geográficos.
- b) Os padrões de distribuição dos organismos são controlados apenas por padrões climáticos.
- c) O clima tem pouca influência na distribuição dos organismos, pois suas mudanças são graduais e a longo prazo.
- d) Os padrões de distribuição dos organismos são controlados por padrões geográficos e climáticos.
- e) A distribuição geográfica dos organismos não sofre influência das interações entre os seres vivos.

Os fatores ecológicos e a distribuição dos seres vivos

Diálogo aberto

Caro aluno, nosso planeta é dinâmico e sua superfície não é estática, ou seja, está em constante movimento. Mesmo que este não seja, muitas vezes, perceptível para nós, podemos dizer que os continentes são ilhas de rocha que flutuam sobre o material mais denso do interior da Terra, devido às correntes de convecção. As posições dos continentes e das grandes bacias oceânicas influenciam profundamente os padrões climáticos. Além disso, a deriva continental cria e quebra barreiras à dispersão dos organismos.

Assim, vamos retomar a sua participação em um curso de aperfeiçoamento sobre Introdução à Biogeografia, voltado para os professores que atuam na Educação Básica, assim como você. O curso foi dividido em três módulos, sendo que na Seção 1 você estudou os aspectos históricos e quais foram os cientistas precursores da Biogeografia. Agora, na Seção 2 serão abordados os fatores ecológicos que influenciam na distribuição dos seres vivos. Durante a aula de campo, você observou que nos locais onde há maior incidência solar, as espécies vegetais são diferentes das espécies que se encontram em áreas de sombra. Nesse sentido, a babosa (*Aloe vera*) está distribuída onde há incidência solar direta, enquanto os musgos, em áreas de sombra.

A partir dessa e de outras observações, é sabido que os fatores ecológicos (bióticos e abióticos) atuam na distribuição dos seres vivos e, sendo assim, o professor do curso questionou sobre a influência da incidência solar sob as espécies. Além disso, o que dizer sobre a demanda de água, já que as espécies apresentam diferentes necessidades para sobreviver (pense na pluviosidade do local)? Qual a estação do ano em que elas aparecem ou florescem?

A partir da observação da distribuição da babosa e dos musgos em uma praça, você se questionou sobre quais os fatores ecológicos atuam sobre essas diferentes espécies vegetais. Analisando a situação simulada pelo professor do curso, como você explicaria o fato de algumas espécies sofrerem grande influência da incidência solar e outras espécies não? Assim, seu desafio é pensar em como conduzir a sua aula de campo de forma a responder adequadamente aos questionamentos e às problematizações colocadas. Vamos lá? Bons estudos!

Caro aluno, você já pensou na quantidade de formas de vida diferentes que existem, por exemplo, em uma floresta tropical ou no oceano? Imagine que você está em uma trilha em meio à Mata Atlântica. Pense nas várias espécies de aves, árvores, fungos, répteis, sem falar nos insetos. Agora imagine que você está mergulhando na costa brasileira em meio a uma região de recifes de corais. Com certeza você está fascinado com a diversidade de cores e formas dos corais, além da diversidade de peixes, não é mesmo?

Essa grande diversidade de espécies da qual estamos falando é apenas uma parte da biodiversidade que pode ser encontrada na Terra! Toda essa diversidade de vida está espalhada por toda a superfície terrestre e as causas dessa distribuição são atribuídas a fatores históricos, estudados anteriormente, e/ou ecológicos, que estudaremos agora.

Entre os fatores ecológicos, destacamos os elementos abióticos como as condições de pH do solo, quantidade de nutrientes minerais, teor de oxigênio e gás carbônico na atmosfera, presença de água e o clima, grande influenciador da distribuição e diversificação das espécies.

Além dos elementos ambientais, envolvidos na distribuição de espécies no ambiente terrestre, estudaremos também que a distribuição das espécies nos ambientes aquáticos é influenciada por outros fatores, tais como a salinidade e a profundidade do corpo d'água. Por fim, abordaremos os fatores biológicos, como a interação de espécies.

Porém, antes de adentrarmos nos estudos dos fatores ecológicos, vamos relembrar brevemente a história da vida ao longo do tempo geológico. A Terra se formou há cerca de 4,5 bilhões de anos, e a vida surgiu dentro dos seus primeiros bilhões de anos. Contudo, a atmosfera continha pouco oxigênio, logo as formas de vida eram primitivas.

Conforme a concentração de oxigênio na atmosfera aumenta até o ponto de se tornar alta o bastante para sustentar o metabolismo oxidativo, outras formas de vida surgiram. Além disso, vimos que os movimentos dos continentes e das bacias oceânicas, influenciaram profundamente os padrões climáticos.

A energia do Sol, que aquece a Terra e os mares, tem influência direta nos padrões climáticos, pois atua na distribuição de calor sobre a superfície do planeta. Nesse contexto, o clima sofreu oscilações drásticas ao longo do tempo geológico, proporcionando ao planeta momentos de resfriamento e aquecimento, que moldou o padrão de distribuição dos seres vivos na superfície terrestre.

A intensidade da radiação solar, a umidade atmosférica, as correntes de água e a redistribuição do calor criam diversas zonas climáticas na Terra. Fatores como a topografia e elementos geológicos proporcionam variações regionais no clima. A presença de ambientes variados no planeta também proporciona modificações climáticas regionais à medida que a capacidade de absorção de luz nesses ambientes é variável, provocando diferentes zonas de aquecimento e resfriamento.

Se consideramos a distribuição de espécies em uma escala geográfica de habitat, ou de micro-habitat, ela estará cercada por áreas nas quais a espécie não consegue manter uma população devido às diferentes condições físicas, ou à ausência de recursos alimentares que não permitem a sua sobrevivência.

Essas áreas são consideradas barreiras à distribuição de um organismo. Algumas espécies são confinadas às áreas de distribuição em que evoluíram, sendo chamadas de “endêmicas”. Este confinamento pode ser resultante de barreiras físicas, como no caso de espécies que habitam ilhas (espécies insulares), ou pelo fato de ainda não terem se dispersado para outras áreas.

Por exemplo, a locomoção ou obtenção de oxigênio são muito diferentes no mar e/ou no ar. Sendo assim, os organismos que são adaptados para a vida em terra são inábeis para cruzar oceanos e, o mesmo ocorre no sentido contrário. Por isso, qualquer fator climático ou topográfico, ou a combinação de fatores, pode propiciar uma barreira geográfica.

Contudo, é importante salientar que essas barreiras não são fatores hostis do ambiente, mas a própria fisiologia das espécies, que se adaptou a uma faixa limitada de condições ambientais, chamada de **gradientes ambientais**.

Às vezes, a distribuição de uma espécie é limitada por um fator específico no ambiente, que afeta sua capacidade de sobreviver ou de se reproduzir. No ambiente, esses fatores podem ser físicos, como temperatura, iluminação, umidade, ou químicos, como substâncias químicas indispensáveis à sobrevivência dos seres vivos como o oxigênio e o gás carbônico, além dos fatores bióticos, como competição, predação e a presença ou ausência de alimentos adequados. Nessa perspectiva, podemos dizer que fator limitante é qualquer coisa que torne mais difícil a vida, o crescimento ou a reprodução de uma espécie em seu ambiente. Porém, para ser limitante, o fator não precisa ser letal para a espécie.



Exemplificando

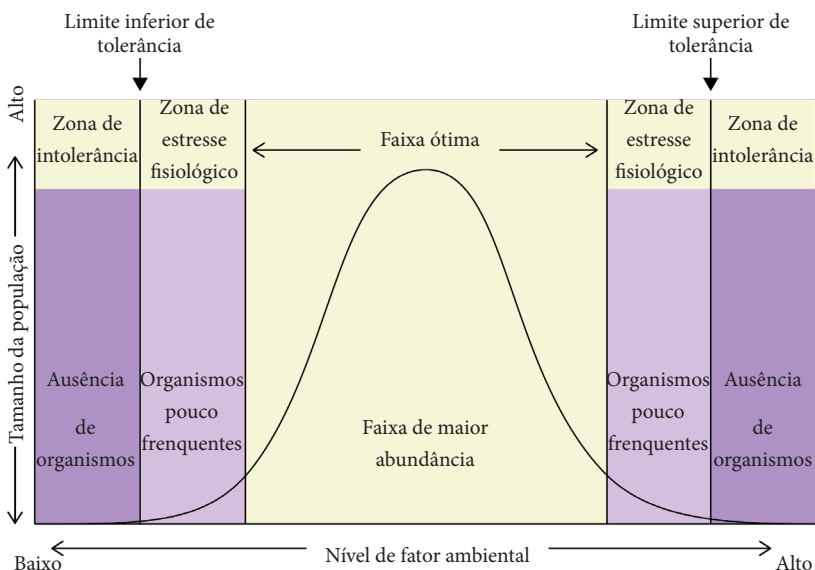
Na maioria das espécies de libélulas tropicais, a larva emerge da água e sofre metamorfose durante a noite, uma vez que a escuridão lhes garante alguma proteção contra aves predadoras. Porém, a

metamorfose é inibida em baixas temperaturas, e como as noites apresentam temperaturas inferiores ao dia, muitas espécies do norte europeu começaram a realizar parte do processo durante a luz do dia, quando os pássaros se alimentam de boa parte delas. Neste caso, o fator limitante da temperatura atua em conexão com um fator biótico, a predação. Esse fato impôs um limite ao norte para a distribuição de muitas espécies de libélulas.

Cada um dos fatores que afetam todas as espécies pode ser considerado responsável por um gradiente específico. Por exemplo, a temperatura é um fator físico que afeta espécies em uma faixa que vai de baixas a altas temperaturas, constituindo assim um gradiente de temperatura. Esse gradiente existe em todos os ambientes e afeta todas as espécies, porém, as espécies variam quanto à tolerância aos fatores ambientais.

As espécies mais tolerantes são chamadas de euritópicas e, as menos tolerantes, de estenotópicas, mas cada espécie pode sobreviver dentro de uma faixa ótima, demarcada pelos limites superior e inferior de tolerância. Além desses limites, a espécie não consegue sobreviver porque as condições são extremas e, ao sofrer o estresse fisiológico sucumbe, conforme apresentado na Figura 1.3.

Figura 1.3 | Gradiente ambiental



Fonte: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_la_tolerancia_de_Shelford. Acesso em: 4 set. 2018.



Refleta

Algumas espécies apresentam alta tolerância a fatores específicos, enquanto outras têm faixas estreitas de tolerância. Qual das duas opções você considera a mais favorável e que levará ao sucesso de um organismo?

Agora que você compreendeu sobre como o fator ecológico influencia a distribuição dos organismos, vamos aprofundar nosso estudo. Podemos afirmar que os padrões climáticos da Terra dependem da energia recebida do Sol, que aquece a superfície terrestre e os mares, e evapora a água. Nessa perspectiva, a distribuição de calor sobre a superfície da Terra depende muito da circulação nos oceanos, que depende da rotação da Terra e é restringida pela posição dos continentes.

Você já deve ter ouvido falar que o clima na Terra é seco e frio em direção aos polos e quente e úmido no Equador, não é mesmo? Isso ocorre porque a intensidade de radiação solar varia com a latitude, sendo maior no Equador porque a incidência dos raios solares se dá mais próximo à perpendicular no Equador, e, nas latitudes mais altas, o ângulo formado pela luz que incide a superfície da Terra é mais baixo, e, por isso, a intensidade da radiação solar é menor. Por isso é que a inclinação com que os raios solares incidem sob a superfície da Terra é o fator responsável pelas temperaturas e não a maior ou menor proximidade física com o sol.

Apesar de receber uma intensa insolação, maior que em altas latitudes, o Equador não é a região do globo que recebe maior insolação. Este fato se deve à grande cobertura de nuvens posicionadas sobre a região citada, formadas devido à intensa evaporação que ocorre nessa região. As regiões que recebem altos índices de insolação são as altas pressões subtropicais, que são centros de dispersão, áreas praticamente sem nuvens, principalmente quando associadas aos desertos.

As chuvas ocorrem em maior quantidade na região tropical, porque nessa área, a água circula de forma mais rápida pela atmosfera graças à maior taxa de evaporação, influenciada, por sua vez, pela maior intensidade da radiação solar. A presença de uma maior quantidade de água na superfície na forma de rios, lagos e oceanos, proporciona uma maior evaporação em comparação aos locais onde a disponibilidade de água superficial é menos abundante.

Nas regiões costeiras, banhadas por correntes marítimas de água quente, costuma chover mais do que nas regiões continentais. Além da disponibilidade de água superficial, os ventos também são responsáveis pela variação da quantidade de chuva em diferentes regiões tropicais, pois são eles os responsáveis por distribuir vapor de água pela atmosfera.

Já as regiões costeiras, banhadas por correntes marítimas frias, são geralmente marcadas pela baixa umidade atmosférica, mesmo próximas às regiões tropicais, e estão associadas à formação de desertos, tal como o do Atacama, no Chile, e do Kalahari, no sudoeste do continente africano. Isso se dá em função de taxas de evaporação baixas, o que dificulta a ocorrência de chuva.

Pode-se dizer que um grupo completo de fatores se relaciona com a quantidade de água presente no ambiente. Os animais aquáticos necessitam da água para sua existência, mas a maioria das plantas e animais também é limitada pela umidade ou secura do habitat e pela umidade atmosférica. Além disso, a iluminação e sua oscilação diária e sazonal, também regula as atividades de muitos animais.

Não é novidade para ninguém que, durante o ano, existem quatro estações: primavera, verão, outono e inverno. Mas você já parou para se perguntar de que forma essa variação atua sobre a distribuição dos seres vivos no planeta?

Primeiramente é preciso lembrar que as estações do ano ocorrem devido a dois fatores associados: ao movimento de translação e à inclinação da Terra em seu próprio eixo. Esses dois fatores combinados provocam uma mudança no ângulo de incidência dos raios solares e, conseqüentemente, atuam sobre o clima. As características de cada estação do ano, de certa forma, influenciam na distribuição dos seres vivos no planeta.

Na primavera, por exemplo, que é uma época de florescimento de algumas espécies de plantas, os polinizadores são atraídos para determinadas regiões. Já no inverno das regiões temperadas, muitos animais hibernam, reduzindo suas atividades, e só voltam a frequentar seu antigo ambiente com a chegada da primavera, quando o clima se torna mais ameno. O mesmo ocorre com a vegetação, que morre encoberta pelo gelo e só volta a germinar quando a camada de gelo derrete.

É importante salientar que as condições ambientais também se alteram com as estações, e isso pode influenciar na distribuição dos seres vivos. Por exemplo, algumas aves migram para áreas mais aquecidas em busca de alimento, como também para reprodução. Contudo, não se deve confundir migração com expansão de limites ou dispersão, porque a migração consiste na ocupação temporária (sazonal) de uma região enquanto as condições são favoráveis ao deslocamento para uma região alternativa.

Até aqui você pôde perceber que um dos principais fatores abióticos é o clima, uma vez que ele é influenciado pela intensidade da radiação solar, pela latitude, pela umidade atmosférica, pelas correntes marítimas e de ar e pela redistribuição do calor. Esses elementos criam zonas climáticas na Terra, que estudaremos em outro momento. Porém, sabemos que os diferentes tipos de clima abrigam diferentes biomas com diversidade de espécies animais e vegetais.

A pluviosidade e as mudanças ambientais locais também podem modificar a distribuição dos seres vivos e criar diversidades: a topografia pode alterar o microclima de uma região e modificar a disponibilidade de chuva, diferentes condições climáticas combinadas com diferentes tipos de rochas promovem uma variedade de tipos de solos que condicionam o aparecimento de biodiversidade de vegetação e espécies animais.

Os fatores químicos também são importantes. Você sabe que o oxigênio é essencial para a maioria das plantas e animais na liberação de energia através da respiração e, que o dióxido de carbono é vital por ser utilizado pela flora no processo de fotossíntese. Ademais, outros fatores químicos são essenciais, como a composição do solo onde as plantas se desenvolvem, a pressão, ao passo que os tecidos das espécies que vivem em águas rasas, por exemplo, podem ser danificados por tais pressões.

Contudo, a distribuição de seres vivos em ambientes aquáticos também sofre influência de fatores abióticos, como a profundidade e condição de salinidade de um corpo d'água. Esses fatores criam diferentes zonas que são habitat de uma grande diversidade de espécies animais e algumas podem abrigar espécies vegetais. Além disso, a variação da salinidade da água afeta muitos organismos, visto que estes possuem fluidos corporais com a mesma concentração da água do mar. Porém, se um organismo não consegue controlar a entrada de água em seu corpo, os tecidos param de funcionar. Este fator da salinidade é importante para prevenir que animais marinhos invadam rios ou vice-versa.

Vimos, até aqui, que o ambiente de qualquer espécie consiste em uma série de gradientes interativos de todos os fatores, o que influi na distribuição, e também na abundância, que se refere ao tamanho da população. Estudamos que as populações de espécies vivem e sobrevivem apenas nas áreas em que há superposição das partes favoráveis dos gradientes ambientais que as afetam. Qualquer fator externo a essas faixas favoráveis é considerado limitante para a espécie naquele ambiente.

Contudo, algumas das interações entre os vários fatores no ambiente de um organismo podem ser complexas e de difícil interpretação, uma vez que

os fatores podem interagir e produzir efeitos mais intensos no comportamento e na fisiologia de uma espécie do que um fator isolado. Por exemplo, água e temperatura interagem sobre os organismos, porque tanto as altas quanto as baixas temperaturas alteram o estado da água no ambiente, seja pela evaporação ou pelo congelamento. Porém, é muito difícil identificar se o organismo está sendo afetado pelo calor, pelo frio ou pela falta de água. Na natureza é praticamente impossível determinar quais fatores limitantes são os principais responsáveis pela distribuição de uma determinada espécie.



Assimile

Os padrões de distribuição das plantas e animais sobre a superfície do planeta Terra são muito variados e atuam de forma integrada, a partir de combinações complexas. Além disso, as causas dos padrões variam com a escala espacial, em níveis global, regional ou local.

Os limites de muitas plantas e animais são determinados, sobretudo, por fatores físicos, como vimos até agora. Porém, os organismos interagem uns com os outros, o que também pode determinar restrições nas distribuições geográficas. Por exemplo, uma espécie pode depender diretamente de outra espécie para se alimentar, algumas espécies podem ser incapazes de colonizar uma área devido à presença de predadores ou parasitas. Esses fatores são fatores de ordem biótica e também podem determinar a extensão geográfica de uma espécie dentro de sua área de sobrevivência.

Dentre os fatores biológicos que influem na distribuição dos seres vivos, a predação e a competição têm sido bastante estudadas. A influência mais simples que os predadores podem ter é na eliminação de espécies para alimentação ou, de modo alternativo, na prevenção da entrada de outros organismos no habitat. Porém, essa relação presa-predador é muito complexa, sendo objetivo de estudo da Ecologia.

Vimos que a capacidade de se deslocar é sem dúvida uma característica importante. Contudo, quando os organismos de uma espécie alcançam uma área, devem ser capazes de se estabelecer por si próprios e competir por recursos como luz, água, nutrientes. Além disso, é preciso desalojar espécies nativas no ponto de chegada. Por exemplo, no caso das plantas, um dos fatores mais importantes é a capacidade de competir com muitos agentes patogênicos que existem no solo e ameaçam a sobrevivência logo após a sua chegada.

A superação de barreiras à dispersão, tais como montanhas e oceanos, foi e ainda é fortemente favorecida pela ação antrópica. Nesse sentido, caso

a espécie invasora assuma a posição que nós chamamos de “praga”, é porque sua dispersão para o novo local foi suficiente para causar problemas aos humanos que ocupam a área.

Chegamos ao final desta seção, na qual abordamos a influência dos fatores abióticos e bióticos sobre a distribuição dos seres vivos. Esperamos que você tenha se sentido motivado a aprofundar os seus estudos! Até breve!

Sem medo de errar

Caro aluno, os padrões de distribuição de plantas e animais sobre a superfície do planeta são muito variados e devem-se a um grande número de causas distintas e, às vezes, a combinações complexas. Relembrando o percurso metodológico desta seção, você é estudante de um curso de aperfeiçoamento sobre Introdução à Biogeografia e, durante uma aula de campo, observou que a babosa (*Aloe vera*) está distribuída onde há incidência solar direta, enquanto os musgos estão distribuídos em áreas de sombra. A partir da observação da distribuição da babosa e dos musgos em uma praça, você se questionou quais os fatores ecológicos atuam sobre essas diferentes espécies vegetais.

A aula de campo com certeza permitiu que você refletisse sobre alguns fatores abióticos e a distribuição de espécies vegetais. Na praça, você observou que a babosa está distribuída onde há incidência solar direta, logo a fisiologia dessa espécie está adaptada a uma faixa limitada de condições ambientais, chamada de gradiente ambiental. Sendo assim, o gradiente ambiental da babosa é diferente do gradiente ambiental dos musgos, observados apenas nos locais de sombra e de maior umidade na praça. A babosa é adaptada à alta incidência solar e, por isso também está adaptada a uma variação maior de temperatura.

Contudo, estes fatores são limitantes para os musgos, observados apenas quando a umidade do ar e do ambiente estão elevadas. Suponha que a praça observada está situada em um município onde o verão é quente e chuvoso e o inverno com temperaturas amenas e seco. Como a babosa está adaptada a uma maior variação de temperatura é mais provável encontrá-la distribuída por todo o ano. Já os musgos, dependentes da umidade, quase não são observados durante o inverno. Veja que a umidade é limitante para o musgo, mas não é letal, visto que no primeiro sinal de chuva já é possível observá-los novamente.

Porém, vale ressaltar que é muito difícil identificar se a babosa e os musgos estão sendo afetados pelo calor, pelo frio ou pela falta de água. Em uma situação hipotética, é praticamente impossível determinar quais fatores limitantes são os principais responsáveis pela distribuição das espécies observadas.

Por que os peixes de água doce não invadem os mares e oceanos?

Descrição da situação-problema

A distribuição dos seres vivos na superfície do planeta Terra sofre influência de fatores abióticos e bióticos, seja de forma isolada ou por complexas combinações de fatores. Neste contexto, suponha que você seja um professor do Ensino Médio e a discussão em sala versa sobre os fatores limitantes e a distribuição dos seres vivos. Um aluno lhe interrompe e faz o seguinte questionamento: se os rios, que são de água doce, deságuam nos oceanos, que são de água salgada, por que os peixes dos rios não invadem os oceanos? E por que os peixes do mar não sobem os rios?

Resolução da situação-problema

Para responder aos questionamentos do aluno é preciso retomar os gradientes ambientais. Nos ambientes marinhos, a variação na salinidade da água afeta os organismos, como os peixes por exemplo, visto que estes possuem fluidos corporais com a mesma concentração que a água do mar, e na qual seus tecidos estão adaptados para um funcionamento eficiente. Caso estes organismos subam os rios e fiquem imersos em água doce, ou seja, em meios com baixa salinidade, a água irá penetrar em seus tecidos devido ao fenômeno da osmose, que permite a passagem de água através da membrana. Dessa forma, se o organismo não consegue controlar a entrada de água em seu corpo, os fluidos corporais são inundados e seus tecidos param de funcionar. Já os peixes de água doce também não sobreviveriam imersos em água com alta concentração de sais, pois perderiam fluido corporal para o ambiente e seus tecidos também iriam parar. Sendo assim, a salinidade é um fator importante para prevenir que animais marinhos invadam rios ou que aqueles de água doce invadam os mares e se dispersem pelos oceanos.

1. Os seres vivos estão constantemente submetidos a fatores ambientais, sejam eles favoráveis ou adversos, que podem garantir a sobrevivência de um organismo ou levá-lo à extinção. Teoricamente, esses fatores podem ser classificados em três ordens distintas: biótica (ou social), química e física.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa que possui um fator de ordem física.

- a) Clima.
- b) Oxigênio.
- c) Gás carbônico.
- d) Competição.
- e) Predação.

2. Os seres vivos estão constantemente submetidos aos fatores ambientais, sejam eles favoráveis ou adversos. Existe um limite de tolerância mínimo e máximo no qual cada espécie consegue suportar os fatores ambientais desfavoráveis.

Qual o nome dado a uma faixa limitada de condições ambientais? Assinale a alternativa que contém a resposta correta:

- a) Fator ambiental.
- b) Fator ecológico.
- c) Fator limitante.
- d) Gradiente ambiental.
- e) Zona de intolerância.

3. Apesar de receber uma intensa insolação, maior em relação a outras latitudes, o Equador não é a região do globo que recebe a maior insolação. Esse fato se deve a grande cobertura de nuvens posicionadas sobre a região citada, formadas devido à intensa evaporação local.

Considerando o contexto apresentado, avalie as afirmativas a seguir:

I – As regiões que recebem maiores índices de insolação são as altas pressões subtropicais, que são centros de dispersão.

II – As chuvas ocorrem em maior quantidade na região tropical, também porque a água circula de forma mais dinâmica pela atmosfera tropical.

III – As chuvas ocorrem em maior quantidade na região polar, devido à maior taxa

de evaporação, influenciada, por sua vez, pela maior intensidade da radiação solar.
IV – As chuvas ocorrem em menor quantidade na região tropical, dentre outros fatores, porque a água circula de forma mais dinâmica pela atmosfera polar.

Após a análise das afirmativas é correto o que se afirma em:

- a) Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
- b) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas III e IV estão corretas.
- d) Apenas as afirmativas I e IV estão corretas.
- e) As afirmativas I, II, III e IV estão corretas.

Ecologia de ecossistemas e a biogeografia

Diálogo aberto

Caro aluno, o desenvolvimento das comunidades biológicas é sempre dinâmico devido às mudanças que ocorrem na superfície da Terra. Durante milhões de anos, os organismos testemunharam alterações no clima e em outras condições físicas, rearranjos dos continentes e das bacias oceânicas, crescimento e desgaste de áreas montanhosas, evolução de novas táticas de seus predadores e patógenos. Todas essas mudanças contribuíram para a diversificação dos organismos, bem como para sua distribuição geográfica.

Nesta perspectiva, você faz parte de um curso de Introdução à Biogeografia. Agora, ao chegar ao final, é preciso entregar um plano de aula. Lembre-se de que você deve elaborar um percurso didático metodológico, pensando no desenvolvimento e na estrutura de um ecossistema. Nessa perspectiva, busque responder aos seguintes questionamentos: considerando as espécies vegetais que foram observadas na aula de campo no Módulo II, a remoção de uma espécie vegetal pode provocar um declínio em sua eficiência funcional? Algumas espécies são mais eficazes na ciclagem de nutrientes dentro de um ecossistema? O ecossistema estudado na aula de campo está estável?

Estes questionamentos irão ajudá-lo a finalizar os pressupostos metodológicos do seu percurso didático, bem como na elaboração das formas e critérios de avaliação, itens essenciais.

Esperamos que você tenha se sentido motivado a mergulhar neste conteúdo tão vasto e tão importante tanto para o ensino da biogeografia, quanto para a compreensão dos caminhos a serem traçados para a conservação da biodiversidade, uma das áreas de atuação profissional do geógrafo! Vamos lá? Bons estudos!

Não pode faltar

Caro aluno, inicialmente, estudamos que a biogeografia é a ciência que estuda a distribuição dos seres vivos na Terra. Ela relaciona informações de diversas outras ciências como geografia, biologia, climatologia, geologia, ecologia e evolução. Já estudamos os principais fatores e elementos ambientais que determinam a distribuição geográfica dos seres vivos. Embora algumas espécies apresentem uma ampla distribuição geográfica, os seres vivos em geral só são encontrados em lugares onde existam condições que

permitam não apenas a sobrevivência do indivíduo, mas também a perpetuação da espécie. Mas, o que realmente determina a distribuição geográfica dos seres vivos na Terra?

Quando uma determinada espécie é encontrada em várias regiões do mundo, diz-se que ela possui um grande potencial biótico, ou seja, grande capacidade de viver em um dado ambiente. Além disso, uma espécie com ampla distribuição geográfica é denominada cosmopolita e, se distribui dessa forma, já que consegue vencer as dificuldades oferecidas pelo meio onde vive.

Para melhor compreender o conceito de potencial biótico, vamos a outro exemplo. A mosca tsé-tsé, que transmite a doença do sono, só é encontrada em certas áreas da África e, por isso, possui um pequeno potencial biótico, uma vez que sua capacidade de viver em outras regiões é pequena. Esse pequeno potencial biótico está relacionado com as dificuldades que o meio oferece. No caso da mosca tsé-tsé, o potencial biótico não consegue vencer as resistências do meio sendo, portanto, uma espécie euribiontes ou eurioicas, como já estudamos.

Outra questão da distribuição geográfica dos seres vivos que deve ser ressaltada é a capacidade de adaptação. As características comportamentais e corporais de cada espécie devem estar em sintonia com os fatores ecológicos de seu habitat. Existem dois tipos de adaptação: a adaptação contínua, que acumula modificações na estrutura genética e é passada de geração para geração e, a adaptação do comportamento, que pode ser uma herança genética ou uma aprendizagem.

Um exemplo de adaptação contínua é a carapaça das tartarugas de Galápagos (Equador), que possuem características morfológicas diferentes para cada região da Ilha. Já um exemplo de adaptação comportamental de aprendizagem é o caso da caça das leoas. As leoas ficam cerca de dois anos com seus filhotes e, nesse tempo, os pequenos aprendem a caçar observando a mãe e praticando lentamente. Há inúmeros casos de aprendizagem entre os animais. Os chimpanzés, por exemplo, aprendem a manusear ferramentas, como gravetos para recolher alimento dentro de tronco, os filhotes aprendem a fazer o mesmo observando os adultos.

Como podemos perceber, os seres vivos não se distribuem aleatoriamente pela superfície da Terra e, cada ecossistema é composto por diferentes e inúmeras espécies, muitas vezes desconhecidas. Como sabemos, as espécies possuem fatores limitantes. Nessa perspectiva estão o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes na biosfera, atuando no desenvolvimento dos ecossistemas e, portanto, na distribuição dos seres vivos.

Antes de estudarmos sobre esses conteúdos, é preciso que você compreenda o que é um ecossistema. A abordagem de ecossistema na ecologia descreve os organismos e suas atividades, principalmente quantidades de energia e vários elementos químicos essenciais à vida, como o oxigênio, o carbono, o nitrogênio, o fósforo e o enxofre. Portanto, ao longo de suas vidas, os organismos transformam energia e processam materiais e, ao fazer isso, eles modificam as condições do ambiente e os recursos disponíveis para outros organismos, contribuindo para os fluxos de energia e para o ciclo de elementos no mundo natural. Em um ecossistema em equilíbrio existe um fluxo de energia e de materiais, além de mecanismos de feedback que contribuem para sua estabilidade.



Exemplificando

Se um predador se multiplica, seu número será reduzido posteriormente pela escassez de presas. Quando a população de predadores declina, a presa pode atingir novamente seu número original. Contudo, a introdução de espécies exóticas e outras atividades antrópicas, degradam os ecossistemas pela destruição de seus mecanismos de feedback e de seus componentes vivos, o que influi na distribuição dos seres vivos.

Um ecossistema pode ser fechado quando os materiais (nutrientes, água) se movimentam, na maior parte, no interior de seus limites e, é aberto quando as substâncias se movimentam tanto para dentro quanto para fora. Em todos os ecossistemas, no entanto, os materiais extrapolam os seus limites. Cabe ressaltar que os ecossistemas variam em tamanho, desde pequenos volumes de solo até todo o globo terrestre. Contudo, um ecossistema autossuficiente precisa incluir os seguintes componentes: produtores, consumidores, decompositores e o ambiente físico que fornece minerais, água e luz solar.

O **fluxo de energia** dentro de um ecossistema é importante para compreendermos o seu funcionamento. Para a compreensão do fluxo de energia é preciso primeiro entender o que é produtividade. A produtividade é a velocidade com que a energia da radiação é armazenada pela fotossíntese ou quimiossíntese de organismos produtores (plantas) na forma de substância orgânica para utilização como matéria alimentar. Portanto, a produtividade tem papel importante na definição das espécies que habitam um determinado local.

Essa produtividade varia de região para região, pois ela depende de fatores como a latitude, a quantidade de luz solar que é recebida em cada

região, a pluviosidade, a topografia, a fertilidade do solo e a composição da comunidade ecológica, ou seja, dos fatores ecológicos.



Assimile

É preciso diferenciar produção de produtividade. A produção é um dado bruto que se tem de uma região, enquanto que a produtividade é uma taxa em relação à área. A produtividade pode ser medida em unidade de peso por unidade de área, por unidade de tempo (peso/área/tempo), por exemplo, pode ser medida em kg/ha/ano ou ton/ha/ano.

Chama-se produtividade primária a produtividade dos seres vivos autotróficos, isto é, capazes de realizar fotossíntese ou quimiossíntese. Estes são os seres vivos que não dependem de outros para sobreviverem. A produtividade primária é dividida em produtividade primária bruta, que corresponde ao total da biomassa produzida pelas plantas, por unidade de área e por unidade de tempo e, produtividade primária líquida, que representa a biomassa que está disponível para os demais níveis tróficos (biomassa total subtraída a biomassa gasta na respiração vegetal). Já a produtividade secundária é a que se opera em outros níveis tróficos, isto é, dos consumidores de diversas ordens e dos decompositores.

Vale lembrar que todos os sistemas ecológicos dependem da transformação da energia, sendo que a fonte de energia primordial é a luz do Sol, imprescindível para produtividade primária. A partir da produtividade primária, parte do fluxo de energia percorre a cadeia alimentar e outra parte é dissipada para o ambiente. Quando se fala em transferência de energia ao longo de cada elo de uma cadeia alimentar, há uma ideia fundamental a ser entendida. Nos ecossistemas, a quantidade de energia disponível diminui à medida que vai sendo transferida de um nível trófico para outro.

Dessa forma, podemos dizer que a quantidade de incidência de luz solar sobre as diferentes regiões da superfície da Terra, influi na distribuição dos organismos, visto que onde há maior incidência solar, há maior produtividade, maior fluxo de energia e ciclagem de nutrientes. Um exemplo disso é a rica biodiversidade próximo à linha do Equador e uma menor biodiversidade nos polos.

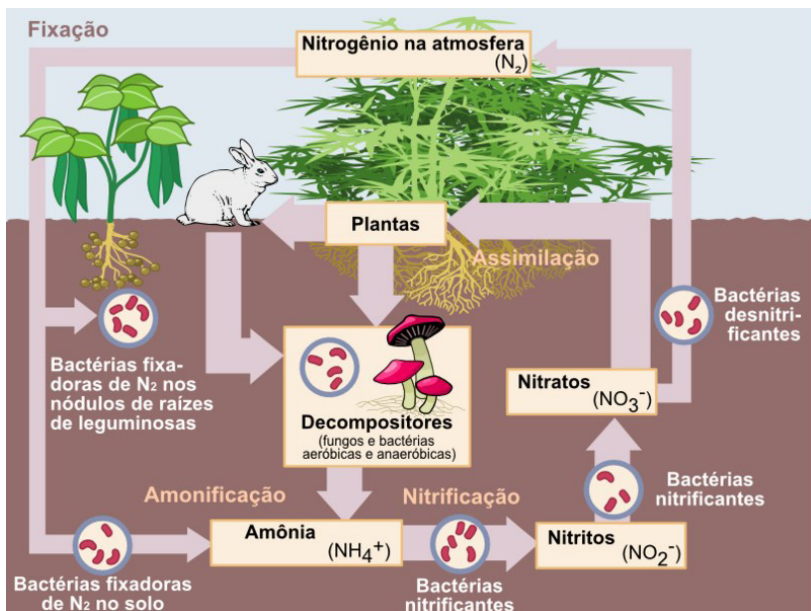
Além do fluxo de energia, também influem sobre a distribuição dos seres vivos, os ciclos biogeoquímicos, que são processos naturais que reciclam vários elementos do meio ambiente para os organismos, e depois trazem esses elementos dos organismos para o meio ambiente. Ou seja, trata-se de elementos que tendem a circular na biosfera. Os principais elementos que

constituem o ciclo biogeoquímico são: nitrogênio, fósforo, enxofre, carbono, oxigênio e água.

O maior depósito de nitrogênio é o ar, portanto, trata-se de um ciclo gasoso. No entanto, nem todos os seres vivos assimilam o nitrogênio atmosférico. Existem bactérias que fixam o nitrogênio diretamente da atmosfera; elas vivem próximo à superfície do solo, e ao morrerem são degradadas, liberando o nitrogênio no solo, na forma de moléculas de amônia, processo chamado de amonificação.

Outros tipos de bactérias, as decompositoras, transformam a amônia em nitratos, sendo esta a forma que as plantas absorvem o nitrogênio do solo por meio de suas raízes. Esse processo é chamado de nitrificação. Os herbívoros obterão nitrogênio ao comerem as plantas. A devolução do nitrogênio à atmosfera, na forma de nitrogênio atmosférico, é feita graças à ação de outras bactérias, chamadas desnitrificantes. Elas podem transformar os nitratos do solo em nitrogênio atmosférico, que volta à atmosfera, conforme a Figura 1.4.

Figura 1.4 | Ciclo do nitrogênio



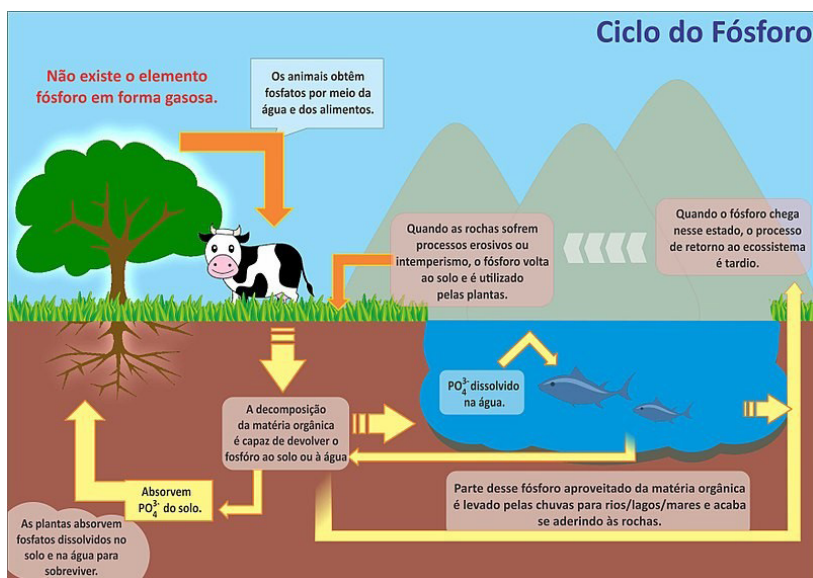
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Nitrogen_Cycle_pt.png. Acesso em: 17 set. 2018.

Um aspecto interessante sobre este ciclo é a relação de simbiose de algumas bactérias com plantas. Existem bactérias que vivem no interior

de nódulos de algumas leguminosas, como o feijão e a soja, e são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico. Ao fixá-los, as bactérias fornecem parte dele às plantas. Cabe ressaltar que o nitrogênio é o elemento químico mais abundante da atmosfera terrestre e é essencial para todos os seres vivos, sendo um importante fator limitante em ambientes terrestres.

Diferentemente do nitrogênio, o ciclo do fósforo (Figura 1.5) é um ciclo sedimentar e, por isso, seu maior depósito são as rochas, os guanais (excrementos de aves marinhas) e animais fossilizados. Quando essas rochas sofrem intemperismo, liberando fósforo para os ecossistemas, que, ao ser absorvido pelos vegetais, é transferido aos animais superiores via cadeia alimentar. O fósforo retorna ao meio com a morte de animais e vegetais, cujos dejetos são degradados por bactérias fosfolizantes, que liberam o fósforo para o solo. Com as chuvas, esse fósforo é carregado para lagos, rios e mares, onde enfim, será depositado no fundo dos mares. Sendo assim, o fósforo é um fator limitante em ambientes aquáticos. Um aspecto interessante sobre esse ciclo é o papel das aves marinhas; elas se alimentam de peixes marinhos e excretam em terra firme, trazendo o fósforo de volta ao ambiente terrestre.

Figura 1.5 | Ciclo do fósforo



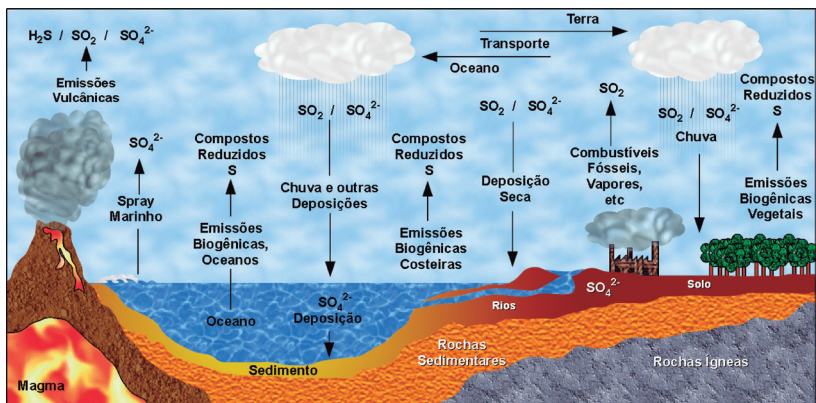
Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciclo_do_F%C3%B3sforo.jpg. Acesso em: 22 set. 2018.

O ciclo do enxofre (Figura 1.6) apresenta tanto reservatório na atmosfera quanto na crosta terrestre. Na crosta terrestre está presente os sedimentos em

que permanece armazenado na forma de minerais de sulfato. Com a erosão, fica dissolvido na água do solo e assume a forma iônica de sulfato (SO_4^{2-}), sendo assim, facilmente absorvido pelas raízes dos vegetais. Já na atmosfera uma parcela do enxofre está combinada com o oxigênio, formando o dióxido de enxofre (SO_2). Outra parcela está na forma de anidrido sulfídrico (SO_3), porém este tem vida curta na atmosfera.

Esses óxidos (SO_2 e SO_3) incorporam-se ao solo através das chuvas e são transformados em íons de sulfato (SO_4^{2-}). Esses íons, por sua vez, são capturados pelas folhas das plantas e usados para fabricação de aminoácidos. O único retorno natural do enxofre para a atmosfera é através da decomposição feita pelas sulfobactérias. No entanto, a queima de combustíveis fósseis aumenta a concentração desses óxidos na atmosfera.

Figura 1.6 | Ciclo do enxofre



Fonte: [https://i2.wp.com/upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Ciclo_do_Enxofre_\(Sulfur_Cycle\).png](https://i2.wp.com/upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Ciclo_do_Enxofre_(Sulfur_Cycle).png). Acesso em: 22 set. 2018.

O carbono está presente na estrutura de todas as moléculas orgânicas, portanto, é essencial para a vida. Este elemento químico encontra-se primariamente disponível para a vida na atmosfera, em forma de gás carbônico, ou nos ambientes aquáticos, na forma de carbonatos. Os seres produtores obtêm carbono assimilando o gás carbônico da atmosfera ou dissolvido na água e, por meio da fotossíntese, fixam e transformam este gás em matéria orgânica. Já os consumidores obtêm carbono por intermédio dos nutrientes orgânicos dos quais se alimentam. Tanto os produtores quanto os consumidores perdem carbono da mesma forma, por meio da respiração ou por meio da cadeia alimentar, servindo de alimento para outro organismo qualquer ou pela decomposição após a morte. Por fim, os decompositores atuam sobre os detritos orgânicos, liberando gás carbônico, que retorna à atmosfera e se reintegra ao seu reservatório natural.



Refleta

A queima de combustíveis fósseis libera da atmosfera uma grande quantidade de monóxido de carbono. De que forma isso pode influir sobre o ciclo do carbono e sobre a distribuição dos seres vivos na superfície da Terra?

Assim como o carbono, o oxigênio é retirado principalmente da atmosfera em que se encontra na forma de gás oxigênio. Na respiração, este gás se liga a átomos de hidrogênio, formando moléculas de água. Parte dessa água é utilizada no metabolismo e voltará ao ambiente por meio da respiração e da decomposição dos seres vivos. Outra parte é eliminada na excreção e na transpiração (CHEIDA, 2005). Durante a fotossíntese, o principal processo de fornecimento de gás oxigênio, os produtores fixam gás carbônico atmosférico em sua biomassa e liberam átomos de oxigênio, provenientes da lise da água para o ambiente na forma de gás oxigênio, que são, posteriormente, capturados pelos organismos. Nas cadeias alimentares, os produtores transferem átomos de oxigênio presentes em seus tecidos para os herbívoros e os carnívoros. Assim, o oxigênio também circula entre os seres vivos.

Por fim, o ciclo da água, ou ciclo hidrológico, está relacionado à circulação da água em diferentes compartimentos, como a atmosfera, a hidrosfera, o solo, as águas superficiais e subterrâneas e nas plantas. Os principais processos de transferência da água em tais compartimentos são: (1) evaporação, que ocorre nos corpos d'água e a evapotranspiração, que ocorre nas plantas; (2) precipitação que é a condensação do vapor de água presente na atmosfera e que cai na forma de chuva, e (3) o escoamento superficial, em que a água da chuva escoar sobre o solo até atingir os corpos da água. Porém, também há infiltração da água da chuva no solo, atingindo os reservatórios de água subterrânea. Vale ressaltar que o homem altera o ciclo hidrológico de diversas maneiras, seja na captação de água para abastecimento, desmatamento das matas ciliares, aumentando a evaporação e diminuindo a infiltração de água no solo, alteração do percurso natural dos corpos d'água, entre outras.

Ao longo desta seção você pôde perceber que os fatores ecológicos, o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes são essenciais para o desenvolvimento dos ecossistemas, que podem ser simples ou complexos. Até pouco tempo atrás a biodiversidade era vista como um mero resultado da atuação de fatores ecológicos e da disponibilidade de recursos. Contudo, em estudos recentes, sobretudo dentro da Ecologia, a biodiversidade passou a ser considerada uma variável independente no funcionamento dos ecossistemas. Sendo assim, as pesquisas mais atuais vão além da descrição de padrões de

distribuição e abundância de espécies, ao realizarem uma abordagem que integra conceitos de ecologia de comunidades à ecologia de ecossistemas. Nota-se, então, o caráter multidisciplinar e interdisciplinar da biogeografia, que discutimos ao longo desta unidade.

Chegamos ao final da primeira unidade, e para continuarmos nossos estudos, é importante que você releia as seções, anotando as dúvidas e os pontos mais relevantes. Bons estudos!

Sem medo de errar

Caro aluno, a distribuição dos seres vivos na superfície da Terra, tanto no espaço quanto no tempo, é determinada por inúmeros fatores ecológicos e suas interações. No entanto, a distribuição de uma espécie dentro de um ecossistema também sofre influência do fluxo de energia e da ciclagem de nutrientes. Nesta perspectiva, relembando o caminho metodológico a ser percorrido, em uma aula de campo do seu curso de Introdução à Biogeografia, você fez várias ponderações sobre a distribuição das espécies em uma praça e, considerando as espécies vegetais que foram observadas em campo no Módulo II, a remoção de uma delas pode provocar um declínio em sua eficiência funcional? Algumas são mais eficazes na ciclagem de nutrientes dentro de um ecossistema? O ecossistema estudado na aula de campo está estável?

Esses questionamentos são necessários e compõem os pressupostos metodológicos do seu percurso didático, bem como auxiliam na elaboração das formas e critérios de avaliação, itens essenciais.

Inicialmente é preciso consultar as anotações acerca dos fatores ecológicos que influem sobre os vegetais observados na praça, em seu estudo de campo. Em seguida, analisá-los de forma integrada, estabelecendo relações com o fluxo de energia dentro desse ecossistema e sobre a ciclagem de nutrientes. As espécies vegetais observadas foram a babosa, adaptada a uma alta incidência solar e, o musgo, espécie adaptada à sombra.

Você observou que o gradiente ambiental da babosa é diferente do gradiente ambiental dos musgos. Suponha que o ecossistema presente na praça, observado em campo, esteja em equilíbrio. A retirada de qualquer espécie irá ocasionar um desequilíbrio, considerando a cadeia alimentar, o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes. Por exemplo, a retirada dos musgos e da babosa pode expor o solo de seus canteiros. Essa exposição pode afetar o ciclo hidrológico local, uma vez que aumenta a evaporação da água presente no solo, aumenta o escoamento superficial e, conseqüentemente,

diminui a infiltração de água. A exposição do solo faz com que as bactérias nele presentes, ou seja, a sua microbiota (importante para a fixação e transformação de elementos em formas assimiláveis pelas plantas) morram, tornando o solo menos produtivo.

Além disso, outros ciclos podem ser alterados, como o ciclo do carbono, devido à menor decomposição da matéria orgânica. A retirada de espécies também altera o fluxo de energia, visto que os vegetais são autotróficos. Logo, sem os vegetais na praça, os consumidores podem se deslocar para outros locais em busca de alimento. Por isso, dentro de um ecossistema, seja ele uma praça ou uma floresta, sempre haverá espécies mais eficientes na ciclagem nutrientes. Porém, cabe ressaltar, que todas essas mudanças e alteração não são percebidas de imediato, mas sim ao longo de um período de um tempo, em que é possível notar uma diminuição da biodiversidade local.

A partir dos conteúdos aqui desenvolvidos, é importante que se faça outras análises, considerando o ecossistema que você observou. Na sequência, finalize o seu plano de aula, que deve conter: tema, objetivos, apresentação dos conteúdos, duração da aula, recursos necessários, metodologia e método de avaliação. Dessa forma, será possível conhecer os aspectos históricos da biogeografia, analisando como os fatores ecológicos influenciam a distribuição dos seres vivos e como a ecologia se integra com a biogeografia.

Faça valer a pena

1. A produtividade é a velocidade com que a energia da radiação é armazenada pela fotossíntese ou quimiossíntese de organismos produtores, tais como as plantas, na forma de substância orgânica para utilização como matéria alimentar.

Considerando o contexto apresentado, preencha corretamente as lacunas a seguir: Chama-se produtividade _____ a produtividade dos seres vivos _____, isto é, capazes de realizar _____. Estes são os seres que não dependem de outros seres vivos para sobreviverem.

Assinale a alternativa correta sobre os termos que preenchem, respectivamente, as lacunas do texto.

- a) Primária / autotróficos / fotossíntese.
- b) Secundária / autotróficos / fotossíntese.
- c) Primária / heterotróficos / respiração.
- d) Secundária / heterotróficos / respiração.
- e) Primária / autotróficos / respiração.

2. Os ciclos biogeoquímicos são processos naturais que reciclam vários elementos do meio ambiente para os organismos e, depois trazem esses elementos dos organismos para o meio ambiente. Estes ciclos dependem de seres vivos, do ambiente terrestre e de elementos químicos.

Considerando o ciclo no nitrogênio, assinale a alternativa correta.

- a) Todos os seres vivos são capazes de assimilar o nitrogênio atmosférico.
- b) O maior depósito de nitrogênio são as rochas, portanto, se trata de um ciclo sedimentar.
- c) Existem bactérias no solo que fixam o nitrogênio diretamente da atmosfera.
- d) Após a fixação no solo, as plantas absorvem o nitrogênio do solo na forma de amônia.
- e) A amonificação é o processo que devolve o nitrogênio atmosférico para a atmosfera.

3. O fósforo é um elemento químico instável, ou seja, que reage facilmente. Por isso, ele está sempre associado com outro elemento. Trata-se de um dos elementos que constituem os ciclos biogeoquímicos e um fator limitante em ambientes aquáticos.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta sobre o ciclo do fósforo.

- a) O ciclo do fósforo é um ciclo sedimentar e, por isso, seu maior depósito são os solos.
- b) O fósforo é liberado para o ecossistema a partir da lixiviação do solo com a água da chuva.
- c) O fósforo retorna ao meio a partir de descargas elétricas no solo.
- d) O ciclo do fósforo ocorre apenas em ambientes aquáticos.
- e) As aves marinhas possuem um papel importante na ciclagem do fósforo.

Referências

BARRETO, C. Entre dogmas e pesquisas: um elo na construção de uma ciência. **História, Ciência e Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 1061-1064, set. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2PIbZRd>. Acesso em: 3 out. 2018.

CANAL MULTIMIDIAED. **Terra**: formação natural Teoria da Deriva Continental. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yRQNhNymTHw>. Acesso em: 3 out. 2018.

CHEIDA, L. E. **Biologia Integrada**. São Paulo: FDT, 2005.

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia**: uma abordagem ecológica e evolucionária. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MILLER JR, G. T. **Ciência ambiental**. 11. ed. São Paulo: Thomson Pioneira, 2006.

PLANETA BIO. **Ecologia**: energética e ciclos biogeoquímicos. Disponível em: <http://www.planetabio.com/energetica.html>. Acesso em: 17 set. 2018.

RECURSOS CCMCMC. **Fatores abióticos**. Disponível em: http://www.cmcmc.pt/CN/CN5/07_A_FM/PROG_A/AN_FM_ETIQ_TXT=CM/fat_abiot_inicio=CM.asp. Acesso em: 7 set. 2018.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

TROPPEMAIR, H.; CAMARGO, J. C. G. **A evolução da biogeografia no âmbito da ciência geográfica no Brasil**. Revista Geografia. v. 27. (2002).

Unidade 2

Especiação e distribuição das espécies

Convite ao estudo

Caro aluno, esta unidade de ensino apresenta os principais processos e padrões de especiação e distribuição das espécies, bem como os limites de distribuição e de barreiras que influem o surgimento de novas espécies, como se dá a coevolução dos ambientes. Você já deve ter questionado e/ou refletido, por exemplo, como surgiram as espécies ou uma determinada espécie? Além disso, você já parou para pensar por que determinadas espécies estão por toda parte e outras habitam poucas regiões? Pois bem, ao final desta segunda unidade, os estudos sobre os padrões de especiação e distribuição dos seres vivos na superfície da Terra serão aprofundados.

Aqui também desenvolveremos as competências básicas, como compreender os pressupostos metodológicos acerca da especiação e da distribuição dos organismos vivos no espaço, considerando os fatores ecológicos. Dessa forma, conheceremos a definição de especiação e os fatores relacionados aos seus processos, seus tipos, os mecanismos de mudanças evolutivas e as causas da extinção. Para tanto, imagine que você faça parte de uma equipe de peritos ambientais que estuda os eventos de especiação associados às ações antrópicas na região Sul do Brasil. Durante o estudo, um processo de especiação em uma determinada espécie vegetal foi identificado. Além disso, consta no Ministério Público do Estado uma antiga denúncia de contaminação do solo de uma antiga mina, área onde a sua equipe observou a presença da espécie em estudo. Como os resultados podem ser bem diversos, o grupo de pesquisadores do qual você faz parte decidiu que deve apresentar um relatório técnico, no qual constem tais resultados, para que o Ministério Público possa compará-lo com a antiga denúncia.

Você compreende a importância dos estudos sobre os processos de especiação? Entende a necessidade de compreender quais fatores determinam o surgimento de uma nova espécie, bem como a sua extinção? Vamos juntos conhecer todos os detalhes e conceitos que auxiliarão em sua atividade de relatar os resultados da perícia e da pesquisa.

A compreensão dos padrões de especiação e distribuição dos seres vivos são essenciais para a análise da interferência humana sobre o meio ambiente, permitindo, assim, traçar estratégias de preservação e de utilização sustentável dos recursos naturais.

Então, vamos aos estudos?

Processos de especiação e respostas evolutivas

Diálogo aberto

Caro aluno, a especiação é o nome dado ao processo de surgimento de uma nova espécie e está associada à diferentes mecanismos influenciados pela atuação dos fatores ecológicos, como fatores climáticos e geológicos. Por isso, ao estudar os processos de especiação, é preciso também estudar os processos evolutivos, tanto dos seres vivos quanto do meio ambiente.

Neste sentido, você é um perito ambiental que estuda os eventos de especiação associados às ações antrópicas, sobretudo ocorridos na Região Sul do Brasil. Você foi chamado pelo Ministério Público para avaliar uma área sobre a qual existe uma denúncia de contaminação do solo onde antes funcionava uma antiga mina. Durante a perícia, você observou a variação genética em dois grupos de espécies do gênero *Passiflora* (Passifloraceae) e observou que a *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são espécies parapátricas. Porém a primeira encontra-se em uma região cujo solo está contaminado com rejeitos de uma antiga mina, enquanto a outra se distribui em áreas sem tais problemas. Os resultados da perícia e da pesquisa serão apresentados ao Ministério Público a partir de um relatório técnico. Para guiar a elaboração de tal documento é preciso buscar respostas aos seguintes questionamentos: o que significa dizer que as espécies identificadas na perícia são parapátricas? O que provocou esse tipo de especiação? A antiga mina pode ser responsabilizada pelo processo de especiação? Pode-se dizer que a contaminação do solo diminui o fluxo gênico na população inicial? Para conduzir a elaboração do seu relatório é preciso se atentar aos fatores ecológicos e como as atividades humanas contribuem nesse sentido.

Bons estudos!

Não pode faltar

Olá, aluno! A posição dos continentes no globo terrestre nem sempre foi a mesma: há cerca de 200 milhões de anos, no Triássico, eles estavam unidos em um bloco de terra, conhecido como Pangeia. Dessa forma, os seres vivos compartilhavam um único continente, nele transitando por várias direções.

A deriva continental afetou o nível dos oceanos, o clima e a distribuição dos seres vivos no planeta, além de alterar o curso das correntes

oceânicas. Isso acarretou a criação (e destruição) de barreiras geográficas que influenciaram a dispersão dos organismos, tais como a abertura e/ou o fechamento de oceanos, a formação de cadeia de montanhas, originadas a partir do choque entre duas placas tectônicas, e a criação (ou destruição) de ligações terrestres entre continentes. Todos esses fatores isolaram ou possibilitaram o contato entre organismos, modificando a distribuição dos seres vivos no planeta.

Por isso, a biogeografia estuda a distribuição das aves ratitas, que não voam, para ver a conexão entre os continentes do Sul que formaram a Gondwana. Por exemplo, as emus e os casuares da Austrália e da Nova Guiné, as renas da América do Sul, os avestruzes na África e os moas extintos da Nova Zelândia descendem todos de um ancestral comum que habitava Gondwana antes da sua divisão. Essa divisão de uma população ancestral amplamente distribuída pela deriva continental é chamada de **vicariância**.

A **dispersão** e a **vicariância** são dois termos empregados na tentativa de explicar, historicamente, a presença de seres vivos nos mais variados ambientes terrestres. A hipótese da dispersão afirma que membros de um mesmo táxon se encontram em diferentes áreas atualmente devido à dispersão de um membro ancestral de seu local de origem (centro de origem) para outras localidades do planeta (FUTUYMA, 2002).

Essa capacidade de dispersão varia entre diferentes grupos de seres vivos. Os fungos, por exemplo, podem ter seus esporos, que são estruturas muito leves, transportados a grandes distâncias pelo vento e, portanto, apresentam ampla dispersão e podem ser encontrados em diversas localidades do planeta. A dispersão de sementes de plantas varia de espécie para espécie e depende de fatores como o tamanho da semente, do tempo de dormência e do mecanismo utilizado para dispersão, que pode incluir transporte pelo vento (anemocoria), por animais (zoocoria) ou pela água.

A vicariância ocorre quando a dispersão contínua de seres de seu local de origem a outras localidades da Terra fragmenta-se devido a algum fator, que pode ser: (1) a divisão de um bloco de terra ou corpo d'água; (2) o surgimento de barreiras geográficas; ou (3) a extinção de espécies intermediárias. Nesses casos, os seres são separados e evoluem independentemente.

As adaptações ao ambiente físico tiveram como resultado a especialização da anatomia e fisiologia dos organismos. Essas modificações estruturais ajudam na compreensão de como os organismos vivos encontram-se distribuídos atualmente.



Exemplificando

Por exemplo, não encontramos uma exuberante árvore típica da Amazônia vivendo em um ambiente semiárido do Nordeste brasileiro devido ao fato de que as árvores peculiares aos locais com escassez hídrica desenvolveram especializações para sobreviverem nesses ambientes, tais como o controle de abertura e fechamento de estômatos para limitar a perda de água; apresentam uma cutícula espessa e serosa envolvendo suas folhas, o que torna a superfície da planta impermeável, reduzindo, dessa forma, a perda de água por transpiração, e a presença de pelos e espinhos, por sua vez, protege a planta e aumenta a área superficial para dissipação de calor. Esses e outros mecanismos de controle são vitais para os organismos que vivem em regiões áridas, evitando, assim, perdas hídricas mais substanciais.

A fragmentação dos continentes fez surgir barreiras geográficas que, por sua vez, levou ao surgimento de novas espécies. Tal fato ocorre porque as barreiras físicas diminuem o fluxo gênico entre as populações. Esse processo de formação de novas espécies a partir de uma espécie preexistente é chamado de **especiação**. No entanto, recebe o nome de **anagênese** quando ocorre a transformação gradual de uma espécie em outra e **cladogênese** quando há a formação de duas espécies pela divisão de uma.

Para compreender melhor o processo de especiação, imagine que uma população selvagem de moscas de fruta deposita seus ovos em cachos de bananas podres na costa continental. Contudo, um furacão leva os cachos de banana com os ovos e as larvas de moscas selvagens para uma ilha solitária, distante de sua origem. Essas larvas, então, emergem neste novo ambiente e temos, assim, duas populações, uma insular (ilha) e uma continental, cujo fluxo gênico está distante para uni-los novamente.

Com o passar do tempo e considerando que as condições ecológicas são diferentes na ilha e no continente, as populações evoluem sobre pressões seletivas diferentes. Dessa forma, ao longo das gerações, há mudanças na morfologia, nas preferências alimentares e até mesmo no mecanismo de reprodução. Quando outro furacão ocorrer e aproximar essas duas populações novamente, as moscas da ilha não serão facilmente aceitas pelas moscas do continente, visto que a linhagem se dividiu e os genes não fluem mais entre as populações.



Refleta

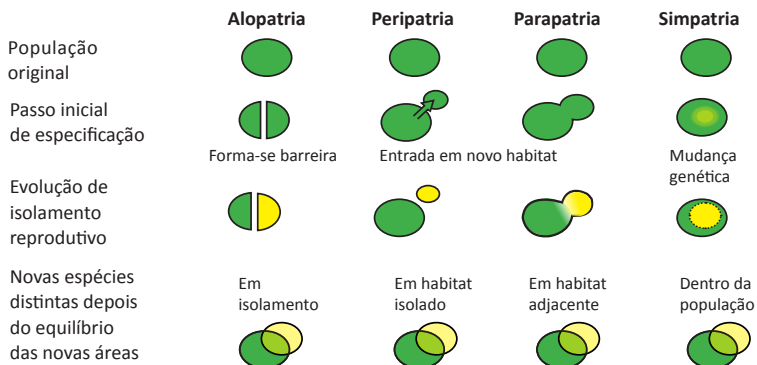
Considerando que o isolamento favorece o surgimento de novas espécies, você acredita que as ações antrópicas, como a construção de barreiras físicas, como estradas, podem favorecer o surgimento de novas espécies?

O isolamento geográfico é a forma mais comum de especiação, porém, não é a única. A redução do fluxo gênico pode ocorrer mesmo sem uma barreira extrínseca específica. Por exemplo, suponha que uma população possui ampla distribuição geográfica e o acasalamento dentro dela não é aleatório. Membros dessa população, que vivem no Extremo Oeste, não tem chance de acasalar com aqueles que estão no Extremo Norte, dada a distância entre eles. Dessa forma, também temos uma redução do fluxo gênico, mas sem um isolamento total. Esse fato pode ou não ser suficiente para causar uma especiação, já que ela depende de pressões seletivas diferentes.

O isolamento é fundamental para o processo de especiação. Ele pode ocorrer em nível temporal, espacial ou em ambos os casos. O isolamento é temporal quando uma parte da população (ou um único membro dela) se migra devido a um evento de dispersão, por exemplo, isolando-se durante um longo período de tempo, suficiente para que modificações morfológicas, fisiológicas e comportamentais ocorram, promovendo a formação de uma nova espécie. O isolamento espacial ocorre quando há a separação física de uma parte da população original devido à formação de uma barreira que impede o fluxo gênico. Nesse caso, também ocorre o isolamento temporal, uma vez que a barreira física separa as populações ao longo do tempo.

Como você pôde perceber nos exemplos supracitados, a chave para a especiação é a evolução de diferenças genéticas. Cabe ressaltar que tais diferenças não precisam ser grandes. Por exemplo, uma pequena mudança no ritual de acasalamento pode ser suficiente. Essa mudança pode evoluir por seleção natural ou por deriva genética. Nesse contexto, os modos de especiação são classificados levando-se em consideração o quanto a separação geográfica de espécies incipientes pode contribuir para a redução de fluxo gênico, conforme demonstra a Figura 2.1.

Figura 2.1 | Modos de especiação



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Speciation_modes_edit_pt.svg. Acesso em: 30 set. 2018.

Um processo de especiação pode ter início com o isolamento geográfico de um grupo de seres de uma população, seja pela formação de barreiras físicas dividindo a população ou pela dispersão de membros de um grupo. A esse processo de especiação por isolamento geográfico, separando grupos de seres de uma população, damos o nome de **especiação alopátrica**.

Existem duas formas de especiação alopátrica: vicariante e peripátrica. A especiação alopátrica vicariante ocorre quando o surgimento de barreiras físicas impede o fluxo gênico. Geralmente acontece quando uma espécie de ampla distribuição se divide em duas ou mais por barreiras externas. De forma relativamente lenta, começam a ocorrer diferenças genéticas nessas populações em resposta às condições ambientais do novo local ocupado. Com o tempo, surgem mecanismos de isolamento reprodutivo, que é entendido como a situação em que membros de duas populações são impedidos de cruzar e originar descendentes férteis.

A **especiação peripátrica** ocorre quando colônias formadas a partir da população original se dispersam, num dado tempo, para um local distante, mas não devido à existência de barreiras. Assim, após várias gerações, ocorre o isolamento reprodutivo. Nessa perspectiva, se algum dia essas espécies que se isolaram se encontrarem, existirá uma incompatibilidade reprodutiva entre elas. Nesse mecanismo de dispersão, um pequeno grupo de seres ou uma única fêmea grávida de uma população migra para o novo habitat. Assim, apenas uma pequena parte da variação genética da população original é transportada com o grupo, portanto, seus integrantes são menos adaptáveis às modificações ambientais e estão mais vulneráveis à extinção.



Assimile

Repare que tanto na especiação vicariante quanto na peripátrica, por se tratarem de especiações do tipo alopátrica, haverá o isolamento geográfico de indivíduos de uma população. Porém na especiação alopátrica vicariante, esse isolamento se dará pela formação de uma barreira física que impede o fluxo gênico, e na especiação alopátrica peripátrica, o isolamento ocorre pela dispersão dos indivíduos de uma população original para localidades distantes, sem que haja a necessidade da formação de barreiras físicas.

Conforme citado anteriormente, a **especiação parapátrica** se caracteriza pela ausência de uma barreira extrínseca para o fluxo gênico. Nesse caso, os indivíduos tendem a se reproduzir com indivíduos vizinhos. Dessa forma, a população é contínua em sua distribuição geográfica, mas não cruza de forma aleatória. Isso leva a divergências que ocorrem devido à redução do

fluxo gênico e das diferentes pressões evolutivas que agem sobre toda a faixa de distribuição geográfica dessa população.

Esse tipo de especiação é observado em espécies gramíneas *Anthoxanthum odoratum*, que vivem em regiões próximas a minas cujo solo foi contaminado com metais tóxicos. Agora imagine a seguinte situação: parte do solo de uma área contínua onde vive uma espécie de gramínea é contaminada por metais pesados, levando a uma pressão seletiva de indivíduos tolerantes presentes na área afetada, enquanto outros indivíduos estão localizados na área não afetada. Ou seja, ambos os tipos de indivíduos dessa espécie estão próximos o suficiente para que os indivíduos tolerantes e não tolerantes possam potencialmente fertilizar um ao outro. Contudo tais indivíduos florescem em épocas diferentes, logo, essa pequena mudança pode, ao longo do tempo, reduzir ou cortar inteiramente o fluxo gênico entre os dois grupos.

Diferentemente do que vimos até agora, na **especiação simpátrica** não há a necessidade de uma grande distância geográfica para que o fluxo gênico seja reduzido. A especiação simpátrica pode ocorrer de duas formas: (1) seleção disruptiva, quando o simples fato de explorar um novo nicho pode ser suficiente para a especiação; (2) alterações cromossômicas, que levam ao rearranjo do material genético do progenitor durante a meiose ou de um embrião durante a fertilização ou no início do desenvolvimento (COLLEY e FISCHER, 2013).

Um exemplo de especiação simpátrica é observada nos ancestrais da mosca da maçã, que há cerca de 200 anos depositava seus ovos em espinheiros, mas atualmente o faz tanto em espinheiros quanto em maçãs domésticas. De maneira geral, as fêmeas depositam seus ovos em tipos de frutos nos quais cresceram, assim como os machos tendem a procurar por fêmeas nos frutos onde se desenvolveram. Ou seja, as moscas de espinheiros acasalam com outras moscas de espinheiros e moscas da maçã acasalam com outras moscas da maçã. Esse comportamento diminui o fluxo gênico entre as camadas da população que acasalam em diferentes tipos de frutos. Logo, a mudança de hospedeiro de espinheiro para maçã pode ser o pontapé inicial para a especiação simpátrica.

As plantas possuem mais opções de reprodução do que os animais, visto que podem se reproduzir tanto sexuadamente como assexuadamente. Nessa perspectiva, as plantas também possuem mais opções em termos de especiação. A especiação por **hibridização** e a especiação por **polialelia** são tipos de especiação muito comuns em plantas, mas também ocorrem em outros seres vivos. Cabe ressaltar que ambas são classificadas como especiação simpátrica.

A especiação por hibridização foi observada por Loren Rieseberg (1961-) e seus colegas de trabalho ao estudarem a filogenia de várias espécies de girasóis. Eles descobriram que várias espécies se formaram a partir da fertilização de outras. Cabe ressaltar que muitas vezes os descendentes de cruzamento de espécies diferentes são estéreis, mas quando são férteis ocorre o isolamento reprodutivo de suas espécies progenitoras, formando uma nova espécie.

Já a especiação por polialelia ocorre quando o número de cromossomos de uma espécie é multiplicado, aleatoriamente, por algum número. Por exemplo, uma espécie que apresenta 18 cromossomos pode produzir uma linhagem com 36 cromossomos, sendo esta isolada reprodutivamente e distinta da espécie progenitora. Além disso, cabe ressaltar que tanto na especiação por hibridização quanto por polialelia, têm-se indivíduos fenotipicamente diferentes.

Assim, vimos que são vários os fatores e mecanismos envolvidos no processo de especiação, porém, em todos é preciso que haja redução do fluxo gênico. Procure, agora, destacar as principais características de cada modo de especiação e aprofunde seus estudos em outras fontes de pesquisa, tais como livros específicos e artigos científicos. Os conteúdos abordados nesta seção são importantes para a sequência na próxima, na qual abordaremos a coevolução dos ambientes e dos seres vivos. Bons estudos e até breve!

Sem medo de errar

Caro aluno, novas espécies podem se formar a partir de uma espécie já existente, processo conhecido como especiação, que pode ocorrer de diferentes modos a partir de diferentes fatores.

Você foi chamado pelo Ministério Público para avaliar uma área sobre a qual existe uma denúncia de contaminação do solo onde antes funcionava uma antiga mina. Durante a perícia, você notou a variação genética em dois grupos de espécies do gênero *Passiflora* (Passifloraceae) e observou que as espécies *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são parapátricas. Porém a *Passiflora actinia* se encontra em uma região cujo solo está contaminado com rejeitos de uma antiga mina, enquanto que a espécie *Passiflora elegans* está distribuída em solos não contaminados. Os resultados da perícia e da pesquisa serão apresentados ao Ministério Público a partir de um relatório técnico. Para guiar a elaboração de tal documento, reflita: o que significa dizer que as espécies identificadas na perícia são parapátricas? O que provocou esse tipo de especiação? A antiga mina pode ser responsabilizada pelo processo de especiação?

Pode-se dizer que a contaminação do solo diminuiu o fluxo gênico na população inicial?

O relatório técnico que deverá ser apresentado ao Ministério Público deve ser claro e objetivo. No caso em estudo, você identificou que as espécies são parapátricas, o que quer dizer que algo provocou um isolamento reprodutivo na população inicial. Ao pesquisar a área, você constatou, junto ao Ministério Público, que há uma denúncia de contaminação do solo, por uma antiga mina, em um dos locais onde você identificou a presença da espécie *Passiflora actinia*.

Essa contaminação do solo pode ter sido o ponto de partida para o processo de especiação do gênero *Passiflora*, visto que na população inicial, os indivíduos que conseguiram sobreviver à nova condição do ambiente (o solo contaminado) passaram essa característica para os seus descendentes. Contudo, havia indivíduos dessa espécie que estavam mais distantes da área afetada e outros próximos à área contaminada, mas que não foram afetados. Dessa forma, houve uma redução do fluxo gênico e, ao longo do tempo, observou-se o processo de especiação, em função da alteração da época de florescimento entre ambas as populações.

Dessa forma, as espécies *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são espécies parapátricas, visto que possuem um ancestral comum, que se isolou reprodutivamente, dado a uma nova condição ambiental, provocada pela presença de rejeitos no solo. Dessa forma, os indivíduos da área afetada se reproduziam apenas com indivíduos da mesma área, o que, ao longo do tempo, diminuiu o fluxo gênico e propiciou o surgimento de duas espécies, uma vez que estas sofreram pressões seletivas diferentes. Por isso, a antiga mina pode ser responsabilizada pelo processo de especiação, visto que a presença de seus rejeitos no solo propiciou a diminuição do fluxo gênico no gênero *Passiflora*. Com isso em seu laudo técnico, espera-se que o Ministério Público tenha condições adequadas de proferir uma decisão sobre o caso.

Avançando na prática

Introdução de espécies e o processo de especiação

Descrição da situação-problema

A América do Sul possui uma vasta diversidade de peixes de água doce. O gênero *Cichla* é amplamente distribuído pelos rios Amazonas, Tocantins e Orinoco. Porém ocorreram introduções de espécies desse

gênero na bacia do rio Paraná. Considerando o contexto apresentado, um estudo de uma equipe de pesquisadores identificou duas espécies na bacia do rio Paraná, sendo elas a *Cichla kelberi* e a *Cichla piquiti*. Sabendo que essas espécies se diferenciam das demais do gênero pela presença de pequenas manchas claras nas nadadeiras pélvicas e que a hibridização entre as espécies é muito comum nesse gênero, como explicar o tipo de especiação observado no estudo?

Resolução da situação-problema

Primeiramente é preciso identificar o tipo de especiação, que, neste caso, é a especiação simpátrica, visto que não há isolamento geográfico. Além disso, trata-se de uma especiação por hibridização, conforme mencionado anteriormente. O que favoreceu o processo de especiação desse gênero foram as alterações dos ambientes e a introdução de espécies, que tiveram grande influência no processo evolutivo. Esse fato pode ser atribuído à pressão seletiva exercida sobre os espécimes diante do novo ambiente, que é a bacia do rio Paraná. Além disso, o fato das espécies diferentes cruzarem entre si favorece o processo de especiação.

Faça valer a pena

1. As adaptações ao ambiente físico tiveram como resultado a especialização da anatomia e fisiologia dos organismos. Essas modificações estruturais ajudam na compreensão de como os organismos vivos encontram-se distribuídos atualmente.

Considerando o contexto apresentado, avalie as afirmações a seguir:

I – A vicariância ocorre quando membros de um mesmo táxon se encontram em diferentes áreas atualmente devido à dispersão de um membro ancestral de seu local de origem.

II - A dispersão ocorre quando há o deslocamento contínuo de seres de seu local de origem a outras localidades da Terra, fragmenta-se devido a algum fator, como uma barreira geográfica.

III - As adaptações ao ambiente físico tiveram como resultado a especialização da anatomia e fisiologia dos organismos.

IV – As condições ecológicas são diferentes na ilha e no continente, logo, as populações evoluem sobre pressões seletivas diferentes.

Sobre as afirmações anteriores, assinale a alternativa que apresenta somente aquelas que estão corretas:

- a) I e II.
- b) II e IV.
- c) III e IV.
- d) I e III.
- e) II e III.

2. O processo de surgimento de novas espécies é chamado de especiação. O isolamento geográfico é a forma mais comum de especiação, porém, não é o único, visto que a redução do fluxo gênico pode ocorrer mesmo sem uma barreira extrínseca específica.

Considerando o contexto apresentado, o processo de especiação resultante do isolamento geográfico é chamado de:

- a) Especiação alopátrica.
- b) Especiação parapátrica.
- c) Especiação simpátrica.
- d) Especiação peripátrica.
- e) Especiação por polialelia.

3. As plantas possuem mais opções de reprodução do que os animais, visto que podem se reproduzir tanto sexuadamente como assexuadamente. A especiação por hibridização, muito comum em plantas, foi observada por Loren Rieseberg (1961-) e seus colegas de trabalho ao estudaram a filogenia de várias espécies de girassóis.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta sobre especiação por hibridização.

- a) É necessário que haja isolamento geográfico para que ocorra a especiação por hibridização.
- b) A especiação por hibridização ocorre apenas na reprodução assexuada.
- c) A especiação por hibridização é um tipo de especiação alopátrica vicariante.
- d) Ocorre quando o número de cromossomos de uma espécie é multiplicado.
- e) Ocorre a partir do cruzamento de espécies diferentes.

Coevolução dos ambientes e dos seres vivos

Diálogo aberto

Caro aluno, o fenômeno da especiação é processo de surgimento de uma nova espécie. Isso posto, é preciso incluir, em nossos estudos, a discussão acerca dos processos evolutivos, tanto dos seres vivos quanto do meio ambiente, que influem no aparecimento de novas espécies e também na extinção de outras.

Para isso, vamos lembrar que você faz parte de uma equipe de peritos ambientais que estuda os eventos de especiação associados às ações antrópicas na região Sul do Brasil. Você foi chamado pelo Ministério Público para avaliar uma área sobre a qual existe uma denúncia de contaminação do solo e onde antes funcionava uma antiga mina. Durante a perícia, você observou a variação genética em dois grupos de espécies do gênero *Passiflora* (Passifloraceae) e observou que a *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são espécies parapátricas. Porém a primeira encontra-se em uma região cujo solo está contaminado com rejeitos de uma antiga mina, enquanto a outra se distribui em áreas sem tais problemas. Os resultados da perícia e da pesquisa serão apresentados ao Ministério Público a partir de um relatório técnico.

Na primeira parte da perícia, identificou-se um processo de especiação parapátrica devido à contaminação do solo por uma antiga mina. Agora, na segunda parte, é preciso identificar as alterações ocorridas no meio ambiente após a contaminação. Para isso, você realizou os seguintes questionamentos: durante o processo de especiação das espécies estudadas também foram observadas mudanças nos ambientes onde foram encontradas? Nesse caso, os registros fósseis poderiam auxiliar na perícia ambiental? As interações ecológicas das duas regiões (Mata Atlântica e Região Sul do Brasil) também influenciaram essa especiação?

Lembre-se que tais resultados serão apresentados para o Ministério Público. Por isso, não deixe de se atentar aos processos evolutivos dos ambientes que influenciam a especiação, a migração e, também, a extinção de espécies. Vamos aos estudos?

Olá, aluno! Anteriormente você conheceu os tipos de especiação e os fatores relacionados a cada um. Tais conceitos são importantes para que se compreenda a coevolução do ambiente e dos mecanismos de mudanças evolutivas – nosso objetivo de estudo aqui.

Você sabe que o ambiente ecológico inclui tanto fatores bióticos quanto abióticos, tais como clima, salinidade, tipo de solo, disponibilidade de água, presença de presas, predadores, agentes patogênicos, competidores e mutualistas, entre outros. A diversidade e a evolução se manifestam sob vários aspectos no mundo vivo, como na estrutura, na composição química, na natureza dos processos vitais, no desenvolvimento embrionário, na maneira pela qual os animais e vegetais estão distribuídos na Terra e adaptados a diferentes ambientes, na classificação dos seres vivos e nos restos de organismos preservados como fósseis.

As evidências geológicas são uma fonte de informação sobre as mudanças sofridas pela Terra durante um passado remoto. Assim, são os fósseis preservados em rochas, e não as rochas propriamente ditas, que permitem aos cientistas ordenar os eventos no tempo.

A combinação dos dados sobre eventos físicos durante a história da Terra, com as evidências dos registros fósseis, permitiu aos cientistas comporem um quadro do que a Terra e seus habitantes viveram em diferentes tempos.

Os seres vivos estão constantemente submetidos aos fatores ambientais, sejam eles favoráveis ou adversos. Existe um limite de tolerância mínimo e um máximo nos quais cada espécie consegue suportar os fatores ambientais desfavoráveis. Quando um fator excede os limites de tolerância, os resultados podem ser a migração, a morte ou a sobrevivência dos indivíduos melhores adaptados.

A biogeografia desempenhou um papel decisivo nas origens da teoria da evolução; por exemplo, parte da inspiração que levou Darwin à convicção da realidade da evolução veio de suas observações da distribuição de espécies semelhantes de aves e tartarugas nas Ilhas Galápagos e das analogias e diferenças entre os mamíferos fósseis e recentes da América do Sul. Em *A Origem das Espécies*, Darwin usou extensamente a biogeografia como evidência da evolução e Alfred Russel Wallace (1823-1913) dedicou boa parte de sua vida desenvolvendo conceitos de biogeografia (FUTUYMA, 2003).

Considerando a distribuição dos seres orgânicos sobre a superfície do globo, o primeiro dos grandes fatos que chama nossa atenção é que nem a semelhança, nem a diferença dos habitantes das diversas regiões podem ser explicadas totalmente pelas condições de clima ou outras condições físicas.

Dessa forma, a ciência moderna, em um de seus paradigmas centrais, estabelece uma coerência de origem e diversificação dos seres vivos recentes. Assim, todos os seres vivos, atuais e passados, são fruto de um processo único: a evolução biológica. Qualquer mudança nas características físicas ou biológicas de um ambiente influencia, de modo diverso, as espécies de animais e plantas que ali vivem.

Como todas as espécies produzem prole mais numerosa em relação à que pode sobreviver na área normal de distribuição, há uma pressão de população que tende a expandir tais limites. Outros fatores, como a competição, os predadores, as doenças, a escassez de alimento, o tempo desfavorável e a falta de locais de abrigo, tendem a diminuir a população e as fronteiras de sua distribuição. Os organismos, desde os protozoários até o homem, apresentam uma distribuição dinâmica, sempre sujeita a modificações e nunca constante.

O mesmo vale para as plantas, das quais tantos animais dependem. A maioria delas, por estar enraizada no solo, não pode ampliar a área como indivíduos, mas apenas pela dispersão de sementes. Qualquer tentativa a fim de explicar a existência de organismos e fósseis deve elucidar também acerca de sua origem, semelhanças e diferenças, adaptações aos diversos ambientes e distribuição geográfica.

As teorias da evolução orgânica enunciam que, desde que a vida surgiu na Terra, a evolução tem sido contínua e os organismos mais recentes derivam de outros mais antigos pela herança de variações, grandes ou pequenas, induzidas pelo ambiente ou por processos internos dele. Admite-se que a maioria dos processos evolutivos trabalha lentamente e, por isso, seja difícil de ser testado experimentalmente.

Charles R. Darwin (1809-1882) admitia hipoteticamente que, na competição pela existência dos seres vivos, os indivíduos que sofreram pequenas variações favoráveis seriam capazes de enfrentar com mais sucesso as condições impostas pela vida e, assim, sobreviveriam e perpetuariam a espécie. Por meio de uma seleção natural, os indivíduos carentes de tais variações pereceriam ou não se reproduziriam, eliminando, desse modo, seus caracteres da população. O processo, continuado em gerações sucessivas, resultaria em gradual adaptação dos animais ao ambiente.

Modificando-se as condições ambientais, os caracteres que sobrevivessem à seleção natural também alterados, já que uma espécie num ambiente em mudança, ou uma que migrou para um novo, alterar-se-iam gradativamente para se adaptar às novas condições. Os animais que não desenvolvem novas variações apropriadas a quaisquer das condições do ambiente seriam logo eliminados.

Assim, Darwin concebeu o desenvolvimento de quaisquer tipos de adaptações, a origem de espécies em ambientes alterados ou novos e, ainda, a sua extinção no passado geológico.

Portanto, pode-se definir a evolução como uma maneira pela qual os seres vivos modernos se desenvolveram a partir de organismos ancestrais. Os mecanismos de evolução podem ser divididos em quatro processos principais, sendo que em todos é imprescindível a variação genética para que as forças seletivas atuem e assim ocorra a evolução. Cabe ressaltar que a descendência tem um papel fundamental aqui, visto que as diferenças genéticas são tanto herdadas dos progenitores como também transmitidas para os descendentes.

Para que compreenda os mecanismos básicos de mudança evolutiva, vamos pensar em uma população de besouros.

O primeiro mecanismo básico de mudança evolutiva é a mutação. Por exemplo, imagine que existam besouros de coloração verde brilhante, mas estes, por alguma mutação genética, tenham descendentes de coloração marrom. Tal fato pode contribuir para que os besouros marrons se tornem mais frequentes na população.

Agora, digamos que alguns indivíduos de coloração marrom se juntaram a indivíduos de coloração verde brilhante num processo de migração, que é o segundo mecanismo básico de mudança evolutiva. Essa migração pode fazer com que a frequência de genes para coloração marrom se torne mais evidente na população de besouros de coloração verde.

Nessa perspectiva, suponha que dois besouros de coloração marrom geraram descendentes que sobreviveram até a idade reprodutiva, ao passo que vários besouros de coloração verde brilhante foram mortos ao acaso e não conseguiram se reproduzir. Dessa forma, a geração seguinte teria mais besouros marrons do que a geração anterior, não é mesmo? Essas alterações são aleatórias, podem ocorrer de geração para geração e recebem o nome de deriva genética. Dentro da deriva genética existem dois fenômenos importantes: (1) o efeito gargalo e (2) o efeito fundador.

O efeito gargalo se refere à influência das mudanças no tamanho da população sobre a deriva genética. Por exemplo, eventos naturais, como terremotos, secas, deslizamentos, entre outros, podem diminuir drasticamente o tamanho de uma população. Contudo, tais eventos ocorrem de forma aleatória, ou seja, muitos indivíduos são eliminados, independentemente de seus genótipos. Os sobreviventes, no entanto, podem ter frequências alélicas bem distintas da população original e iniciar uma nova, na maioria das vezes na mesma área da população inicial.

Já no efeito fundador são os aspectos geográficos e populacionais que alteram a deriva genética. Nesse fenômeno, um grupo de indivíduos deixa uma grande população e funda uma colônia em outro local. Aqui, também a frequência alélica da nova população é diferente da original.

O último mecanismo básico de mudança evolutiva é o da seleção natural. Você concorda que os besouros verde brilhantes são presas mais fáceis para os pássaros pois são mais visíveis, não é mesmo? Dessa forma, a sobrevivência dos besouros marrons é maior. Eles transmitem os genes de coloração marrom para seus descendentes e, já na próxima geração, os besouros marrons serão mais comuns. Portanto, os besouros verde brilhantes sofreram pressão seletiva e os marrons foram “selecionados” como mais adaptados ao ambiente.



Assimile

Um ponto em comum aos quatro mecanismos de mudança evolutiva é que todos podem provocar alterações na frequência gênica da população. Contudo, vale ressaltar que a seleção natural e a deriva genética não ocorrem sem a presença de variação genética. Se a população de besouros fosse 100% verde, não seria possível a atuação da seleção e nem da deriva, já que a composição genética não iria variar.

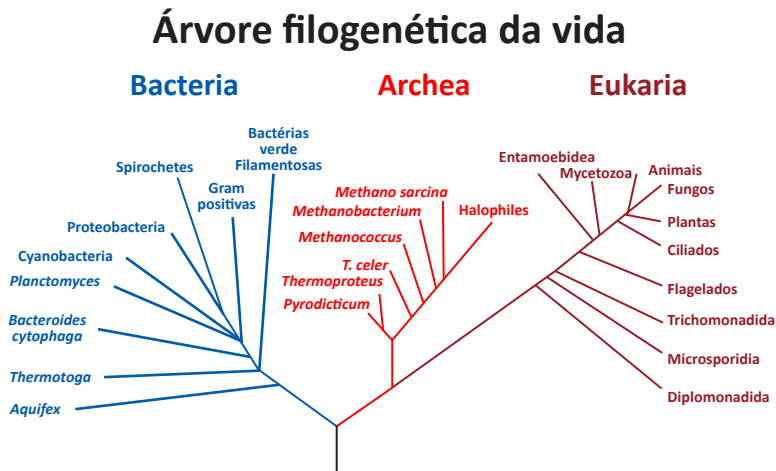
Até o momento discutimos a evolução em nível de espécie, porém, também é preciso nos distanciar um pouco para avaliarmos a macroevolução, ou seja, a evolução de grupos maiores, que abrange grandes transformações, como a origem dos mamíferos ou a irradiação das plantas com flores. Os padrões em macroevolução, apesar de serem difíceis de se observar, estão presentes na história da vida, construída utilizando evidências disponíveis, como a geologia, os fósseis e os organismos vivos.

Cabe ressaltar que os mecanismos evolutivos são os mesmos da microevolução: a mutação, a migração, a deriva genética e a seleção natural. Contudo, no caso da macroevolução é preciso tempo para analisar a irradiação de besouros, exemplos que usamos para explicar a microevolução. Isso porque, ao longo da vida na Terra, ou seja, cerca de 3,8 bilhões de anos, a vida acumula mutações transmitidas, por seleção natural, para os descendentes. Dessa forma, os quase quatro bilhões de anos evidenciaram um processo evolutivo em macroescala, e todas as transformações que ocorreram são padrões de macroevolução, já que a evolução é um processo ininterrupto e contínuo.

Todavia, além do que já discutimos, é preciso estudar e compreender os padrões gerais que ocorrem na árvore filogenética, que são: (1) estase, (2) mudanças de características, (3) divergência de linhagens e (4) extinção.

Antes de adentrarmos no estudo da macroevolução, devemos nos atentar que todas as alterações e relações evolutivas são representadas em “árvores genealógicas ou filogenéticas” (Figura 2.2) e, a filogenia, é o nome dado para definir hipóteses de relações evolutivas. Como sabemos, as ramificações representam os processos de especiação.

Figura 2.2 | Árvore filogenética da vida



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Phylogenetic_tree_pt.svg. Acesso em: 8 out. 2018.

Algumas linhagens sofreram poucas mudanças ao longo do tempo, ou seja, sua árvore genealógica apresenta poucas ramificações. Esse processo é chamado de estase, e essas linhagens são chamadas de fósseis vivos.



Refleta

Você deve estar se perguntando qual a explicação mais plausível para que um fóssil vivo não sofra modificações ao longo de tanto tempo, não é mesmo? Você considera que os fósseis vivos estão totalmente adaptados às condições do meio?

Uma das hipóteses que podem responder a essa pergunta é que esses organismos estão muito bem adaptados às condições do meio, ou seja, possuem um tipo de sucesso no modo de sobreviver, já que a mudança em suas características não se faz necessária. Outra explicação para isso é o fato de certos organismos manterem algumas características sem mudanças devido a um conjunto de fatores ambientais que apresentam constância e que selecionam as características presentes naquele organismo.



Exemplificando

Fóssil vivo é a denominação dada a organismos que são encontrados como formas fósseis, preservadas nas rochas, e formas semelhantes as que vivem atualmente, sem sofrer ou que sofreram poucas modificações ao longo da escala do tempo. A tuatara, o único representante de répteis da ordem *Sphenodontia* (ou *Rhynchocephalia*) é um exemplo de animal que vive sem interferência de pressões ambientais, isolado em algumas ilhas do continente australiano e da Nova Zelândia.

Assim como existem linhagens que quase não sofreram modificações ao longo do tempo, existem outras cujas mudanças ocorrem de forma muito rápida ou muito lenta. Essas alterações podem se dar em uma única direção ou se auto reverter, ganhando e perdendo segmentos.

Dessa forma, é possível observar a divergência de especiações a partir da observação dos padrões de formação de linhagens ao construir ou analisar uma filogenia. Por fim, é importante analisar também os processos de extinção, visto que podem ser eventos frequentes ou raros dentro de uma linhagem. Pode parecer assustador, mas 99% das espécies que já viveram na Terra já foram extintas.



Pesquise mais

A filogenética é um tanto complicada, não é mesmo? Mas para que compreenda melhor o tema e reconheça a sua importância para a biogeografia, leia o material “Noções Básicas de Sistemática Filogenética”, elaborado pelos professores Sônia Godoy Bueno Carvalho Lopes e Fanly Fungyi Chow Ho, da Universidade de São Paulo:

LOPES, S. G. B. C.; CHOW HO, F. F. Noções Básicas de Sistemática Filogenética. In: **Vida e Meio Ambiente**: diversidade biológica e filogenia. São Paulo: Universidade de São Paulo. [s.d.].

Tanto a divergência de linhagens quanto a extinção não são eventos raros. Na análise filogenética, os cladogramas (agrupamento que inclui um ancestral comum e todos os descendentes) fornecem muitas informações para os cientistas, que, por sua vez, conseguem calcular a taxa de extinção e a de divergência ou de diversificação. Dentro de um clado, o equilíbrio entre as duas taxas é que determina se o mesmo será ou não extinto. Por exemplo, ao analisar a árvore filogenética no registro fóssil, é possível observar muitas linhagens de trilobites e amonites. Contudo, ambas foram extintas ao longo

do tempo. Isso quer dizer que a extinção ocorreu de forma mais frequente que a divergência de espécies (especiação). Da mesma forma, existem linhagens cuja taxa de diversificação é alta e cuja taxa de extinção é baixa, gerando assim novos membros e, conseqüentemente, uma grande árvore filogenética, com diversos cladros.

A extinção é um processo que pode influenciar profundamente a distribuição das espécies no globo terrestre. Exemplo disso foi a irradiação dos mamíferos durante o Terciário, proporcionada pela extinção dos dinossauros, grandes répteis dominantes que tiveram seu auge no Jurássico e que coexistiram com os pequenos mamíferos a partir do final do Triássico.

Para finalizar seu estudo, é preciso compreender que as interações ecológicas, como a competição e a predação, exercem influência na estrutura de comunidades, seja propiciando eventos de migração, na diversificação ou até mesmo na extinção por competição (recursos) ou pela seleção natural.

Imagine você se, nos primeiros momentos de sua adaptação nas Ilhas Galápagos, os tentilhões de Darwin tivessem encontrado muitos competidores e predadores naturais mais bem adaptados que eles. Provavelmente, eles não conseguiriam vencer a competição e acabariam entrando em extinção.

Quando uma espécie é submetida a mudanças ambientais, como alterações climáticas, alterações nas relações interespecíficas ou presença de patógenos, ela tem duas opções: irá se adaptar a essas novas condições ou entrará em extinção.

Nessa perspectiva, o homem tem sido um grande influenciador na distribuição das espécies animais e vegetais no planeta. Uma dessas influências se dá por meio da introdução de espécies em regiões onde não é comum sua ocorrência natural, alterando as relações ecológicas e as teias alimentares da localidade. Essas espécies introduzidas, chamadas exóticas, podem não se adaptar ao novo ambiente e morrer, ou se adaptar facilmente, sofrendo uma rápida proliferação e competir com espécies nativas, podendo até mesmo levá-las à extinção. Nesse caso, são chamadas de espécies exóticas invasoras, que são consideradas, por muitos pesquisadores, como a maior causa da perda de biodiversidade.

Assim, para propor teorias sobre o atual padrão de distribuição dos seres vivos, são utilizados os métodos biogeográficos, entre eles a análise filogenética, que, juntamente ao estudo dos registros fósseis, procura estabelecer graus de parentesco entre espécies viventes e extintas. Por isso, não deixe de reler os assuntos apresentados, anote suas dúvidas e os pontos mais relevantes. Bons estudos!

Caro aluno, as espécies não surgem repentinamente na natureza. Isso se dá mediante um processo, chamado especiação, associado a diferentes mecanismos, influenciados pela atuação dos fatores ecológicos, climáticos e geológicos.

Para isso, como parte de uma equipe de peritos ambientais que estuda os eventos de especiação associados às ações antrópicas na região Sul do Brasil, você foi chamado pelo Ministério Público para avaliar uma área, sobre a qual existe uma denúncia de contaminação do solo por uma antiga mina. Durante a perícia, você observou a variação genética em dois grupos de espécies do gênero *Passiflora* (Passifloraceae) e observou que a *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são espécies parapráticas. Porém a primeira encontra-se em uma região cujo solo está contaminado com rejeitos de uma antiga mina, enquanto a outra se distribui em áreas sem tais problemas. Os resultados da perícia e da pesquisa serão apresentados ao Ministério Público a partir de um relatório técnico.

Agora, na segunda parte, você busca identificar as alterações ocorridas no meio ambiente após a contaminação. Para isso, guie-se pelos seguintes questionamentos: durante o processo de especiação das espécies estudadas também foram observadas mudanças dos ambientes onde são encontradas? Nesse caso, os registros fósseis poderiam auxiliar na perícia ambiental? As interações ecológicas das duas regiões (Mata Atlântica e Região Sul do Brasil) também influenciaram essa especiação?

A partir das análises levantadas em um primeiro momento da perícia, é possível afirmar que sim, também foram observadas mudanças no ambiente. Sabe-se que na especiação parapátrica não há uma barreira física, contudo, a população não cruza de forma aleatória. Nesse caso, a mudança no ambiente foi a presença de um contaminante no local que fez com que indivíduos cruzassem com seus vizinhos geográficos e não com indivíduos de uma parte diferente de um grupo da população. Ou seja, as populações se diferenciam porque se adaptaram a ambientes diferentes dentro de um *continuum* na faixa de dispersão da espécie ancestral. Cabe ressaltar que durante esse processo de especiação podem ter ocorrido mecanismos como mutação, deriva genética e seleção natural, porém, para afirmar qual o tipo de mudança evolutiva ocorrida nesse caso, são necessárias análises mais aprofundadas, nas quais você poderá, caso seja solicitado pelo Ministério Público, atuar juntamente aos profissionais, como um biólogo, por exemplo.

Neste sentido ainda, você poderia explicar que o estudo dos fósseis é de suma importância para complementar e ajudar a compreender como

ocorreu o processo de evolução e de especiação. Porém como se trata de uma análise mais aprofundada e complexa, é interessante citar isso no relatório da sua perícia, explicando que, nesse caso, os fósseis de uma espécie ancestral poderiam ajudar a compreender a evolução das características genéticas, bem como do ambiente no passado, antes da contaminação do solo.

Por fim, o estudo das interações ecológicas das duas regiões (Mata Atlântica e Região Sul do Brasil) permitem analisar de que forma as adaptações às mudanças sofridas no ambiente contribuíram para a especiação. Nesse caso, você identificou que a contaminação de uma determinada parte reduziu o fluxo gênico entre populações que estão distantes, que passaram a cruzar de forma não aleatória. Por isso, durante a pesquisa, para o geógrafo é importante analisar todas as variáveis e pontuar as possíveis causas do processo de especiação observado. Trata-se de um complexo estudo e que envolve uma equipe multidisciplinar.

Avançando na prática

Caça aos elefantes marinhos

Descrição da situação-problema

A deriva genética é um dos mecanismos de mudanças evolutivas, sendo caracterizada pela alteração das frequências alélicas ao longo das gerações. Você faz parte de um grupo de pesquisa internacional sobre a história evolutiva dos elefantes marinhos do Pacífico Norte. Sabe-se que nos anos 1890 a caça desses animais foi iniciada, o que culminou em uma drástica redução do tamanho de suas populações no final do século XIX.

Desde então, a população de elefantes marinhos voltou a crescer. Contudo você e sua equipe observaram, a partir de análises filogenéticas, que a população do Norte conta com menos variação genética em relação à população de elefantes marinhos do Sul, que não sofreu tanto com a caça. Ao elaborar um artigo para uma revista científica sobre os resultados da pesquisa, de que forma você argumentaria acerca dessa diferença na variação genética entre as populações do Norte e do Sul?

Resolução da situação-problema

O contexto apresentado é um efeito que ocorre dentro da deriva genética, conhecido como efeito gargalo. Como a população de elefantes marinhos do Norte sofreu com a caça intensa, houve uma redução da variação genética e os indivíduos sobreviventes iniciaram uma nova população, com frequência alélica

diferente da população original. Já os elefantes marinhos do Sul, como não sofreram de forma intensa com a caça, não tiveram redução da variação genética. Portanto, na população do Norte foi possível observar o efeito gargalo, não observado na população do Sul.

Faça valer a pena

1. As teorias da evolução orgânica enunciam que, desde que a vida surgiu na Terra, a evolução tem sido contínua e que os organismos mais recentes derivam de outros mais antigos pela herança de variações, grandes ou pequenas, induzidas pelo ambiente ou por processos internos dele.

Considerando o contexto apresentado, o mecanismo evolutivo no qual a frequência de genes para uma determinada característica fique mais frequente na população é chamado de:

- a) Seleção Natural.
- b) Migração.
- c) Mutação.
- d) Deriva genética.
- e) Especiação.

2. Ao analisar a árvore genealógica do gênero de uma mariposa, bem como os registros fósseis, foi observada a seguinte situação: no passado, duas mariposas de coloração verde geraram descendentes que sobreviveram até a idade reprodutiva, ao passo que várias mariposas de coloração branca foram mortas ao acaso e não conseguiram se reproduzir. Considerando o contexto apresentado, preencha corretamente as lacunas do texto.

As _____ ocorrem de forma _____, podendo ser benéficas, neutras ou prejudiciais. Quando é prejudicial pode levar uma espécie _____.

Os termos que preenchem respectivamente e de forma correta a sequência do texto são:

- a) mutações / aleatória / à extinção.
- b) migrações / aleatória / à deriva genética.
- c) especiações / pontual / à mutação.
- d) mutações / pontual / à especiação.
- e) derivas genéticas / pontual / à especiação.

3. Os padrões em macroevolução, apesar de difícil observação, estão presentes na história da vida, que é construída utilizando as evidências disponíveis, tais como a geologia, os fósseis e os organismos vivos.

Considerando o contexto apresentado, avalie as afirmativas a seguir:

- I – A estase está ligada a poucas modificações observadas em uma determinada árvore filogenética.
- II – As alterações de características que ocorrem em uma única direção são chamadas de migração.
- III – A extinção é um evento prejudicial para o processo evolutivo, sendo extremamente raro dentro da evolução.

Considerando as afirmativas anteriores, é correto o que se afirma:

- a) Apenas na afirmativa II.
- b) Nas afirmativas II e III.
- c) Nas afirmativas I e II.
- d) Apenas na afirmativa I.
- e) Nas afirmativas I e III.

Padrões de distribuição e riqueza de espécies

Diálogo aberto

Olá aluno, a biodiversidade nos trópicos é maior do que em qualquer outra parte do planeta Terra, uma vez que essa área possui maior incidência solar e, conseqüentemente, maior produtividade. Contudo, o que difere uma região tropical de outra, em termos de biodiversidade e de riqueza de espécies? Nessa perspectiva, a Ecologia da Paisagem busca compreender a interação entre as causas e conseqüências da heterogeneidade espacial ao longo do tempo.

Isso posto, imagine que você faça parte de uma equipe de peritos ambientais, que estuda os eventos de especiação associados às ações antrópicas, na região Sul do Brasil. Durante a perícia, você observou a variação genética em dois grupos de espécies do gênero *Passiflora* (Passifloraceae) e observou que a *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são espécies parapráticas, porém, a primeira se encontra em uma região cujo solo está contaminado com rejeitos de uma antiga mina, enquanto a outra se distribui em áreas sem tais problemas. Como os resultados podem ser bem diversos, o seu grupo de pesquisadores decidiu que deve apresentar um relatório técnico, no qual constem tais resultados, para que o Ministério Público possa compará-lo com a antiga denúncia.

Em suas primeiras observações você identificou que a área contaminada foi determinante para o processo de especiação e que ocorreram modificações no ambiente ao longo do tempo. Agora, para finalizar a sua perícia, você deverá mencionar, em seu relatório, aspectos relativos à Ecologia da Paisagem para dar respaldo às suas observações. Para o levantamento desses aspectos, guie-se pelos seguintes questionamentos: houve alteração dos gradientes ambientais nas regiões observadas? Quais alterações na estrutura da paisagem permitem fundamentar que o processo de especiação, neste caso, ocorreu devido à contaminação do solo da antiga mina? Qual o tipo de distribuição geográfica do gênero estudado?

Tais questionamentos são importantes para que você finalize a sua perícia e consiga entregar o relatório ao Ministério Público. Lembre-se de unir todas as informações coletadas e apresentá-las de uma forma clara e objetiva em tal documento. A atuação do perito ambiental é de extrema relevância: relatar informações referentes a fatos e crimes ambientais, fornecendo-as ao juiz para que, assim, ele tome a decisão correta e justa.

Caro aluno, vimos anteriormente que o processo de especiação depende de alguns mecanismos básicos de mudança evolutiva, como a deriva genética, a mutação, a migração e a seleção natural. Além disso, estudamos que os fósseis nos ajudam a conhecer como os processos biológicos ocorrem no passado e nos permitem compreender a biodiversidade encontrada atualmente.

Hoje, o planeta conta com milhares de espécies de seres vivos, muitas das quais o homem ainda não conhece a existência, tantas outras que se extinguíram no passado e algumas fossilizadas. Praticamente todas as regiões do planeta são habitadas, do Ártico à Antártica encontramos formas de vida na terra, no ar, no gelo, na água em sua forma líquida e em ambientes considerados inóspitos.

Vale ressaltar, porém, que as forças naturais que agem sobre as populações de seres vivos têm-se somado a influência do homem com intensidade (degradação ambiental e alterações climáticas) e em muitos lugares em tempos mais recentes. O homem se apresenta como grande influenciador na distribuição das espécies animais e vegetais no planeta, introduzindo, por exemplo, espécies em regiões cuja ocorrência natural não é comum, que são chamadas de exóticas.

Como vemos, a biogeografia é interdisciplinar e dinâmica, fazendo-se valer de conhecimentos de outros saberes, tais como a biologia, a geografia, a evolução – só para citar alguns. Em 1939, o geógrafo alemão Carl Troll (1899-1975) propôs o termo Ecologia da Paisagem para designar uma ciência que considera tal conceito (paisagem) como uma integração dos elementos físicos, químicos, biológicos e antrópicos, que, quando juntos, formam um todo em perpétua evolução.

A Ecologia da Paisagem analisa três elementos principais da mesma: (1) estrutura: referente ao padrão espacial da paisagem; (2) função: referente ao fluxo de energia e nutrientes entre os ecossistemas; e (3) mudanças: referentes às alterações sofridas pelos ecossistemas e que transformam a sua estrutura e/ou função.

A paisagem se desenvolve a partir da ação dos processos geomorfológicos, dos padrões de colonização dos organismos e das alterações locais promovidas pelos indivíduos. Apesar das paisagens diferirem entre si, elas possuem uma estrutura semelhante, composta por corredores, manchas e matriz.

As manchas são definidas como superfícies lineares, representadas pelas comunidades vegetais e animais, e são resultantes de: (1) alguma alteração ou distúrbio, que pode ser antrópico (mineração) ou natural (deslizamento de terra); (2) heterogeneidade ambiental, devido aos fatores ecológicos, e (3) manchas de origem antrópica (áreas urbanas e/ou áreas de cultivo).

Os corredores são faixas de terra que podem estar isolados, mas geralmente se ligam a manchas de vegetação similar. É muito comum a presença de corredores conectando paisagens, sobretudo em áreas de cultivo e pastagens.

Já a matriz é facilmente identificada por ser de maior tamanho e possuir um papel importantíssimo no desenvolvimento e funcionamento da paisagem. A matriz é composta pela porosidade, que se refere à quantidade de manchas; pela conectividade, relacionada à capacidade de comunicação entre a matriz e a mancha, e pela borda, que é o limite entre a mancha e a matriz.

Nesse contexto, o fluxo de fatores abióticos e bióticos dentro de uma paisagem e entre diferentes tipos de paisagens, ocorre por interações entre esses três componentes principais. Dessa forma, para que essa dinâmica ocorra é imprescindível que os corredores sirvam como habitat, como caminho para a movimentação de espécies ou até mesmo que atuem como barreiras.

Cabe ressaltar que em todas essas funções há fluxo de matéria, energia e de seres vivos e, é esse fluxo que determina a mudança estrutural de uma paisagem. Por exemplo, suponha que em uma determinada paisagem havia dispersão de sementes da matriz para uma mancha. Contudo, essa paisagem sofreu um desastre natural, como um terremoto, e, por isso, essa dispersão não mais ocorre. Haverá, portanto, uma mudança natural da paisagem.

Tais conceitos são importantes na compreensão dos padrões de distribuição e riqueza de espécies, tema central aqui. Quando examinamos a distribuição das espécies de organismos, descobrimos que nunca duas espécies são idênticas quanto à sua extensão (abrangência).



Assimile

O conceito de distribuição é diferente do conceito de extensão. É preciso ter cuidado com a escala a se considerar. Duas espécies podem ser dispersas em uma dada área geográfica, como o Arquipélago Fernando de Noronha, e ainda ocupar diferentes tipos de habitat.

Quando estudamos os limites de distribuição, falamos que a área de localização de determinada espécie está cercada por outras nas quais ela não consegue manter uma população devido às diferentes condições físicas ou à falta de recursos alimentares, que não permite a sua sobrevivência. Nesse sentido, cada espécie ocupa uma área particular (distribuição geográfica), com uma extensão variável, onde os organismos se encontram de maneira aleatória e espontânea. Buscando compreender e delimitar as áreas de

distribuição dos seres vivos, elas foram classificadas, em função de sua extensão e sua configuração, em quatro tipos principais: área cosmopolita, área endêmica, área disjunta e área circunterrestre.

Com certeza você já deve ter percebido que as pombas domésticas (*Columba livia*) estão por toda parte, não é mesmo? A distribuição dessas aves cobre a maior parte da biosfera, assim como a dos seres humanos, dos ratos, das moscas. A esse tipo de distribuição, damos o nome de cosmopolita.



Refleta

Na distribuição cosmopolita é difícil identificar o centro de origem da espécie, uma vez que os indivíduos possuem ampla distribuição geográfica. Nessa perspectiva, podemos dizer que as espécies invasoras são cosmopolitas?

Agora, vamos pensar na distribuição dos ursos polares. Eles não estão por toda parte, não é mesmo? Esses animais vivem em áreas circumboreais. Já as palmeiras, em áreas circuntropicais, e os carvalhos em áreas circuntemperadas. O que tais espécies têm em comum é o fato de sua distribuição se verificar entre limites de latitudes específicas, denominadas áreas circunterrestres. Lembre-se de que em cada uma dessas áreas de distribuição há fatores ecológicos e gradientes ambientais específicos, que possibilitam o desenvolvimento e a sobrevivência dessas espécies.

Outro tipo de área de distribuição é a chamada área disjunta, caracterizada pela fragmentação em duas ou mais partes. Essa fragmentação impede que indivíduos de uma parte cheguem à outra. Por exemplo, na América do Sul existem espécies dos gêneros *Lama* (lhama) e *Vicugna* (alpaca), enquanto que na África e na Ásia, encontramos espécies do gênero *Camelus* (camelo e dromedário). Todos eles, no entanto, pertencem à família dos camelídeos.

Outro exemplo de espécie com distribuição disjunta é o tucano *Ramphastos ariel*, que ocorre na América do Sul, porém, não em toda a sua extensão, mas em mais de uma região, com vazios entre elas: é possível encontrar essa espécie no Amazonas e no Maranhão, bem como no Espírito Santo.

Cabe ressaltar que na distribuição disjunta é preciso que as áreas estejam ocupadas de forma simultânea, ou seja, não considera espécies migratórias.

Devido ao fato de cada nova espécie de organismo evoluir em uma área particular e restrita, sua distribuição será limitada pelas barreiras que circundam sua área de origem. Por sua vez, cada uma dessas áreas contém

organismos que não são encontrados em nenhum outro lugar, sendo chamados de endêmicos àquela área.

Nessa perspectiva, uma área endêmica é a que se encontra em uma região restrita. Na medida em que o tempo passa, um número cada vez maior de organismos dessa área evolui e, assim, o percentual da biota endêmica se torna um indicador da extensão do tempo em que uma área ficou isolada.

O grau de endemismo em uma área é regulado por dois fatores principais: o isolamento e a estabilidade. Dessa forma, ilhas e montanhas isoladas são sempre ricas em organismos endêmicos. Já em locais com relativa estabilidade climática, é mais difícil de ocorrer, apesar de certas regiões da Terra serem mais estáveis do que outras. Independentemente do tipo de distribuição, em uma determinada região, a estrutura da vegetação é essencial na diversidade, uma vez que há uma tendência para que os habitats mais produtivos apresentem, naturalmente, mais espécies.

Existem habitats, contudo, com estruturas simples de vegetação, tais como os brejos, que possuem menos espécies, mesmo com produtividade semelhante. Portanto, a diversidade é alta onde os habitats são heterogêneos e a entrada de energia no ambiente é maior.

Sabemos como as mudanças no clima deslocaram as distribuições de plantas e animais, sobretudo há milhões de anos, com a separação dos continentes. Da mesma forma que longos períodos de isolamento levaram a formas únicas de vida em muitas regiões da Terra, condições ambientais semelhantes em cada uma das regiões igualmente levaram à evolução de soluções semelhantes para problemas comuns.

O processo pelo qual espécies não aparentadas, que vivem sob condições ecológicas semelhantes, assemelham-se mais umas às outras do que a seus ancestrais é chamado de convergência.



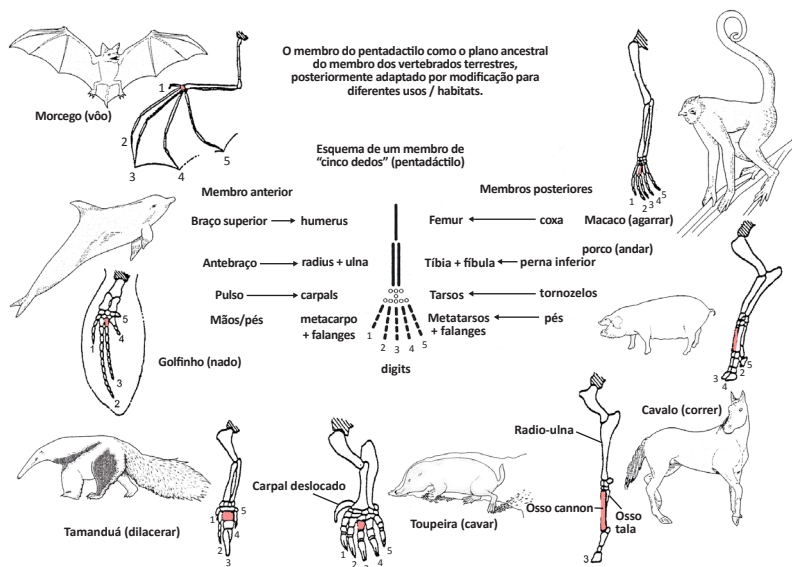
Exemplificando

Os ratos-cangurus estão distribuídos nos desertos da Austrália, África e América do Norte. Apesar de viverem em regiões distintas, todos apresentam adaptações ao deserto, logo, os três grupos evoluíram convergentemente. Tais adaptações incluem patas traseiras longas, corpo arredado, salto bípede, hábitos noturnos, a característica de se enterrarem, entre outras. No mundo vegetal também há exemplos de convergência, como as plantas insetívoras, amplamente distribuídas, mas que evoluíram de forma independente e desenvolveram mecanismos de captura de insetos como alternativa à absorção de nutrientes que, porventura, estejam carentes no solo.

Nesse sentido, o princípio da convergência assume que a quantidade de espécies e outros aspectos da estrutura e função de uma comunidade são determinados, sobretudo, pelas condições ambientais locais.

Quando um grupo ancestral coloniza ambientes diferentes e passa pela especiação, temos um processo evolutivo chamado de irradiação adaptativa. Isso porque diferentes gradientes ambientais atuarão sobre esses grupos, favorecendo o surgimento de novas espécies. Um exemplo de irradiação adaptativa é a diversificação dos mamíferos, visto que eles possuem um ancestral comum e são adaptados a diversos tipos de habitats, como terrestres, aéreos e aquáticos. Observe, na Figura 2.3, a adaptação do membro para diferentes usos / habitats.

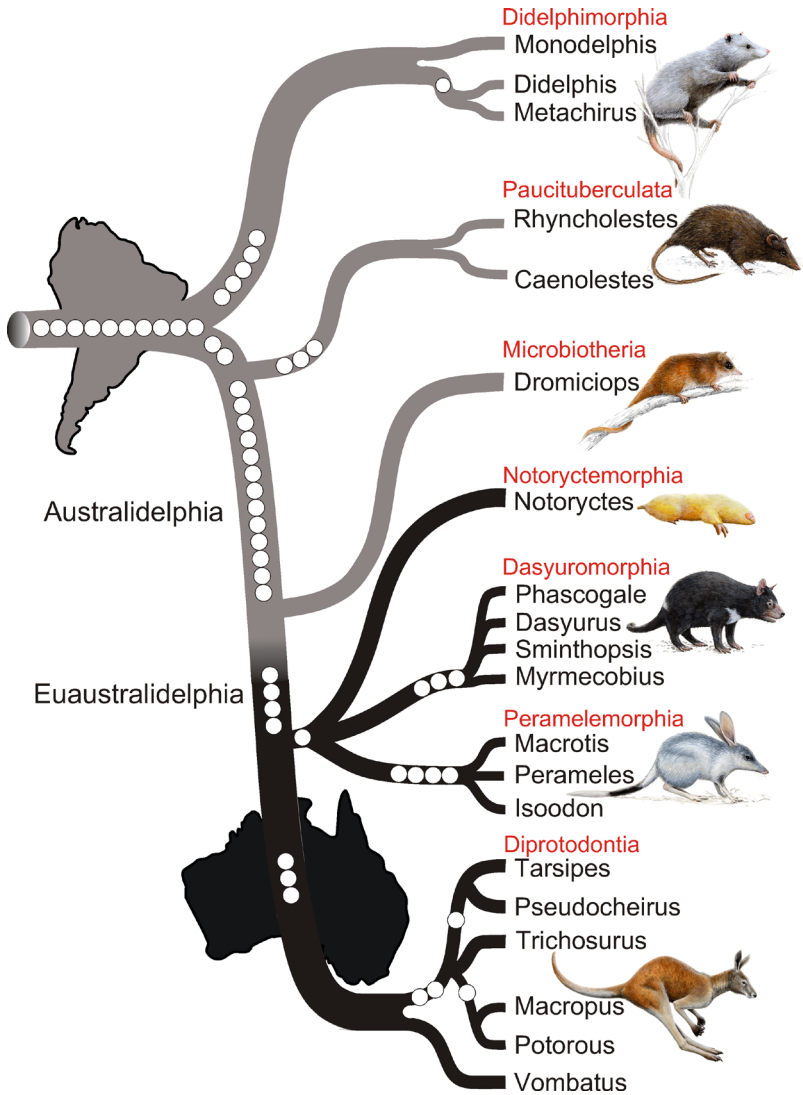
Figura 2.3 | Adaptação do membro pentadátilo (ancestral) dos vertebrados terrestres adaptada por modificação para diferentes usos / habitats



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Evolution_pl.png. Acesso em: 21 out. 2018.

Os marsupiais, por exemplo, são um grande número de mamíferos que compreendem os gambás, as cuiças e cangurus. No entanto, os cangurus (ordem Diprotodontia) são encontrados apenas na Austrália, ao passo que os gambás (ordem Didelphimorphia) são encontrados dos Estados Unidos até a América do Sul, conforme pode ser visualizado na Figura 2.4.

Figura 2.4 | Árvore filogenética de marsupiais



Fonte: <https://bit.ly/2PjwJ5S>. Acesso em: 21 out. 2018.

Assim, notamos que os gradientes ambientais podem ser distintos ou semelhantes em diferentes regiões, levando os organismos à adaptação, fato que, até mesmo, favorece o processo de especiação. Vamos, agora, refletir sobre a biodiversidade no planeta Terra.

Sabemos que a biodiversidade é maior nos trópicos, em função da maior incidência solar e de outros fatores ecológicos. O termo biodiversidade significa o conjunto de todos os seres vivos existentes no planeta Terra. Tal conceito foi popularizado na década de 1980, sobretudo após a publicação do livro de mesmo título, *Biodiversity*, de Edward Osborne Wilson (1986).

Esse termo designa “o número de taxa numa área local (diversidade alfa) ou região (diversidade gama). Também, uma medida da variedade de taxa numa comunidade que leva em consideração a riqueza (número de espécies) e a abundância relativa (número de indivíduos em cada espécie)” (RICKLEFS, 2003, p. 67).

Mas para entender o que é a biodiversidade, devemos considerar o termo em dois níveis diferentes: todas as formas de vida, assim como os genes contidos em cada indivíduo, e as inter-relações, ou ecossistemas, nas quais a existência de uma espécie afeta diretamente muitas outras.

A diversidade biológica está presente em todo lugar, nos desertos, nas tundras congeladas ou nas fontes de água sulfurosa. A diversidade genética possibilitou a adaptação da vida nos mais diversos pontos da Terra. As plantas, por exemplo, estão na base dos ecossistemas. Como elas florescem com mais intensidade nas áreas úmidas e quentes, a maior diversidade é detectada nos trópicos, como é o caso da Amazônia e sua excepcional vegetação. Dois terços da vasta Bacia Amazônica estão no Brasil, que também abriga o maior sistema fluvial do planeta.

A variedade de um ecossistema é identificada, portanto, como a diversidade de espécies que vivem em uma determinada área e como coexistem em uma comunidade, interagindo de diferentes formas. Tudo isso é conhecido como biodiversidade.

Mas então, como a biodiversidade é medida? Para responder à pergunta é preciso compreender os conceitos de riqueza e abundância de espécies. A riqueza designa o número de espécies encontradas em uma comunidade, e a abundância se refere ao número total de indivíduos encontrados em cada espécie.

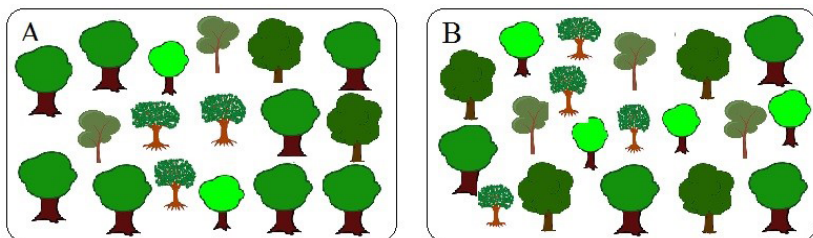
O que determina a abundância dentro de cada espécie são os recursos disponíveis para cada população, além dos fatores biológicos, como a pressão exercida pela predação e competição. Dessa forma, podemos dizer que a abundância reflete o equilíbrio entre os diversos fatores ecológicos, bem como as variações entre eles.

Outro conceito importante é o da equidade, também conhecido como equitabilidade ou igualdade, que se refere ao padrão de distribuição de indivíduos entre as espécies. A equidade está relacionada com a dominância de espécies dentro de uma comunidade ou região.

Todos esses conceitos, de biodiversidade, de riqueza, abundância e equidade são calculados a partir de modelos matemáticos, sendo de suma importância para os estudos de conservação da biodiversidade, sobretudo para os ecólogos e biólogos.

A Figura 2.5 apresenta duas comunidades, A e B. Observe que em ambas existem cinco espécies de árvores, porém, a comunidade A é dominada por uma de suas 5 espécies, enquanto que na comunidade B as espécies estão em populações mais homogêneas, ou seja, sem dominância. Dessa forma, a comunidade B apresenta maior diversidade do que a comunidade A.

Figura 2.5 | Espécies nas comunidades A e B



Fonte: elaborada pela autora (2018).



Pesquise mais

Os conceitos de abundância e riqueza se parecem e podem, muitas vezes, nos confundir, não é mesmo? Por isso, para compreender melhor a aplicação de tais conceitos, leia o artigo científico intitulado *Distribuição e riqueza de espécies arbóreas raras em fragmentos de floresta ombrófila mista ao longo de um gradiente altitudinal*, em Santa Catarina, publicado no ano de 2015 na Revista *Árvore*.

FERREIRA, T. de S. *et al.* Distribuição e riqueza de espécies arbóreas raras em fragmentos de floresta ombrófila mista ao longo de um gradiente altitudinal, em Santa Catarina. **Rev. *Árvore***, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 447-455, jun. 2015.

Assim, concluímos que é relevante estudar e discutir os processos de especiação e distribuição de espécies e relacioná-los aos fatores ecológicos e aos gradientes ambientais, haja vista que eles são determinantes e possibilitam semelhanças entre espécies que habitam regiões distantes e diferenças entre espécies que compartilham o mesmo habitat.

Caro aluno, a interação entre os fatores ecológicos, juntamente aos mecanismos básicos de evolução, são responsáveis pelos padrões de especiação e de distribuição das espécies na superfície do planeta Terra. Nesse contexto, vamos relembrar o seu percurso metodológico.

Juntamente aos demais peritos ambientais, a sua equipe foi incumbida em estudar os eventos de especiação associados às ações antrópicas na região Sul do Brasil. Durante a perícia, você observou a variação genética em dois grupos de espécies do gênero *Passiflora* (Passifloraceae) e verificou que a *Passiflora actinia* e *Passiflora elegans* são espécies parapátricas. Porém a primeira se encontra em uma região cujo solo está contaminado com rejeitos de uma antiga mina, enquanto a outra se distribui em áreas sem tais problemas. Você deverá apresentar um relatório técnico com tais resultados para que o Ministério Público possa compará-los com a antiga denúncia.

Nas primeiras observações, você identificou que a área contaminada foi determinante para o processo de especiação e que também ocorreram modificações no ambiente ao longo do tempo. Agora, para finalizar a perícia e dar respaldo às suas observações, você deve mencionar em seu relatório aspectos relativos à Ecologia da Paisagem. Para o levantamento de tais aspectos, você tomou como guia os seguintes questionamentos: houve alteração dos gradientes ambientais nas regiões observadas? Quais alterações na estrutura da paisagem permitem fundamentar que o processo de especiação, nesse caso, ocorreu devido à contaminação do solo da antiga mina? Qual o tipo de distribuição geográfica do gênero estudado?

As espécies observadas na perícia são parapátricas cujo processo de especiação teve como fator determinante a contaminação do solo por uma antiga mina. A espécie *Passiflora actinia*, presente na área cujo solo está contaminado, precisou se adaptar às novas condições do meio ambiente, a um novo gradiente ambiental, com novos fatores limitantes, que, no caso, foi a contaminação do solo.

Ao longo dos anos, essa adaptação favoreceu o processo de especiação observado. Tal fato pode ser explicado ao analisar os elementos da Ecologia da Paisagem, visto que houve uma alteração da sua estrutura original, levando à formação de manchas. Nesse caso, as manchas observadas na estrutura da paisagem são resultantes da alteração ou do distúrbio antrópico, que é a contaminação do solo pela antiga mina. Além disso, a perícia constatou a presença de corredores, faixas de terra, ligados a manchas de vegetação similar. Tal fato explica a presença de uma espécie parapátrica, *Passiflora elegans*, em uma área próxima, mas que não está exposta à contaminação do solo.

O relatório de perícia ambiental deve conter as informações levantadas na vistoria e o parecer conclusivo, sendo, portanto, uma produção que exige

conhecimentos técnicos e científicos. Por isso, é necessário ser objetivo e claro em seus apontamentos. Além disso, lembre-se que você deve gravar um podcast sobre o assunto do relatório da perícia. Antes de iniciar a gravação, apresente-se e indique qual é o tema a ser tratado; ao final, prepare uma fala de encerramento. Os podcasts ganham espaço em todos os setores, dado à sua versatilidade de comunicação! Outro ponto importante é que esse podcast também poderá ser disponibilizado em diversas mídias e socializado com todos os moradores e moradoras locais, permitindo um maior acesso ao conhecimento e à informação.

Faça valer a pena

1. A paisagem se desenvolve a partir da ação dos processos geomorfológicos, dos padrões de colonização dos organismos e das alterações locais promovidas pelos indivíduos. Nessa perspectiva, a Ecologia de Paisagem estuda a integração dos elementos físicos, químicos, biológicos e antrópicos.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa que apresenta os três elementos principais de uma paisagem.

- a) Matriz, corredor e mudanças.
- b) Estrutura, função e mudanças.
- c) Matriz, corredor e manchas.
- d) Função, corredor e matriz.
- e) Corredor, mudanças e função.

2. Em 1939, o geógrafo alemão Carl Troll (1889-1975) propôs o termo Ecologia da Paisagem para designar uma ciência que estuda a paisagem, considerada como uma integração dos elementos físicos, químicos, biológicos e antrópicos, que, quando juntos, formam um conjunto em perpétua evolução. Nesse contexto, o fluxo de fatores abióticos e bióticos dentro de uma paisagem e entre diferentes tipos de paisagens ocorre por interações entre três componentes principais.

Considerando o contexto apresentado, avalie as afirmativas a seguir:

I - Os três componentes principais de uma paisagem que permitem o fluxo de fatores ecológicos são: o corredor, a matriz e a mancha.

II - As matrizes são definidas como superfícies lineares, representadas pelas comunidades vegetais e animais.

III - Os corredores são faixas de terra que podem estar isolados, mas geralmente estão ligados a manchas de vegetação similar.

IV - A matriz é composta pela porosidade, conectividade e pela borda, sendo esta o limite entre a mancha e a matriz.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa que apresenta somente as assertivas corretas:

- a) I e II.
- b) III e IV.
- c) I, III e IV.
- d) II e III.
- e) I, II e III.

3. A família Camelidae possui diferentes gêneros que habitam diferentes regiões do planeta Terra, tais como as espécies dos gêneros *Lama* (lhama) e *Vicugna* (alpaca), que habitam a América do Sul, e as espécies do gênero *Camelus* (camelo e dromedário), que habitam a África e a Ásia.

Considerando o contexto apresentado, julgue cada item como (V) verdadeiro ou (F) falso:

- () A distribuição geográfica da família Camelidae é dita cosmopolita, visto que é difícil identificar o centro de origem da espécie.
- () A distribuição geográfica da família Camelidae é a mesma distribuição dos ursos polares, pois vivem em áreas circunboreais.
- () A distribuição geográfica da família Camelidae é chamada de área congruente, caracterizada pela fragmentação em duas ou mais partes.
- () A distribuição geográfica da família Camelidae é a mesma do tucano *Ramphastos ariel*, chamada de disjunta devido à fragmentação em duas ou mais partes.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência CORRETA.

- a) F – F – F – V.
- b) F – V – F – V.
- c) V – V – F – V.
- d) F – F – V – F.
- e) F – V – V – F.

Referências

- LOPES, S. G. B. C.; CHOW HO, F. F. Noções Básicas de Sistemática Filogenética. *In: Vida e Meio Ambiente: diversidade biológica e filogenia*. São Paulo: Universidade de São Paulo. [s.d.]. Disponível em: https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/diversidade_biologica_filogenia_PLC0019/Bio_Filogenia_top04.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.
- COLLEY, E.; FISCHER, M. L. Especiação e seus mecanismos: histórico conceitual e avanços recentes. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1671-1694, out./dez., 2013. Disponível em <http://www.redalyc.org/html/3861/386138080014/> - Acesso em: 8 nov. 2018.
- COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia**: uma abordagem ecológica e evolucionária. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.
- GENÉTICA na escola. **Jogo galápagos**: a extinção e a irradiação de espécies na construção da diversidade biológica. Disponível em: http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/jogos/manual_galapagos.pdf. Acesso em: 30 set. 2018.
- OLIVEIRA, M. V. de M. *et al.* **Jogo galápagos**: a extinção e a irradiação de espécies na construção da diversidade biológica. [s.d.]. Disponível em: http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/jogos/manual_galapagos.pdf. Acesso em: 30 set. 2018.
- RICKLEFS, R. E. A **economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2003.
- WILSON, E. O; PETER, F. M. **Biodiversity**. Washington, D.C: National Academy Press, 1988.

Unidade 3

Unidades biogeográficas

Convite ao estudo

Caro aluno,

Seja bem-vindo à terceira unidade do curso de Biogeografia. Nela apresentamos as principais formações vegetacionais do mundo e do Brasil, abordando os fatores a elas relacionados ao redor do planeta Terra. Você já deve ter observado, ao viajar, por exemplo, que existem diferentes tipos de vegetação, sendo algumas regiões com vegetação ausente, rasteira, com árvores esparsas ou até mesmo com alta densidade de flora. Você já parou para pensar o que determina e influencia essas formações? Pois bem, nesta unidade aprofundaremos os estudos sobre os padrões de distribuição e de desenvolvimento das principais formações vegetacionais, que constituem as unidades biogeográficas, com as fitofisionomias no mundo e no Brasil, bem como as paisagens biogeográficas, divididas em regiões zoogeográficas, fitogeográficas e regiões especiais.

O estudo desta unidade permitirá o desenvolvimento de competências essenciais para o reconhecimento e caracterização das formações vegetacionais e faunísticas do planeta Terra, com destaque para os biomas brasileiros. Assim, será possível argumentar sobre os processos que envolvem essa heterogeneidade biogeográfica.

Dessa forma, você conhecerá a relação entre a topografia, o solo e as zonas climáticas na formação das diferentes vegetações existentes. Sendo assim, imagine que você é geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e será um dos membros da equipe responsável pela revisão do plano de manejo de uma unidade de conservação de proteção integral, o Parque Nacional Serra da Canastra. Este parque foi criado em 1972, possui 71.525 hectares demarcados e parte do seu território abrange os municípios de São Roque de Minas, Sacramento e Delfinópolis. Ao final da revisão, o plano de manejo será apresentado aos responsáveis pela sua aprovação no ICMBio. Seu desafio é compreender a importância dos estudos sobre as diferentes formações vegetacionais, observando a necessidade de se avaliar como os fatores bióticos e abióticos que determinam os tipos de paisagem. Ao longo de nossos estudos, conheceremos todas as unidades biogeográficas e como se deu seu processo de formação ao longo do tempo, além de refletirmos sobre as ações antrópicas e a conservação dessas formações vegetacionais. Então, vamos iniciar?

As principais formações vegetacionais no mundo

Diálogo aberto

Caro aluno,

A superfície da Terra não é inerte, tudo que nela está contido se relaciona dinamicamente; os continentes nada mais são do que porções de rocha de baixa densidade flutuando sobre o material mais denso no interior da Terra. O movimento dos continentes, provocado pelas correntes de convecção, que acontecem abaixo da crosta terrestre, permitiu, ao longo do tempo geológico, o reconhecimento de regiões biogeográficas. Além disso, o clima e as variações na topografia e nos solos influenciam as distribuições locais da vegetação. Portanto, todos esses fatores determinam as unidades biogeográficas e suas principais formações vegetacionais: os biomas.

Imagine que você é geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e será um dos membros da equipe responsável pela revisão do plano de manejo de uma unidade de conservação de proteção integral, o Parque Nacional Serra da Canastra. Este parque foi criado em 1972, possui 71.525 hectares demarcados e parte do seu território abrange os municípios de São Roque de Minas, Sacramento e Delfinópolis. Ao final da revisão o plano de manejo será apresentado aos responsáveis pela sua aprovação no ICMBio.

Neste contexto, a primeira etapa de revisão do citado plano de manejo é a caracterização ambiental da unidade de conservação e para tanto, você fez uma visita ao parque. De acordo com os dados do antigo plano de manejo, ele se localiza em uma região classificada como zona climática II. Com essa informação, é preciso pensar qual o domínio fitogeográfico onde está inserido o parque e assim, verificar quais as características do clima dessa zona e desse domínio fitogeográfico, refletindo se é possível outras classificações e se esta está correta.

Para que você consiga responder esses e outros questionamentos, estudaremos as formações vegetais, considerando os fatores que mais determinam os tipos de vegetação, que são a temperatura, a umidade e o solo. Então, vamos conhecer os tipos de vegetação existentes no mundo? Bons estudos!

Caro aluno,

Já estudamos os fatores históricos e ecológicos da distribuição dos seres vivos no tempo e no espaço. Entre aqueles de ordem física, sabemos que o clima exerce grande influência sobre a cobertura vegetal de uma área e consequentemente na distribuição da fauna. Ao longo de bilhões de anos, a Terra sofreu diversas modificações em seu ambiente físico, dentre elas, destacamos as oscilações drásticas nos tipos climáticos, o que proporcionou ao planeta momentos de resfriamento e aquecimento, moldando o padrão de distribuição dos seres vivos na superfície. A vegetação e os ecossistemas são determinados pelos fatores ecológicos, sobretudo pelo clima. Assim, definimos o bioma como uma região na qual as características ecológicas, o ecossistema e as características climáticas se encontram integradas e constituem um conjunto dinâmico e integrado.

Um bioma se desenvolve a partir de adaptações à zona climática na qual está inserido, e essas zonas climáticas são resultados da forma como se organizam os sistemas globais de circulação atmosférica e correntes marítimas. Dentro de um único bioma, há variações regionais de composição florística e faunística porque sempre há mudanças locais dos fatores abióticos dentro de um bioma.

Rickfles (2003) afirma que, embora não exista lugares que abriguem exatamente o mesmo conjunto de espécies, podemos agrupar unidades biológicas em categorias (biomas) baseadas em suas formas vegetais dominantes, o que dá às comunidades a sua característica geral.

Diferentes solos, por exemplo, formados a partir de diferentes rochas, podem ser encontrados dentro de um mesmo bioma. As características desses solos condicionam, junto a outros fatores, o aparecimento da vegetação típica de cada local, o que proporciona as diferenças regionais. Essa possibilidade de distinguir completamente os biomas advém do fato de que nenhum tipo de planta pode resistir a todo intervalo de gradiente ambiental.



Refleta

Cada espécie se desenvolve e sobrevive em uma região, considerando um intervalo de tolerância das condições ambientais. No entanto, se as plantas tivessem uma tolerância mais ampla às condições físicas, então a Terra seria coberta por um único bioma?

Portanto, as abrangências das espécies são limitadas pelas condições físicas do meio. Em ambientes terrestres, a temperatura e a umidade são as variáveis mais

importantes. Vamos, agora, recordar brevemente os conceitos de clima e tempo.

Segundo Troppmair (2002), o clima é uma sucessão habitual do tempo em um determinado local, caracterizado pela ação de um conjunto de fatores, como insolação, temperatura, umidade, vento, precipitação, evaporação e teor de CO₂, que interagem entre si, provocando variações no tempo e em escala mais ampla, influenciando o clima de determinadas regiões. Já o tempo é estado momentâneo da atmosfera, como o fato de estar frio e chovendo em uma determinada região em um determinado momento.

Neste contexto, a intensidade da radiação solar, a umidade atmosférica, as correntes de água e a redistribuição do calor, viabilizam a existência de diversas zonas climáticas na Terra. A topografia pode ser responsável por variações locais no clima em áreas pontuais; a geologia, por sua vez, causa modificações nas características do solo até mesmo em escalas maiores. A distribuição das plantas é influenciada pelas características do solo, denominadas de fatores edáficos (RICKFLES, 2003).

A presença de ambientes heterogêneos no planeta também proporciona modificações regionais no clima, já que a capacidade de absorção de luz é variável, provocando diferentes zonas de aquecimento e resfriamento.

Um dos esquemas de classificação climático mais amplamente adotado é o sistema de zona climática desenvolvido pelo ecólogo Heinrich Walter (1898–1989). Esse sistema possui nove divisões, baseadas no curso anual de temperatura e precipitação.



Exemplificando

Quadro 3.1 | Zonas climáticas desenvolvido por Heinrich Walter

Nome do bioma	Zona climática	Vegetação
Floresta pluvial tropical	I - Equatorial	Floresta pluvial tropical perene
Floresta tropical sazonal/savana	II - Tropical	Floresta sazonal, arbustos ou savana
Deserto subtropical	III - Subtropical	Vegetação desértica com grande superfície exposta
Bosque/arbusto	IV - Mediterrâneo	Xerófila, arbustos sensíveis ao congelamento e bosques
Floresta pluvial temperada	V - Temperado quente	Floresta temperada úmida, com sensibilidade ao congelamento
Floresta sazonal temperada	VI - Nemoral	Resistente ao gelo, decídua, floresta temperada
Campo/deserto temperado	VII - Continental (desérticos frios)	Campos e desertos temperados
Floresta boreal	VIII - Boreal	Floresta de folhas aciculadas, perenes, duras e resistentes ao gelo (taiga)

Tundra	IX – Polar	Vegetação perene baixa, sem árvores, crescendo sobre solos permanentemente gelados
--------	------------	--

Fonte: adaptado de Ricklefs (2003, p. 97).

Cabe ressaltar que os valores de temperatura e precipitação usados para definir as zonas climáticas correspondem às condições de estresse de umidade e frio que são determinantes nas formas de vegetação e, portanto, a distribuição dos grandes biomas da Terra segue esses valores. Além disso, tais valores interagem para determinar as condições e os recursos disponíveis para o crescimento das plantas.

Dessa forma, os padrões climáticos de Heinrich Walter contêm períodos sazonais de déficit e abundância de água e, portanto, permite comparações com significados ecológicos de climas entre as localidades. Os padrões climáticos de Walter retratam a precipitação e a temperatura média mensal ao longo de um ano.



Exemplificando

As cidades de Brasília (Brasil), Harare (Zimbábue) e Darwin (Austrália) pertencem à zona climática tropical II e todas compartilham as temperaturas quentes constantes o ano todo e uma chuva de verão típica dessa zona climática. Além disso, cada uma dessas áreas sustenta vegetação de floresta decídua mudando para savana onde a precipitação é muito baixa. Portanto, os padrões semelhantes de clima dentro de cada zona climática sustentam a vegetação característica que define um tipo de bioma e torna fácil o reconhecimento dos atributos dos ecossistemas em qualquer região.

Assim, os fatores relacionados aos padrões climáticos e determinam o bioma. E como ficam as zonas climáticas?

O bioma de floresta pluvial tropical, zona climática I, é encontrado em três regiões importantes nos trópicos, sendo elas: (1) bacia do Amazonas e do Orinoco da América do Sul, com áreas adicionais na América Central e a longo da costa atlântica do Brasil; (2) área do extremo sul da África oeste que se estende na direção leste através da bacia do rio Congo e, constitui a floresta tropical africana; (3) a floresta pluvial Indo-Malásia cobre parte do sudeste da Ásia (Vietnã, Tailândia e a Península Malásia), as ilhas entre a Ásia e a Austrália, incluindo as Filipinas, Bornéu e Nova Guiné e a costa de Queensland na Austrália (RICKFLES, 2003).

O clima de floresta pluvial tropical, também chamada de floresta ombrófila

densa, possui dois picos de chuvas quando a convergência intertropical se situa sob a região equatorial. Isso ocorre sobretudo em torno dos equinócios. Nesse tipo de floresta, os solos são altamente intemperizados e, relativamente desprovidos de argila e húmus, o que faz com que retenham poucos nutrientes. Além disso, possuem cores avermelhadas, devido à presença de óxidos de ferro e alumínio.

A vegetação das florestas pluviais tropicais é caracterizada por um contínuo dossel de árvores perenes altas (39-40 metros), com árvores emergentes ocasionais, que se elevam acima da copa, a altitudes de até 55 metros. Além disso, existem várias camadas de subandares abaixo da copa, contendo pequenas árvores, arbustos e herbáceas, mais espaçadas devido à menor incidência solar que penetra no dossel (RICKLFES, 2003).

Apesar de o solo ser pobre em nutrientes, a diversidade de espécies na floresta pluvial tropical é maior que em qualquer outra parte da Terra. Isso é possível devido à alta produtividade biológica e à grande quantidade de biomassa presente acima do solo. Nas florestas tropicais úmidas, forma-se uma camada de material orgânico ou em decomposição acima do solo.

Essa camada é chamada de serapilheira e é constituída por folhas, galhos, flores, frutos, sementes e dejetos de animais. Como nesse bioma as temperaturas e a umidade são altas, a serapilheira se decompõe rapidamente, liberando nutrientes para o solo. É essa rápida reciclagem de nutrientes que sustenta a alta produtividade. Por isso, o desmatamento das florestas tropicais deixa os solos vulneráveis à erosão rapidamente, uma vez que não há ciclagem de nutrientes, degradando o ambiente e tornando a paisagem improdutiva.

O bioma de floresta/savana sazonal tropical (zona climática II) ocorre nos trópicos, mas além dos 10° (ao Norte e ao Sul) do Equador, os climas tropicais frequentemente apresentam uma estação seca acentuada, que corresponde ao inverno das latitudes mais altas. Essas florestas possuem, principalmente árvores decíduas que perdem suas folhas durante a estação de estresse hídrico.

Contudo, estações secas cada vez mais longas e mais severas proporcionam uma vegetação mais baixa e com mais espinhos, que protegem suas folhas das pastagens. Além disso, os solos também tendem a ser pobres em nutrientes. Já as savanas são campos com árvores esparsas, e se distribuem em grandes áreas nos trópicos secos, sobretudo na África.

Nesse bioma, os incêndios e a pastagem representam importantes papéis na manutenção do seu caráter, porque as gramíneas podem resistir melhor em comparação a outras formas de vegetação. Além disso, após incêndios controlados, a floresta seca começa a se desenvolver, sobretudo devido à quebra da dormência das sementes.



Pesquise mais

Com certeza você já deve ter visto em algum noticiário sobre os incêndios florestais, não é mesmo? Mas, será que o fogo é sempre inimigo da vegetação? Para conhecer mais sobre a importância do fogo para as savanas, leia o artigo *O fogo é sempre um vilão nos campos rupestres?*, referenciado a seguir:

ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G. da. O fogo é sempre um vilão nos campos rupestres? Número temático: ecologia e manejo de fogo em áreas protegidas. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, n. 2, p. 120-127, 2011. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. [s.d.].

O bioma de deserto tropical (zona climática III) se desenvolve em latitudes de 20-30° ao norte e ao sul do Equador, em áreas com alta pressão atmosférica, chuva muito esparsa e, geralmente, estações de crescimento longas. Devido à baixa precipitação, os solos são rasos e praticamente desprovidos de matéria orgânica. No entanto, a maioria dos desertos subtropicais recebe chuva de verão, período no qual muitas plantas herbáceas crescem e, as sementes dormentes se desenvolvem rapidamente.

Já o bioma de bosque/arbusto (zona climática IV) está distribuído ao longo de 30-40° ao norte e ao sul do Equador, sendo encontrado no sul da Europa e sul da Califórnia no Hemisfério Norte, e no Chile Central, na região do Cabo da África do Sul e sudoeste da Austrália no Hemisfério Sul (RICKFLES, 2003).

Esta zona climática também é chamada de mediterrânea e é caracterizada por temperaturas de inverno amenas, chuvas de inverno e verões secos, que sustentam uma vegetação arbustiva, espessa, perene, com raízes profundas e folhagens resistentes à seca. Neste bioma os incêndios também são frequentes e, por isso, a maioria das plantas tem sementes resistentes ao fogo ou coroas de sementes que renascem após o incêndio. Além disso, as folhas pequenas das plantas típicas de clima mediterrâneo são chamadas de vegetação esclerofila (folha dura).

O bioma de floresta temperada úmida (zona climática V) ocorre em climas temperados quentes e está distribuído na costa noroeste da América do Norte, sul do Chile, Nova Zelândia e Tasmânia. Esta zona climática é caracterizada por invernos amenos, com chuvas fortes e neblinas de verão, fatores que permitem a manutenção de florestas perenes extremamente altas.

Na América do Norte ocorrem as sequoias, árvores que normalmente possuem

60-70 metros de altura, mas que podem chegar a 100 metros. Essas formações vegetais são muito antigas e são remanescentes de florestas que foram mais extensas no passado, na Era Mesozoica (70 milhões de anos atrás). Comparando com as florestas tropicais úmidas, a diversidade deste bioma é pequena.

O bioma de floresta sazonal temperada, referente à zona climática VI, é também chamado de floresta decídua e ocorre sob condições moderadas de congelamento no inverno. Esse bioma é encontrado no leste dos Estados Unidos, no sul do Canadá, além de estar amplamente distribuído da Europa e no leste da Ásia. Seus solos são, geralmente, de cor marrom devido ao abundante húmus orgânico. Além disso, a precipitação maior do que a evaporação e a transpiração, permite a percolação da água no solo.

No entanto, as partes mais quentes e secas do bioma, sobretudo onde os solos são arenosos e pobres em nutrientes, tendem a desenvolver florestas de acículas, dominadas por pinheiros, muito comuns no oeste dos Estados Unidos. Ressalta-se que como os solos tendem a ser secos é comum que ocorram incêndios e a maioria das espécies é resistente aos danos causados pelo fogo.

O bioma de campo/deserto temperado (zona climática VII) ocorre na América do Norte, onde os verões são quentes e úmidos e os invernos frios. Esses biomas são chamados de pradarias. Também são encontradas na Ásia Central, onde são conhecidos como estepes. São caracterizados por uma baixa precipitação e por solos ricos em matéria orgânica.

A vegetação é dominada por gramíneas, que crescem mais de 2 metros nas partes mais úmidas e menos que 0,2 metros nas regiões mais áridas. Os incêndios também são frequentes nesse bioma e, a maioria das espécies de campo tem caules subterrâneos resistentes ao fogo, ou rizomas, dos quais os brotos renascem.

Já o bioma deserto temperado cobre a maior parte do oeste dos Estados Unidos e é caracterizado pela elevada evaporação e transpiração do habitat, excedendo à precipitação durante a maior parte do ano. Por isso, os solos são secos e pouca água percola através deles. Porém, nele os incêndios raramente ocorrem.

Finalizando o estudo das zonas climáticas e de seus respectivos biomas, vamos falar sobre as zonas climáticas polares e boreais, que têm temperaturas abaixo de 5 °C.

O bioma de floresta boreal, correspondente à zona climática VIII, estende-se de 50 °N na América do Norte e a cerca de 60 °N na Europa e Ásia. Ele é conhecido como taiga e sua temperatura média anual fica abaixo de 5 °C, contando com invernos severos.

Dessa forma, como a evaporação é baixa, os solos são úmidos durante

a maior parte da estação de crescimento. A vegetação consiste em bosques densos de 10-20 centímetros de altura, com árvores aciculadas perenes, extremamente tolerantes ao congelamento. Além disso, como a serapilheira se decompõe lentamente, esta se acumula na superfície do solo, deixando-o ácido e com baixa fertilidade.

Por fim, o bioma de tundra, referente à zona climática IX, ocorre ao norte da floresta boreal, na chamada zona climática polar. A vegetação desse bioma é caracterizada por uma extensão sem árvores sustentada por solo permanentemente congelado, chamado de permafrost. Durante uma breve estação de verão o solo pode atingir uma pequena profundidade de 0,5 -1 metro. A maior parte das plantas são arbustos lenhosos prostrados, anões, que se desenvolvem próximo ao solo, protegidas das camadas de gelo.

Como você pôde perceber, as distribuições geográficas de plantas nas escalas continentais são determinadas principalmente pelo clima, e as distribuições locais dentro de cada região, podem variar de acordo com a topografia e com os solos. Isso para os biomas terrestres, visto que os biomas aquáticos são diferentes, como veremos adiante.

Ao saber que a forma de crescimento das plantas está diretamente relacionada com o clima, podemos relacionar os tipos de vegetação à temperatura e à precipitação. Já os tipos de vegetação são usados para classificar os ecossistemas em biomas. Porém, vale lembrar que o solo, a sazonalidade climática, os incêndios e as pastagens influenciam adicionalmente o caráter dos biomas. Por isso, existem biomas que pertencem à mesma zona climática, localizados distantes geograficamente e, que ainda podem apresentar diferenças em suas formações vegetais.

O estudo das zonas climáticas permite vislumbrar a importância da Biogeografia, sobretudo para a compreensão das interferências do clima sobre a vegetação, essenciais para traçar medidas de conservação.

Sem medo de errar

Caro aluno,

O conceito de bioma foi desenvolvido para ecossistemas terrestres, em que as formas de crescimento da vegetação dominante refletem condições climáticas. Conhecer os tipos de vegetação e os fatores que as determinam é imprescindível para qualquer tipo de estudo e ação conservacionista.

Neste sentido, lembremos que você é geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e será um dos membros da

equipe responsável pela revisão do plano de manejo do Parque Nacional Serra da Canastra. Ao final da revisão do plano, este será apresentado aos responsáveis pela sua aprovação no ICMBio.

Nesse contexto, a primeira etapa de revisão do plano de manejo é a caracterização ambiental da unidade de conservação e para isso você fez uma visita ao parque. De acordo com os dados do antigo plano de manejo, este se localiza em uma região classificada como zona climática II. Assim, você precisa verificar em qual domínio fitogeográfico está inserido o parque e quais as características do clima dessa zona e desse domínio. Além disso, em qual outra região é possível encontrá-la?

A caracterização ambiental é sempre muito importante e deve ser realizada com cautela, visto que se refere às características da área da unidade de conservação e, a partir dela serão traçadas medidas de conservação. Por isso, o plano de manejo é elaborado por uma equipe multidisciplinar, sendo necessária a atuação do geógrafo, que, entre outras coisas, participa do levantamento, da classificação e da descrição do tipo de vegetação do local. Nesse sentido, consta no antigo plano de manejo do parque que a unidade de conservação se encontra na zona climática II, cujo bioma é a floresta tropical sazonal/savana. Contudo, em sua visita de campo você observou a presença de árvores esparsas e resistentes ao fogo, que são características de uma vegetação de savana e não de uma floresta tropical sazonal.

Após a identificação do tipo de bioma e do tipo de vegetação, você analisou os dados juntamente com aqueles obtidos acerca do clima local, caracterizado por invernos secos e temperaturas amenas, mas cuja temperatura média anual fica acima de 20 °C. Essas informações possibilitaram que a sua classificação fosse clara, inclusive que identificasse que tal zona climática e tal vegetação também ocorrem no leste da África.

Além disso, na descrição do diagnóstico ambiental a partir dessas informações, foi possível descrever que o solo da região em estudo tende a ser pobre em nutrientes. Todas essas informações serão importantes para a correta identificação e previsão dos impactos ambientais do empreendimento. Por isso, cabe ressaltar a importância da atuação do geógrafo nos estudos do plano de manejo, sobretudo na identificação das formações vegetais.

Identificando uma zona climática

Descrição da situação-problema

A distribuição das espécies é limitada, sobretudo pelas condições físicas do meio. Em ambientes terrestres as principais variáveis responsáveis por essa limitação são a temperatura e a umidade. Assim, durante uma de suas aulas sobre formações vegetais, em especial sobre as florestas pluviais, você apresentou uma imagem como exemplo e mencionou que um dos grandes problemas que essas regiões enfrentam se relaciona à biopirataria.

Um dos estudantes socializa com a turma que, recentemente, leu na web que a Polícia Federal, juntamente com o IBAMA haviam apreendido uma quantidade considerável de amostras de solo na bagagem de um estrangeiro que estava aqui no Brasil e que pretendia sair do país com tudo isso de forma ilegal. Na notícia, havia um trecho da entrevista com o citado estrangeiro na qual ele dizia que, diante de uma exuberância notável, como a floresta amazônica, que problema teria ele em levar algumas amostras de um solo tão pobre em nutrientes.

A polêmica se instalou em sala e você percebe que o único ponto em que todos concordam é que qualquer parte do patrimônio biológico do Brasil não deve realmente sair do país de maneira ilegal, porém os estudantes não conseguiam entender o motivo pelo qual o estrangeiro fez a comparação entre o solo (pobre em nutrientes) e a rica biodiversidade da Amazônia.

Assim, você precisa encontrar um caminho pedagógico para trabalhar com a turma, a fim de esclarecer como é que solos das florestas pluviais, sendo pobre em nutrientes, são capazes de sustentar vegetações tão exuberantes.

Resolução da situação-problema

Em primeiro lugar, cabe ressaltar que as florestas fluviais tropicais pertencem à zona climática I, caracterizada por clima quente e que recebem alta precipitação ao longo do ano. Além disso, essa zona climática apresenta solos antigos e muito intemperizados. São relativamente desprovidos de húmus e argila e, por isso, têm pouca capacidade para reter nutrientes. O que possibilita o crescimento da vegetação e mantém a alta biodiversidade é que, por causa das temperaturas continuamente altas e da umidade abundante, a serapilheira se decompõe facilmente, e a vegetação imediatamente assimila os nutrientes liberados. Ou seja, existe uma rápida reciclagem de nutrientes.

Porém, é importante destacar que, por isso, o ecossistema da floresta pluvial é extremamente vulnerável a perturbações, como o desmatamento. Quando as árvores são cortadas, a ciclagem de nutrientes é interrompida ou até mesmo cessada, deixando o solo improdutivo.

Faça valer a pena

1. A distribuição geográfica das plantas nos continentes é determinada principalmente pelo clima. O ecólogo Heinrich Walter (1898 – 1989) propôs um dos esquemas de classificação climática mais amplamente adotado, que possui nove divisões, baseadas no curso anual de temperatura e precipitação.

Considerando o contexto apresentado, associe a zona climática com o seu respectivo tipo de vegetação:

Zona Climática	Tipo de Vegetação
I	1 – Floresta temperada úmida, sensível ao congelamento.
II	2 – Vegetação desértica com grande superfície exposta.
III	3 – Floresta pluvial tropical perene.
IV	4 – Floresta sazonal, arbustos ou savana.
V	5 – Xerófila, arbustos sensíveis aos congelamento e bosques.

Fonte: adaptado de Rickfles (2003, p. 97).

A alternativa que apresenta a associação correta é:

- a) I – 3; II – 4; III – 2; IV – 5; V – 1.
- b) I – 2; II – 2; III – 3; IV – 5; V – 4.
- c) I – 5; II – 4; III – 2; IV – 3; V – 1.
- d) I – 3; II – 2; III – 4; IV – 1; V – 5.
- e) I – 5; II – 1; III – 2; IV – 4; V – 3.

2. O clima, a topografia e o solo determinam o caráter de mudança da vida animal e vegetal sobre a superfície da Terra. Contudo, podemos agrupar unidades biológicas em categorias baseadas em suas formas vegetais dominantes, chamadas de biomas.

Considerando o contexto apresentado, preencha corretamente as lacunas a seguir:

Frequentemente denominado de _____, o bioma de floresta sazonal temperada ocorre sob condições moderadas de congelamento no inverno, como a leste dos Estados Unidos. Os solos possuem coloração marrom devido ao abundante

_____ e, as árvores _____ são a forma de crescimento vegetal dominante.

A alternativa que contém os termos corretos para as lacunas do texto, respectivamente, é:

- a) Floresta aciculada / alumínio / decíduas.
- b) Floresta decídua / húmus orgânico / decíduas.
- c) Floresta tropical / alumínio / xerófilas.
- d) Floresta decídua / húmus orgânico / xerófilas.
- e) Floresta temperada / alumínio / decíduas.

3. Bioma que ocorre em climas temperados quentes e está distribuído na costa noroeste da América do Norte, sul do Chile, Nova Zelândia e Tasmânia. Além disso, é caracterizado por invernos amenos, com chuvas fortes de inverno e neblinas de verão, fatores que permitem a manutenção de florestas perenes extremamente altas.

A partir das informações apresentadas anteriormente é possível concluir que se trata de qual bioma e de qual zona climática?

- a) Floresta boreal, pertencente à zona climática VIII.
- b) Floresta sazonal, pertencente à zona climática I.
- c) Floresta pluvial tropical, pertencente à zona climática II.
- d) Floresta temperada úmida, pertencente à zona climática V.
- e) Floresta temperada perene, pertencente à zona climática IV.

As principais formações vegetacionais no Brasil

Diálogo aberto

Caro aluno,

Do ponto de vista florístico, o espaço geográfico brasileiro é subdividido em regiões fitogeográficas, cada uma delas contendo endemismos no que se refere a gêneros e espécies, tanto de flora como de fauna. Essas regiões fitogeográficas são também chamadas de biomas. Neste contexto, imagine a seguinte situação:

Você é geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e será um dos membros da equipe responsável pela revisão do plano de manejo de uma unidade de conservação de proteção integral, o Parque Nacional Serra da Canastra. Este parque foi criado em 1972, possui 71.525 hectares demarcados e parte do seu território abrange os municípios de São Roque de Minas, Sacramento e Delfinópolis. Ao final da revisão o plano de manejo será apresentado aos responsáveis pela sua aprovação no ICMBio.

Na segunda parte da caracterização ambiental, você deve apresentar as características do domínio fitogeográfico, de tal forma que seja possível traçar estratégias de conservação. Na primeira etapa você identificou que a região de influência se localiza na zona climática II, cujo domínio fitogeográfico é o Cerrado, semelhante à savana. Nesse sentido, é preciso pensar qual o tipo de bioma brasileiro possui as características semelhantes ao bioma savana e quais seriam as características da formação vegetal do bioma em questão. Não se esqueça de que é preciso considerar a fauna também. Lembre-se de que tais questionamentos são fundamentais para compor a caracterização ambiental da unidade de conservação, item essencial no plano de manejo do parque. Vamos aos estudos!

Não pode faltar

Caro aluno,

Estudamos, em outro momento, sobre a história evolutiva dos seres vivos e os fatores que determinam a distribuição destes sobre a superfície terrestre. Vimos que os padrões climáticos são os grandes responsáveis por essa distribuição, sobretudo a temperatura e a umidade. Sendo assim, cada região do planeta possui características específicas (clima, topografia e solo) e por isso,

cada região também possui flora e fauna típicas. Nesse contexto, podemos dizer que o bioma representa uma unidade biótica, constituída de formações vegetais, às quais estão associados os animais.

Existem na biosfera dois tipos de biomas, os aquáticos e os terrestres. Nosso foco será, inicialmente, os terrestres, sobretudo os biomas brasileiros. No Brasil, são reconhecidos seis biomas terrestres, a saber: Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampas (ou Campos Sulinos).

A Floresta Amazônica é a maior floresta pluvial contínua do mundo, abrangendo 5% da superfície terrestre do planeta e cerca de 40% do território brasileiro, totalizando aproximadamente 4,8 milhões km² (MMA, [s.d.], p. 6). No Brasil, este bioma abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e parte dos territórios do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins.

A maior floresta pluvial do mundo possui umidade elevada e constante. A temperatura anual média é de cerca de 26 °C, sendo que a mínima média raramente fica abaixo de 25 °C. As mudanças sazonais são mínimas e as chuvas mais abundantes ocorrem na maior parte do ano. Essas condições, favorecem a atividade vegetal de forma contínua e ininterrupta, resultando em um crescimento exuberante.

Além disso, ela abriga um terço da madeira tropical do planeta e cerca de 30 mil das 100 mil espécies de plantas conhecidas em toda a América Latina. Isso coloca esse bioma como detentor da maior reserva de madeira tropical do mundo. Cabe ressaltar ainda, que o setor florestal da Amazônia é responsável por 15% a 20% dos Produtos Interno Bruto (PIB) dos estados do Pará, Rondônia e Mato Grosso (WWF BRASIL, [s.d.]).

A paisagem da Amazônia é composta por florestas ombrófilas abertas, densas e alagadas, várzeas, igapós, campinaranas e campos naturais. Contudo, distinguem-se dois ecossistemas, a vegetação de terra firme e a de várzea, o que destaca a diversidade florística, incluindo espécies de valor econômico no setor florestal (EMBRAPA, [s.d.]).

Contudo, o solo desse bioma é pobre em nutrientes, sendo que a floresta se mantém devido à decomposição do seu material orgânico, associado a um ambiente úmido. Por isso, trata-se de um ecossistema frágil, sobretudo no que se refere ao desmatamento, uma vez que se impede a reciclagem de nutrientes e expõe o solo às intempéries, como vento, lixiviação, entre outros.

A fauna da Floresta Amazônica é a mais rica em biodiversidade do mundo, abrangendo cerca de 20% de todas as espécies da fauna do planeta. O exuberante crescimento dos insetos ocasiona, de forma paralela, o dos animais que

deles se alimentam, que são os predadores e, vão desde morcegos e aves até tatus e tamanduás.

As espécies símbolo da Amazônia são a flor vitória-régia, que pode chegar até 1,80 m de diâmetro e o boto-cor-de-rosa, o maior golfinho de água doce do mundo. A diversidade da Amazônia é imensa, porém, devido à sua extensa área, ainda há muitas espécies desconhecidas. Cabe ressaltar que a biodiversidade desse bioma é de extrema relevância para o Brasil, no que se refere ao interesse ambiental, social e econômico (WWF, 2010).

Outro bioma que também conta com uma rica biodiversidade infelizmente é aquele que mais sofre com o impacto das atividades humanas. E isso ocorre há muito tempo, porém sabemos que as interferências são muito mais intensas a partir do processo colonizatório e a exploração europeia, a partir da chegada dos portugueses. Falamos aqui da Mata Atlântica, bioma que se estendia por todo litoral brasileiro, desde o atual Rio Grande do Norte até Rio Grande do Sul, ao longo das encostas da Serra do Mar, interiorizando-se nas áreas onde hoje temos os estados de Minas Gerais e São Paulo. Hoje, resta apenas 8% de sua cobertura original, cuja área superava os 1.360 milhões de km², que ainda contam com 0,69% de áreas protegidas (MMA, [s.d.]).

Não é de se espantar que um bioma tão impactado abrigue a grande maioria dos animais e plantas ameaçados de extinção do Brasil, e, apesar dessa triste realidade, apresenta um grande número de espécies endêmicas, tendo sido, juntamente com o bioma Cerrado, enquadrado entre os 35 *hotspots* de biodiversidade do mundo (MMA, [s.d.]).

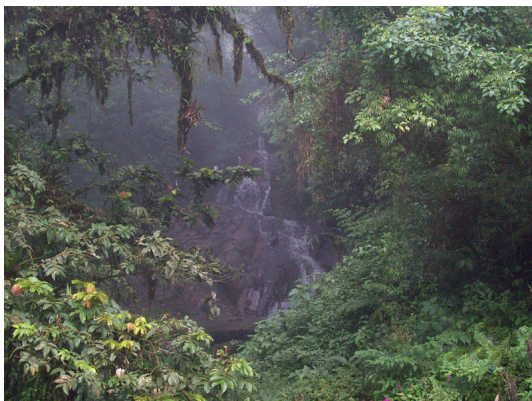


Assimile

O termo *hotspots* de biodiversidade foi criado em 1988 pelo ambientalista britânico Norman Myers (1934-), e é utilizado para identificar as regiões biologicamente mais ricas e ameaçadas do planeta. Atualmente a lista possui 35 regiões, entre elas a Mata Atlântica e o Cerrado, biomas brasileiros. Os critérios avaliados para classificar uma região como *hotspots* são o endemismo de espécies e o grau de ameaça.

Quanto à sua composição e fisionomia, a Mata Atlântica é muito semelhante à Floresta Amazônica (Figura 3.1). Contudo, este bioma se encontra associado aos ecossistemas costeiros de mangues, restingas e às florestas com Araucária no planalto do Paraná, Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, formando um mosaico de ecossistemas. Essas diferentes composições florísticas ocorrem devido à diversidade de características climáticas, bem como da diversidade de solos e relevos da vasta região onde ocorre.

Figura 3.1 | Formação vegetal na Mata Atlântica



Fonte: <https://bit.ly/2Q1BjFG>. Acesso em: 11 nov. 2018.

A biodiversidade de flora e fauna desse bioma é algo surpreendente. Entre as espécies vegetais, consideradas raras e endêmicas, tem-se o jequitibá-rosa, o pinheiro-do-paraná, o cedro, as figueiras, os ipês, a braúna e o pau-brasil, considerados símbolos da Mata Atlântica. Já entre as espécies da fauna, destacam-se os micos-leões, a lontra, a onça-pintada, o tatu-canastra e a arara-azul-pequena, também símbolos deste bioma.

A Caatinga é um bioma exclusivo do Brasil, ocupa em torno de 1.000.000 km² do território nacional (equivalente a 10%), abrangendo quase todos os estados do Nordeste e norte de Minas Gerais. É considerado um dos biomas mais degradados do Brasil. Nele, as chuvas são escassas e irregulares; apresenta temperaturas elevadas e longos períodos de seca, próprios de clima semiárido ou árido.

O nome do bioma significa “mata branca” e faz alusão aos períodos secos, quando a paisagem fica sem cor. Porém, após as primeiras chuvas, imediatamente a vegetação se torna verde. A composição da vegetação é constituída por espécies de pequeno porte, lenhosas e herbáceas.

Como adaptações ao clima semiárido e árido, geralmente as espécies vegetais são dotadas de espinhos, sendo caducifólias (perdem as folhas na seca), cactáceas e bromeliáceas. Além disso, o bioma é rico em espécies frutíferas e muitas plantas produzem fibras, ceras, óleos, produtos medicinais e vegetais, sendo importante fonte de recursos para os habitantes locais (EMBRAPA, [s.d.]).

Os animais da Caatinga também são adaptados às condições climáticas. Muitos possuem hábitos migratórios, outros se escondem do sol em abrigos

sombreados e caçam à noite. Contudo, as aves constituem o grupo mais representativo do bioma. Cabe ressaltar que a Caatinga é o bioma menos conhecido e estudado no Brasil.



Refleta

O bioma Caatinga é um dos mais impactados do Brasil, porém, o menos conhecido e estudado. Por que será que isso ocorre? Em sua futura profissão, o que você acredita que falte para que mais estudos acerca da Caatinga sejam estimulados e realizados?

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 24% do território nacional. A sua vegetação apresenta fisionomias que englobam formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado *sensu stricto*, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo) (MMA, [s.d.]).

Cabe ressaltar que há predomínio de espécies arbóreas e formação de dossel nas formações florestais, estratos arbóreos e arbustivo-herbáceo nas formações savânicas, com as árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno em diferentes densidades ou ainda concentradas em locais específicos do terreno (MMA, [s.d.]).

Você sabia que o Cerrado possui 5% da biodiversidade do planeta? Por isso, também é considerado um *hotspot* de biodiversidade. Além disso, ele conta com alto índice de endemismos, abrigando cerca de 7.000 espécies de plantas, 1.200 de peixes, 150 de anfíbios, 180 de répteis, 837 de aves e 199 de mamíferos, dos quais, 44% das plantas vasculares, 28% dos anfíbios, 17% dos répteis, 3,4% das aves e 9,5% dos mamíferos são endêmicos ao bioma (KLINK; MACHADO, 2005 *apud* ICMBIO, [s.d.]).

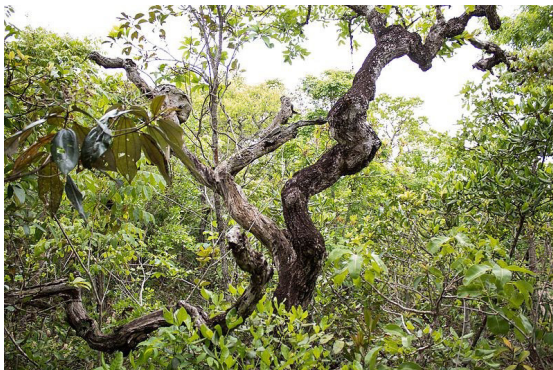
Entre os animais símbolos do Cerrado estão ariranha, lobo-guará, gato maracajá, tamanduá-bandeira, onça parda, seriema, ema, caracará, gavião-carijó, entre outros.

Trata-se, porém, de um bioma altamente antropizado seriamente ameaçado pela erosão, degradação do solo, invasão de espécies exóticas, entre outros.

Apesar da rica biodiversidade, os solos desse bioma são predominantemente antigos, muito intemperizados, com alta acidez e elevada concentração de alumínio, além de baixa fertilidade natural. Essa elevada concentração de

alumínio é a responsável pelos caules retorcidos das árvores (Figura 3.2), característica muito marcante neste bioma.

Figura 3.2 | Vegetação do Cerrado com caule retorcido



Fonte: <https://bit.ly/2SeW2TN>. Acesso em: 9 nov. 2018.

Vale lembrar que o Cerrado tem um clima tropical com uma estação seca pronunciada, na qual é muito comum ocorrer os incêndios florestais. Contudo, o Cerrado se encontra na zona climática II, cujas formações vegetais são resistentes ao fogo. Além disso, vimos que o fogo para algumas espécies é fator-chave na distribuição e composição desse bioma.



Exemplificando

As vegetações presentes no bioma Cerrado possuem mecanismos de resistência ao fogo, por exemplo, a forma tortuosa das árvores, a presença de uma casca grossa que protege os tecidos internos. Algumas espécies herbáceas têm suas gemas protegidas pela própria estrutura das folhas, outras possuem órgãos subterrâneos ou até mesmo gemas capazes de formar ramos aéreos após o incêndio.

Outro bioma brasileiro de grande relevância é o Pantanal, conhecido como Pantanal Mato-grossense por ocorrer no Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul. Constitui uma planície inundável, sendo uma das áreas úmidas de maior importância na América do Sul. É justamente o regime de inundação periódica que determina uma alta produtividade biológica e grande diversidade de fauna.

Os rios da bacia do rio Paraguai extravasam suas águas durante alguns meses do ano (de outubro a março) inundando os solos de áreas extensas. De

abril a setembro, suas águas diminuem e o solo permanece enxuto.

As paisagens de planície, apesar de muito comum nesse bioma, apresentam diferentes formas de vegetação e condições de inundação. Por isso, é possível encontrar áreas de campo, vegetação de savana, campos com arbustos e áreas inundadas com predominância de plantas aquáticas. Dessa forma, pode-se dizer que tal bioma possui contribuições de outros, tais como o Cerrado, a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, todos no Brasil, além do Chaco e da Mata Chiquitana da Bolívia.

O Pantanal abriga grande número de aves, com mais de 700 espécies, como a arara-azul, a garça, o flamingo e sua ave símbolo, o tuiuiú, também conhecido por jaburu ou jabiru (Figura 3.3). Também são característicos da região a sucuri, o cervo-do-pantanal e a onça-pintada, esta última seriamente ameaçada de extinção.

Figura 3.3 | Tuiuiú, ave símbolo do Pantanal



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:O_tuiui%C3%BA.jpg. Acesso em: 11 nov. 2018.

Trata-se de um bioma também ameaçado pelas atividades humanas, sobretudo a pecuária de corte e a pesca (profissional e esportiva), principais atividades econômicas da região. Além disso, atualmente a região sofre com os impactos socioambientais do garimpo de ouro e diamantes e da caça.

Outro bioma brasileiro é o dos Campos Sulinos, também conhecido como Pampas. Porém, segundo o Ministério do Meio Ambiente (s.d.) o termo “pampas” se refere apenas a uma região plana encontrada na metade sul do estado do Rio Grande do Sul. Já a Embrapa (s.d.) denomina o bioma como Pampa, devido ao fato da sua classificação fitogeográfica internacional ser de estepe.

Apesar das divergências de nomenclatura, não há discordâncias na caracterização de suas formações vegetais. Este bioma ocupa cerca de 63% do

estado do Rio Grande do Sul e é delimitado apenas pela Mata Atlântica. Nele se encontram paisagens campestres (Figura 3.4), naturalmente invadidas por espécies arbóreas, sendo estas representantes da floresta estacional decidual e ombrófila densa, o que caracteriza uma transição natural das estepes por formações florestais (EMBRAPA, [s.d.]). Essa transição se deve à mudança de clima frio e seco para quente e úmido nas partes Norte e Leste. Reconhece-se quatro fitofisionomias campestres naturais, sendo elas: Planície Costeira, Depressão Central, Planalto Sul-Rio-Grandense e Planalto de Campanha.

Figura 3.4 | Campos sulinos (Pampas)



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Las_Pampas.jpg. Acesso em: 11 nov. 2018.

A variedade de um ecossistema é identificada com a diversidade de espécies que vivem em uma determinada área e como coexistem em uma comunidade, interagindo de diferentes formas. Tudo isso é conhecido por biodiversidade. Assim, sempre é interessante buscar outras informações em cada bioma brasileiro, a partir de pesquisas complementares, incluindo imagens de cada um deles. Bons estudos e até breve!

Sem medo de errar

Caro aluno,

Quando consideramos a vegetação em uma escala global, a classificação fisionômica é mais útil do que a taxonômica para se compararem locais em partes diferentes do mundo com semelhanças climáticas. Contudo, não há uma classificação fixa de biomas e existem variações regionais, além das transições entre eles.

Como geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), você será um dos membros da equipe responsável

pela revisão do plano de manejo do Parque Nacional Serra da Canastra. Ao final da revisão, o plano de manejo será apresentado aos responsáveis pela sua aprovação no ICMBio. Na primeira etapa você identificou que a região de influência se localiza na zona climática II, cujo domínio fitogeográfico é o Cerrado, semelhante à savana. Neste contexto, qual o tipo de bioma brasileiro possui as características semelhantes ao bioma savana? Quais as características de sua formação vegetal? Quais as características de sua fauna? Lembre-se de que tais questionamentos são fundamentais para compor a caracterização ambiental da unidade de conservação, item essencial no plano de manejo do parque.

No Brasil, o bioma característico da zona climática II é o Cerrado, cujas características se assemelham à savana. Como você fez uma visita na área do parque, observou que no local há a presença de árvores distribuídas aleatoriamente, o que é característico dos estratos arbóreos e arbustivo-herbáceo nas formações savânicas. Além disso, você apontou que as árvores são tortuosas, devido às características do solo na região, que possuem elevada concentração de alumínio.

Em conjunto com o trabalho com o biólogo do ICMBio, foi realizado um levantamento da fauna da área de influência do empreendimento. Vocês observaram a presença de diversos animais típicos da região e, descreveram alguns deles, como o tamanduá-bandeira, o lobo-guará, o carcará, a seriema, entre outros. Isso foi possível através de visitas a campo e também no exercício de se comparar os levantamentos bibliográficos ao que se observou acerca da flora e fauna.

O trabalho de campo é altamente recomendado, já que durante a atuação profissional, é preciso descrever as principais espécies observadas na área de influência do empreendimento, sobretudo aquelas que estão ameaçadas de extinção. Além disso, você deverá se atentar para a descrição da fisionomia encontrada na região savânica, que pode ser o cerrado *sensu stricto*, Parque de Cerrado, Palmeiral ou Vereda. Cada uma dessas fisionomias possui vegetação característica e, portanto, fauna típica.

Portanto, a atuação do geógrafo, em unidades de conservação para a elaboração e/ou revisão do plano de manejo é uma atividade bastante procurada. O levantamento de dados e informações para a caracterização ambiental deve ser descritivo e servirá como base para traçar estratégias de uso sustentável e de conservação. Por isso, é de extrema relevância reconhecer e caracterizar as formações vegetacionais e faunísticas do Brasil.

1. O agravamento dos problemas ambientais em nível global tem aumentado muito o interesse dos pesquisadores em procurar soluções. Além de uma “crise de extinção”, ao nível de espécies, existe uma crise mais ampla, a “crise dos biomas”, muito mais grave, pois, resulta da destruição dos ambientes naturais, onde as espécies surgiram e se desenvolveram. Com a destruição de seus habitats naturais, elas fatalmente desaparecerão.

De acordo com os estudos sobre os biomas brasileiros, avalie as afirmativas a seguir:

- I. O Cerrado é o segundo menor bioma brasileiro, sendo que ocupa uma área semelhante à do Pantanal.
- II. A degradação do solo e dos ecossistemas nativos e a dispersão de espécies exóticas são as maiores e mais amplas ameaças à biodiversidade.
- III. O nome “Caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa “mata branca”, que certamente caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem.
- IV. A vegetação da Mata Atlântica pode ser caracterizada como florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentam espinhos.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa na qual há somente as assertivas corretas:

- a) II, III e IV.
- b) II e III.
- c) I, II e IV.
- d) I e IV.
- e) II e IV.

2. Leia atentamente o excerto que segue:

“As abrangências das espécies estão frequentemente limitadas pelas condições físicas do ambiente. Em ambientes terrestres, a temperatura e a umidade são as variáveis mais importantes. (RICKLEFS, 2010, p. 73)

A citação anterior é referente aos determinantes da distribuição da vegetação e, conseqüentemente, do bioma. Sobre os biomas brasileiros, julgue os itens em V para verdadeiro ou F para falso.

- () A queimada é um fator importante para a Mata Atlântica, pois, favorece a liberação de nutrientes minerais a partir de detritos secos acumulados.
- () Os Pampas se localizam entre a Floresta Amazônica, o Cerrado e a Caatinga, mas também é possível encontrar pampas no Maranhão.
- () A Mata Atlântica, originalmente, se distribuía pelas encostas da Serra do Mar, estendendo-se do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência CORRETA.

- a) F – F – V.
- b) V – V – F.
- c) F – V – F.
- d) V – F – F.
- e) V – V – V.

3. Leia atentamente o excerto a seguir:

“Ultimamente, a Amazônia vem sofrendo com a depredação de sua base florestal, especialmente por produtores que buscam expandir as fronteiras de suas propriedades agrícolas. O desconhecimento, por parte da população, dos reais benefícios deste ecossistema e a falta de indicadores que os expressem têm contribuído para o aprofundamento da degradação ambiental. (CASTRO; ANDRADE, 2016, p. 2)

Considerando o contexto apresentado sobre a Floresta Amazônica, avalie as asserções a seguir e a relação proposta entre elas.

- I. A Floresta Amazônica caracteriza-se pela rica biodiversidade vegetal e animal, fazendo deste bioma um grande prestador de serviços ecossistêmicos.

PORQUE

- II. A Floresta Amazônica constitui uma planície inundável, sendo uma das áreas úmidas de maior importância na América do Sul, com solo rico em nutrientes.

A respeito dessas asserções, assinale a alternativa correta.

- a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa da I.
- b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa da I.
- c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.

- d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
- e) As asserções I e II são proposições falsas.

Paisagens biogeográficas

Diálogo aberto

Caro aluno,

Algumas transformações ocorridas ao longo dos aproximados 4 bilhões de anos do planeta Terra, sobretudo o movimento dos continentes, exerceram papel fundamental na distribuição e no desenvolvimento dos sistemas ecológicos. Sabemos que a superfície da Terra é dinâmica, e, por isso, está em constante transformação. O movimento dos continentes influencia profundamente os padrões climáticos, além de criar e/ou quebrar barreiras geográficas, conectando e desconectando biotas em evolução em diferentes regiões da Terra. Porém, a presença de grupos de seres vivos semelhantes, vivendo em diferentes regiões do planeta, propiciou a constituição de regiões zoogeográficas e fitogeográficas.

Em seu trabalho como geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), você será um dos membros da equipe responsável pela revisão do plano de manejo de uma unidade de conservação de proteção integral, o Parque Nacional Serra da Canastra, criado em 1972, ele possui 71.525 hectares demarcados e parte do seu território abrange os municípios de São Roque de Minas, Sacramento e Delfinópolis. Ao final da revisão, o plano de manejo será apresentado aos responsáveis pela sua aprovação no ICMBio.

Para finalizar a caracterização ambiental, é necessário, a partir das informações já levantadas nas etapas anteriores, descrever quais regiões biogeográficas estão inseridas na área do parque nacional. Para isso, é preciso pensar em quais regiões fito e zoogeográfica a unidade de conservação se localiza, bem como verificar suas características. Assim, juntamente com os dados levantados nas etapas anteriores, teremos, os vieses essenciais e importantes de seu plano de manejo, que deve ser descritivo, em linguagem clara e objetiva, uma vez que será apresentado ao ICMBio, além de ser de consulta pública.

Lembre-se de que tais questionamentos, juntamente com os dados levantados nas etapas anteriores, serão úteis na revista do plano de manejo, bem como no momento de se propor as devidas alterações. Bom trabalho!

Caro aluno,

Vimos que alguns fatores externos podem limitar a distribuição das espécies animais pelo globo. A esses fatores, denominamos barreiras. Estas podem ser físicas como chapadões, cadeias de montanhas; climáticas como temperatura ou umidade e, biológicas como a ausência de alimentos, presença de competidores, predadores ou aparecimento de doenças, entre outras.

Estudamos também que, por todo o planeta, existem locais onde espécies vegetais e animais semelhantes podem ser encontrados, e que essas áreas estão classificadas em diferentes regiões. Porém, você sabia que existe uma ciência voltada para o estudo da distribuição dos vegetais e animais?

As primeiras propostas de classificação do planeta Terra em regiões biogeográficas foram apresentadas, em 1820, botânico francês Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841), em seu livro intitulado “Geografia das Plantas”, no qual ele introduziu conceitos de endemismo e espécie disjuntas para discutir a distribuição dos vegetais e sua relação com o ambiente, e fez as primeiras classificações considerando regiões de grande endemismo.

Sabemos que a Biogeografia é tradicionalmente dividida em Zoogeografia e Fitogeografia. A Zoogeografia é uma área da Biogeografia voltada especificamente ao estudo dos fatores que controlam a distribuição da fauna na superfície terrestre, e como esses animais estão distribuídos. Já a fitogeografia é o ramo da biogeografia voltado ao estudo da distribuição das espécies vegetais pela superfície terrestre e dos fatores que condicionam essa distribuição. Vamos conhecer um pouco mais sobre essas áreas da biogeografia?

Encontramos uma fauna distinta nas grandes regiões do globo terrestre, ainda que em áreas adjacentes. Isso é reflexo da história evolutiva dos grupos de animais e das modificações da superfície terrestre que proporcionam a sua migração para outras regiões.

Alfred Russel Wallace (1823-1913), naturalista, geógrafo, antropólogo e biólogo britânico, foi o primeiro pesquisador a reconhecer essa diversidade de fauna existente no planeta e suas características peculiares. Wallace, juntamente com outros biogeógrafos, observou a existência de muitos táxons endêmicos distribuídos em regiões congruentes.

A América Central e a América do Sul, por exemplo, possuem fauna semelhante composta por espécies que só habitam essas regiões, como edentados (grupo dos tamanduás), famílias de bagres, entre outros (FUTUYMA, 2002). Então, a partir de seus estudos, Wallace definiu limites

para regiões que apresentavam faunas semelhantes ao qual ele denominou regiões zoogeográficas. As regiões zoogeográficas propostas por Wallace são:

- **Região Australiana:** compreende a Austrália, a Tasmânia, Nova Guiné, Nova Zelândia e Ilhas oceânicas do Pacífico. Entre as espécies encontradas estão todos os monotremos (mamíferos que botam ovos) e grande parte dos marsupiais. Entre o grupo dos placentários, encontramos apenas morcegos e roedores. De todas as regiões, a Australiana foi a que permaneceu por mais tempo isolada; tempo suficiente para que algumas espécies, como o ornitorrinco e os cangurus (Figura 3.5), adquirissem características únicas e se tornassem endêmicos da região. Na Nova Zelândia, encontram-se o quivi e o *Sphenodon*.

Figura 3.5 | Ornitorrinco (à esquerda) e canguru (à direita)



Fonte: <https://bit.ly/2CoZUwd>; <https://bit.ly/2PNwjjL>. Acesso em: 18 nov. 2018.



Refleta

A Austrália é repleta de endemismos, como o canguru, símbolo do país. Porém, você sabia que o país também possui mamíferos que botam ovos? Isso mesmo! Mas, quais fatores ecológicos, ao longo do tempo, foram responsáveis por isolar esses mamíferos tão incríveis na Austrália?

- **Região Oriental:** compreende a região da Ásia ao sul da cordilheira do Himalaia, Península Malaia, Índia, Ceilão, Sumatra, Bornéu, Java, Célebes e Filipinas. As espécies animais que podem ser encontradas nessa região incluem gibões, tásios, orangotangos, rinoceronte indiano, tigre-de-bengala (Figura 3.6), elefante, pavão e galo silvestre.

Figura 3.6 | Tigre-de-bengala (*Panthera tigris tigris*)



Fonte: <https://bit.ly/2EF58GK>. Acesso em: 18 nov. 2018.

Algumas evidências indicam que a Ásia, há tempos remotos, foi o berço de muitas linhagens de animais que migraram, distribuindo-se de forma descontínua para diversas áreas. Um exemplo disso são as aves ratitas (que não podem voar), encontradas em outras localidades: o emu e o casuar na região Australiana; as emas na região Neotropical e o avestruz na região Etiópica, todas vindas de uma mesma linhagem.

- **Região Etiópica:** abrange a área da África, incluindo Madagascar e ilhas adjacentes e o deserto do Saara. As espécies animais que podem ser encontradas na região são: gorilas, elefantes (Figura 3.7), chimpanzés, rinocerontes, leões, hipopótamos, girafas, zebras, antílopes, avestruzes, ave-secretária, galinha da angola e lêmures, em Madagascar.

Figura 3.7 | Elefante africano (*Loxodonta sp*)



Fonte: <https://bit.ly/2lhbe1z>. Acesso em: 18 nov. 2018.

- **Região Neotropical:** abrange a América do Sul e América Central, as Antilhas e terras baixas do México. Encontram-se nessa região,

espécies de lhamas, preguiças, tatus, alpacas, porcos do mato, tamanduás, preás, morcegos, emas, mutuns, tucanos, jacus, beija-flores e araras (Figura 3.8).

Figura 3.8 | Arara Canindé (*Ara ararauna*)



Fonte: <https://bit.ly/2KFhUJb>. Acesso em: 19 nov. 2018.

- **Região Neártica:** compreende a América do Norte, incluindo Groelândia, e a região do planalto mexicano às ilhas árticas. Nessa região, podem ser encontrados: cabra montesa, caribú (Figura 3.9), rato-almiscarado e antilocapra.

Figura 3.9 | Caribú (*Rangifer tarandus*)



Fonte: https://es.wikipedia.org/wiki/Rangifer_tarandus. Acesso em: 19 nov. 2018.

- **Região Paleártica:** abrange a Eurásia até a região sul do Himalaia, Pérsia, Afeganistão e a África ao norte do Saara. As espécies animais encontradas são ouriços, javalis (Figura 3.10), corças e veados.

Figura 3.10 | Javali (*Sus scrofa*)



Fonte: <https://pxhere.com/pt/photo/761395>. Acesso em: 19 nov. 2018.

A Antártica (ou Antártida) é tratada por muitos autores como uma região zoogeográfica à parte, devido às características peculiares de sua fauna, composta por pinguins e outras aves como albatrozes e petréis. Nessa região, destaca-se o pinguim imperador (Figura 7), uma ave habitante da Antártica, mas que pode ser encontrada em outras regiões do planeta, em decorrência da migração. Em determinadas épocas do ano, é possível encontrar pinguins de passagem pelo litoral brasileiro.

Figura 3.11 | Pinguim imperador (*Aptenodytes forsteri*)



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Emperor_Penguin_Manchoot_empeur.jpg. Acesso em: 19 nov. 2018.



Assimile

Apesar das regiões zoogeográficas estarem divididas, dificilmente é possível estabelecer limites exatos entre duas ou mais regiões, sendo possível a existência de animais comuns vivendo em zonas de transição, tais como a jiboia (*Boa constrictor*) que pode ser encontrada na Caatinga e no Cerrado, além de também habitar a Mata Atlântica.

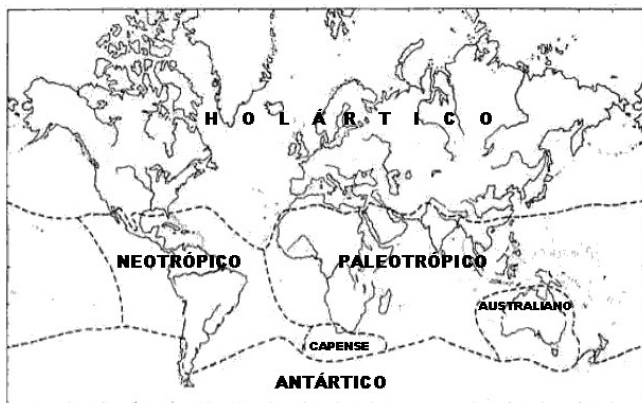
Alguns autores agrupam as regiões Paleártica e Neártica em uma única região denominada Holártica. Esse agrupamento ocorre devido a características comuns compartilhadas pela fauna das duas regiões.

Assim como as espécies da fauna mundial estão agrupadas em regiões, as comunidades vegetais também se encontram classificadas em diferentes regiões. A distribuição das espécies de fauna pelo mundo é influenciada por fatores ambientais, como clima e o solo, e também por fatores históricos, entre eles a separação dos continentes. As regiões fitogeográficas mundiais são:

- **Região Holoártica:** inclui toda a América do Norte, Europa e Ásia. Dentro dessa região, encontram-se os biomas tundra, taiga, deserto, floresta caducifólia e campos.
- **Região Paleotropical:** compreende parte da Índia, sudeste da Ásia, Ilhas do Oceano Pacífico e parte da África. Nessa região se encontram as florestas caducifólias e savanas.
- **Região Neotropical:** compreende a América Central e América do Sul (com exceção de uma pequena parte localizada no extremo sudoeste, que inclui a região Antártica). Observa-se que uma grande diversidade de ambientes compõe essa região, incluindo como uma das principais formações vegetais, as florestas tropicais.
- **Região Australiana:** compreende além da Austrália, a Tasmânia, Nova Zelândia, Nova Guiné, além de ilhas adjacentes. Entre as formações vegetais encontram-se florestas, estepes e desertos.
- **Região Antártica:** por ser uma região coberta por gelo, dificilmente se desenvolve alguma vida vegetal nessa região. A vegetação, que se assemelha à tundra, se limita à algumas ilhas subantárticas.
- **Região Capensis:** abrange o extremo sul da África Austral, em torno do Cabo da Boa Esperança. É a menor região fitogeográfica, mas trata-se de uma área com forte endemismo, sobretudo de espécies de plantas vasculares. É considerado um *hotspot* de biodiversidade, sendo que o bioma predominante é conhecido por *fynbos*,

caracterizado por uma formação vegetal constituída por matos rasteiros e arbustos.

Figura 3.12 | Regiões fitogeográficas



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fitoc%C3%B3rio#/media/File:ReinosFLORALES.gif>. Acesso em: 18 nov. 2018.

Para finalizar o nosso estudo sobre as regiões biogeográficas, você já se perguntou como os animais terrestres que vivem em ilhas marítimas foram parar lá? Essas ilhas constituem uma região biogeográfica especial?

Para respondermos a essas questões, precisamos inicialmente compreender que existem ilhas continentais e ilhas oceânicas, que se diferem pela localização e pela forma como foram originadas.

As ilhas continentais estão situadas em águas rasas, próximas ao continente e algumas teorias indicam que elas foram originadas a partir dos continentes, devido ao movimento das placas tectônicas. Em algum momento, essas ilhas, que estavam unidas ao continente, se afastaram e se tornaram independentes. Isso pode ser explicado pela presença de animais em comum que nelas vivem e na área continental próxima. É possível encontrar espécies de pequenos mamíferos, répteis e anfíbios vivendo em ilhas continentais.



Exemplificando

A Groelândia é uma região autônoma do Reino da Dinamarca, localizada na maior ilha continental do mundo. Geograficamente encontra-se na região ártica da América do Norte. Como o clima da ilha é polar, a mesma é coberta de gelo o ano todo. Por isso nela estão presentes os biomas Tundra e Taiga, típicos das altas altitudes. Quanto à fauna é possível encontrar ursos, alces, lobos,

raposas, esquilos e renas, presentes também em outros países, como no Canadá, por exemplo.

As ilhas oceânicas estão geralmente afastadas do continente e têm origem vulcânica. A fauna não apresenta anfíbios e entre os mamíferos encontram-se apenas morcegos e roedores, que se acredita terem chegado à ilha transportados por navios.

Chegamos ao final dos estudos acerca das regiões biogeográficas. Neles, refletimos sobre as modificações que o planeta Terra sofreu ao longo de sua história, como a separação dos continentes apoiada pela Teoria da Deriva Continental e como as várias mudanças climáticas influenciaram o padrão atual de distribuição dos seres vivos.

Neste sentido, vimos que o isolamento geográfico pelo qual vários grupos de seres vivos passaram em decorrência das mudanças ambientais exigiu a adaptação desses organismos às novas condições, o que possibilitou o surgimento de novas espécies, muitas das quais endêmicas de determinadas regiões. Dessa forma, a presença de grupos de seres vivos semelhantes, vivendo em diferentes regiões do planeta, viabilizou a constituição de regiões zoogeográficas e fitogeográficas. É importante retomar as principais características de cada região biogeográfica, relacionando fauna e flora encontradas em cada uma, com os padrões climáticos. Bons estudos!

Sem medo de errar

Olá, aluno,

Sabe-se que grandes regiões do globo terrestre apresentam fauna e flora distintas das espécies das áreas adjacentes, devido à migração, dispersão das sementes, isolamento reprodutivo, entre outros fatores.

Como geógrafo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), você será um dos membros da equipe responsável pela revisão do plano de manejo do Parque Nacional Serra da Canastra. Para finalizar a caracterização ambiental, é preciso, a partir das informações já levantadas nas etapas anteriores, descrever quais regiões biogeográficas estão inseridas na área do parque nacional. Para isso, a ideia é averiguar em quais regiões Fito e Zoogeográfica a área em questão está inserida e assim, verificar suas características *in loco* e confrontar esses dados com os anteriormente levantados. Esse processo é parte essencial e importante em um plano de manejo, que deve ser descritivo, em linguagem clara e objetiva, uma vez que será apresentado ao ICMBio, além de ser de consulta pública.

Nos primeiros levantamentos, observa-se que o local se encontra na zona climática II, cujo bioma é o Cerrado. Além disso, nota-se a presença de diversos animais típicos de tal bioma e, alguns deles são descritos, como o tamanduá-bandeira, o lobo-guará, o carcará, a seriema, entre outros. A partir dessas informações, é possível complementar os dados, caracterizando a área de influência do empreendimento, de acordo com a classificação fitogeográfica e zoogeográfica.

A América do Sul e, portanto, o Brasil, encontram-se na região Zoogeográfica Neotropical, caracterizada pela presença de animais como tamanduás, preás, morcegos, emas, mutuns, tucanos, jacus, beija-flores e araras.

Ao revisar o plano, portanto, é imprescindível citar a presença da fauna observada, relacionando-a às características climáticas e às do bioma onde estão inseridas. A mesma situação vale para a vegetação característica da região. Por isso, a partir dos levantamentos realizados in loco e descritos nas primeiras etapas, é possível determinar que a região fitogeográfica da região do empreendimento é a Região Neotropical, que abrange todo o território brasileiro e, tem como formação vegetal predominante as florestas tropicais.

Para concluir a caracterização ambiental, que irá compor o plano de manejo do parque, é preciso reunir todas as informações coletadas e apresentá-las de forma descritiva, com fotos, imagens e mapas que ilustram as observações realizadas. Lembre-se de que essa caracterização deve ser descritiva em linguagem clara e objetiva, uma vez que, será apresentado ao ICMBio, além de ser de consulta pública.

Faça valer a pena

1. A distribuição das espécies vegetais pelo mundo é influenciada por fatores ambientais, como clima e solo, e também por fatores geológicos, como o processo de separação dos continentes. Por exemplo, existe uma região que inclui toda a América do Norte, Europa e Ásia, onde se encontram os biomas tundra, taiga, deserto, floresta caducifólia e campos.

Assinale a alternativa que apresenta o nome da região descrita no texto-base:

- a) Região Neotropical.
- b) Região Holoártica.
- c) Região Paleotropical.
- d) Região Australiana.
- e) Região Capensis.

2. Encontramos uma fauna distinta nas grandes regiões do globo terrestre, ainda que em áreas adjacentes. Isso é reflexo da história evolutiva dos grupos de animais e das modificações da superfície terrestre que proporcionam a migração dessa fauna para outras regiões.

Considerando o contexto apresentado, avalie as afirmativas a seguir:

- I. Na Região Australiana são encontradas espécies de todos os monotremos (mamíferos que botam ovos) e grande parte dos marsupiais.
- II. As espécies animais que podem ser encontradas na Região Oriental incluem gibões, társsios, orangotangos.
- III. Na Região Neotropical podem ser encontradas gorilas, elefantes, chimpanzés, rinocerontes, leões e araras.
- IV. Na Região Neártica é possível encontrar espécies de lhamas, preguiças, tatus, alpacas e porcos do mato.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa que apresenta somente as assertivas corretas:

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) III e IV.
- d) I, II e III.
- e) II, III e IV.

3. Leia o trecho da reportagem a seguir:

“Brasil, Índia e África do Sul buscam cooperação sobre biodiversidade

A Cidade do Cabo, na África do Sul, sediou, em janeiro de 2014, um encontro internacional com a finalidade de favorecer a troca de experiências, discutir as possibilidades de cooperação futura e desenvolver capacitação em acesso e repartição de benefícios decorrentes dos recursos genéticos oriundos da biodiversidade. (BRASIL, 2014, [s.p.])

Com relação à África Austral, no que tange à região fitogeográfica, analise o excerto a seguir, completando suas lacunas.

A Região _____ abrange o extremo sul da África Austral, em torno do Cabo da Boa Esperança. É a _____ região fitogeográfica, mas trata-se de uma área com forte endemismo, sobretudo de espécies de plantas vasculares. É conside-

rado um hotspot de biodiversidade, sendo que o bioma predominante é conhecido por _____, caracterizado por uma formação vegetal constituída por matos rasteiros e arbustos.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas, na sequência do texto.

- a) Holoártica / maior / savana.
- b) Paleotropical / menor / *fynbos*.
- c) Neotropical / maior / savana.
- d) Capensis / menor / *fynbos*.
- e) Australiana / menor / savana.

Referências

ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G. da. O fogo é sempre um vilão nos campos rupestres? **Número temático:** ecologia e manejo de fogo em áreas protegidas. *In:* Biodiversidade Brasileira, Ano I, n. 2, 2011. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. [s.d.] Disponível em: <https://bit.ly/2QbVNLO>. Acesso em: 1 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil, Índia e África do Sul buscam cooperação sobre biodiversidade.** 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2Sc74tf>. Acesso em: 7 dez. 2018.

CASTRO, A. S. de; ANDRADE, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 1-15, jan./jun. 2016. Disponível em: http://revistas.unisinos.br/index.php/perspectiva_economica/article/view/pe.2016.121.01/5387. Acesso em: 13 dez. 2018.

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia:** uma abordagem ecológica e evolucionária. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PROBIO: (coordenador): Carlos Hiroo Saito. **Livro do professor.** Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília/MMA, 2006. 136 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/livroprofessuer.pdf. Acesso em: 11 nov. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A Embrapa nos Biomas Brasileiros.** [s.d.]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82598/1/a-embrapa-nos-biomas-brasileiros.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2018.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva.** 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

GILLUNG, P. J. **Biogeografia:** a história da vida na Terra. Revista da Biologia, p. 1-5, 2011. Edição especial Biogeografia. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/~silvionihei/Gillung2011.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

ICMBIO. **Fauna.** [s.d.]. Disponível: <http://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/pt/biodiversidade-3/fauna.html>. Acesso em: 31 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa dos Biomas.** 2012. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Biomas_do_Brasil. Acesso em: 7 nov. 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Nossas Ilhas Oceânicas.** *In:* Coleção Explorando o Ensino Geografia. (Capítulo 3). Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/expensgeo_3e4.pdf. Acesso em: 20 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). ARPA **Biodiversidade.** [s.d.]. Disponível em: <http://arpa.mma.gov.br/wp-content/uploads/2012/10/arpaBiodiversidade.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Rio de

Janeiro, 2010.

TROPPEMAIR, H.; CAMARGO, J. C. G. A evolução da biogeografia no âmbito da ciência geográfica no Brasil. **Revista Geografia**, v. 27, n. 3, p. 133-156, 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP). **O Cerrado**. [s.d.]. Disponível em: <https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/be180-2012/Cerrados.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2018.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Amazon Alive! A decade of discovery 1999 - 2009**. WWF, 2010. 57 p. Disponível em: https://www.wwf.or.jp/activities/lib/pdf_forest/conservation/20101026AmazonAlive.pdf. Acesso em: 7 nov. 2018.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). WWF – BRASIL. **Estudo do WWF-Brasil identifica pressões para reduzir áreas protegidas na Amazônia**. WWF, 2018. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?66942/Unidades-de-conservao-da-Amazonia-esto-ameacadas>. Acesso em: 7 nov. 2018.

Unidade 4

Biogeografia aquática e insular

Convite ao estudo

Caro aluno, esta última unidade de ensino aborda temas importantes sobre a biodiversidade de espécies em habitats aquáticos. Veremos como se dá a construção e a evolução das comunidades insulares e seremos apresentados aos conteúdos sobre a biogeografia e a conservação.

Considerando a imensidão dos oceanos, o estudo da biogeografia marinha se mostra mais complexo quando comparado àqueles que se relacionam à distribuição dos seres vivos terrestres. Da mesma forma, compreender como as espécies chegam às ilhas e ali permanecem ou são extintas também é um estudo desafiador, não é mesmo? Agora, imagine poder utilizar os estudos biogeográficos para compreender o padrão de distribuição de algumas doenças, analisando os impactos das atividades antrópicas sobre o meio ambiente.

Nesta unidade profundaremos os estudos sobre a biogeografia no ambiente aquático e insular, buscando a compreensão de que a biogeografia, em seu caráter multidisciplinar, pode fornecer muitas informações sobre assuntos atuais e desafiadores, como o aquecimento global e o controle de epidemias. O estudo desta unidade permitirá o desenvolvimento de competências, como a compreensão dos processos e aspectos fundamentais da biogeografia em ambientes aquáticos e de ilhas e a análise da ação do homem sobre o ambiente e os organismos da natureza. Esses conhecimentos são essenciais para que se estabeleçam relações entre os diversos padrões de distribuição em ambientes aquáticos e insulares, reconhecendo a importância da biogeografia para a conservação.

Para tanto, imagine que você integra um grupo de pesquisa que estuda a biogeografia de ilhas brasileiras, como o arquipélago de Fernando de Noronha, que pertence ao estado de Pernambuco, à mesorregião metropolitana do Recife e à microrregião de Fernando de Noronha e cuja origem é vulcânica; constituindo-se por 21 ilhas, ilhotas e rochedos. O grupo de pesquisa do qual você faz parte irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país.

O curso é realizado presencialmente e terá a duração de uma semana, com aulas teóricas e práticas (visitas de campo). O objetivo é aprimorar o

conhecimento dos alunos sobre a biogeografia marinha e de ilhas. Como membro do grupo de pesquisa e um dos idealizadores do curso, você será o responsável por ministrar um dos módulos. Para tanto, é necessária a elaboração de um plano de ensino, composto por três planos de aulas. A primeira aula terá como foco os conceitos fundamentais sobre a diversidade em ambientes aquáticos. Em seguida, a discussão sobre os temas relativos às comunidades insulares e, para finalizar o módulo, uma apresentação seguida de debate sobre a contribuição do estudo da biogeografia para a conservação da biodiversidade.

Você compreende a importância da biogeografia para a conservação da biodiversidade? Entende a necessidade de conhecer os padrões de distribuição dos seres vivos para auxiliar no controle de epidemias?

Vamos juntos conhecer todos os detalhes que o auxiliarão sua atividade de ministrar um curso. Tais conhecimentos são fundamentais para se refletir acerca da interferência humana sobre o meio ambiente, permitindo, assim, construir cenários futuros, contribuindo com a preservação e a conservação de áreas e espécies. Bons estudos!

Diversidade de espécies em habitats aquáticos e continentais

Diálogo aberto

A biogeografia marinha é um dos ramos da biogeografia e dedica-se ao estudo da distribuição geográfica dos seres vivos. Porém, os fatores e a relação entre eles, que determinam a dispersão de organismos no ambiente aquático são mais complexos, dada a extensão territorial e a profundidade dos oceanos. Paralelamente à biogeografia marinha, destaca-se a biogeografia de ilhas, que serviu de base e estímulo para a compreensão de todos os processos e mecanismos de especiação e distribuição dos seres vivos, visto que as ilhas oceânicas são ótimos laboratórios para o estudo da biogeografia de ilhas, por serem unidades discretas em relação às ilhas continentais. Diante disso, nota-se a importância da biogeografia para a priorização de esforços de conservação em qualquer ambiente.

Considerando-se o apresentado, imagine que você integra um grupo de pesquisa que estuda a biogeografia de ilhas brasileiras, como o arquipélago de Fernando de Noronha, que pertence ao estado de Pernambuco, à mesorregião metropolitana do Recife e à microrregião de Fernando de Noronha e cuja origem é vulcânica; constituindo-se por 21 ilhas, ilhotas e rochedos. O grupo de pesquisa do qual você faz parte irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país.

O curso todo é realizado presencialmente e terá a duração de uma semana, com aulas teóricas e práticas (visitas de campo). O objetivo é estudar sobre a biogeografia marinha e de ilhas. Você, como membro do grupo de pesquisa e um dos idealizadores do curso, será o responsável por ministrar um dos módulos. Para tanto, é necessária a elaboração de um plano de ensino, composto por três planos de aulas. A primeira aula terá como foco os conceitos fundamentais sobre a diversidade em ambientes aquáticos. Em seguida, a discussão sobre os temas relativos às comunidades insulares e, para finalizar o módulo, uma apresentação seguida de debate sobre a contribuição do estudo da biogeografia para a conservação da biodiversidade.

Na primeira aula, você deverá abordar conteúdos relativos à biodiversidade aquática, tais como: divisão dos oceanos, fatores ecológicos no ambiente marinho, correntes oceânicas e distribuição dos seres vivos no ambiente aquático. A partir desses conteúdos, elabore um plano de aula, considerando que a aula será ministrada para graduandos. Além disso, o seu plano de aula

deverá conter tema, conteúdos, objetivos, desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem, recursos pedagógicos e a abordagem metodológica de avaliação. Vamos juntos conhecer aspectos importantes da biogeografia marinha e insular, destacando os fatores que atuam na distribuição dos seres vivos nesses ambientes.

Não pode faltar

Os ambientes aquáticos estão espalhados pelas mais diversas regiões do planeta, cuja constituição está em torno de 70% de água. Com essa informação, é possível imaginar a diversidade de espécies animais e vegetais que tais ambientes abrigam, inclusive, há, ainda, muitas formas que desconhecemos.

A água começou a se acumular na superfície terrestre a partir do resfriamento da crosta, provocado pelo constante regime de chuva ao qual ela foi submetida. Os ambientes aquáticos também são classificados, mas diferentemente dos ambientes terrestres que são caracterizados de acordo com o tipo de vegetação que exibem.

Sua classificação está ligada às características físicas, como profundidade, salinidade e movimento de água (RICKLEFS, 2010). De acordo com essas características, os ambientes aquáticos são classificados em lagos, águas correntes, estuários e oceanos.

Os lagos se formam em locais onde existem depressões. Muitos pesquisadores acreditam que sua origem está relacionada às glaciações, mas também podem ser formados a partir da água da chuva, de uma nascente local ou de um curso d'água. Nessa perspectiva, o gelo, ao derreter, esculpe a superfície, formando cavidades, e preenche esses locais com água. Os lagos são divididos em regiões, de acordo com sua extensão e profundidade, cada uma com características próprias:

- Zona litoral é o local que apresenta vegetação que margeia os lagos; representa a parte rasa.
- Zona limnética é a área que vai além da margem, onde ocorre a presença de algas flutuantes e algumas espécies de animais planctônicos.
- Zona bentônica fica em maiores profundidades, onde sedimentos são depositados. Abriga espécies de animais cavadores, microrganismos e poucas espécies vegetais, uma vez que pouca luz penetra nessas profundidades.

As águas correntes se constituem a partir da precipitação que se forma em locais onde a taxa de acúmulo de água excede a taxa de evaporação. Essa água pode se constituir em pequenas correntes denominadas rifles, que transportam materiais como folhas e galhos e são bem oxigenadas. O local onde a água corrente se acumula é denominada poça e, geralmente, é também onde a matéria orgânica transportada pelos rifles se encontra.

Os estuários, geralmente, são áreas rasas de deposição de sedimento, localizados na porção final de rios, onde deságuam no mar, e como consequência, as águas doce e salgada se misturam nessa região. Os estuários são ricos em matéria orgânica e nutrientes, portanto, abrigam uma biodiversidade grande de espécies estuarinas e marinhas.

De certa forma, podemos afirmar que a biogeografia dos oceanos é semelhante àquela dos continentes, visto que também é restrita à biota de vastas áreas de superfície. No entanto, também é muito diferente, dada a natureza do ambiente e os organismos que cada um contém.

Cabe ressaltar que o estudo da biogeografia marinha tem um desenvolvimento relativamente lento, devido ao fato de nós mesmos, seres terrestres e que respiramos ar, termos dificuldade em explorar o ambiente marinho. Além disso, os principais oceanos são todos interligados, assim as fronteiras geográficas entre eles não são bem definidas como as dos continentes.

Outro ponto a destacar é que, além dos oceanos serem muito maiores em extensão do que os continentes, eles possuem uma dimensão extra, que é a profundidade. Dessa forma, as condições físicas de iluminação, temperatura, densidade e pressão, e frequentemente também de concentração de nutrientes e oxigênio, mudam muito mais rapidamente com a profundidade nos oceanos do que com a altitude em terra.

Por isso, os organismos marinhos possuem uma distribuição mais ampla do que os terrestres, pelo menos em termos de família e gênero. Enquanto a maioria das famílias de mamíferos é encontrada em uma única região zoogeográfica, as famílias de organismos marinhos são cosmopolitas ou dispersas ao longo dos oceanos do mundo. Por conta disso, as faunas marinhas diferem umas das outras por conterem gêneros ou espécies diferentes e não famílias diferentes (COX; MOORE, 2014).

Os oceanos possuem uma diversidade muito grande de ambientes marinhos, que é consequência da profundidade, temperatura, das correntes, do substrato e das marés (RICKLEFS, 2010). De acordo com a profundidade e extensão, os oceanos podem ser divididos em ambientes pelágico e bêntico.

O pelágico é o ambiente de alto-mar; representa as águas abertas do oceano. Subdivide-se em: (1) nerítico, que são águas abertas que se encontram sobre as

plataformas continentais; e (2) oceânico, que são águas abertas que estão sobre as bacias oceânicas. O ambiente oceânico (Figura 4.1) é dividido verticalmente em:

- **Zona epipelágica:** é a camada localizada na superfície dos oceanos. É o local onde ocorre a produção primária, pois consiste em uma área bem iluminada, habitada por diversas espécies de plantas e animais. Possui profundidade de até 200 metros e também é conhecida como zona fótica.
- **Zona mesopelágica:** é uma zona afótica cuja profundidade varia de 200 a 1.000 metros. Apresenta poucas espécies animais e as plantas são ausentes.
- **Zona batipelágica:** também é uma zona afótica que abrange 1.000 a 4.000 metros; possui poucos animais, com olhos pequenos.
- **Zona abissopelágica:** a profundidade dessa zona afótica varia de 4.000 a 6.000 metros. Apresenta poucas espécies animais, de cor pálida e com olhos pequenos ou mesmo ausentes.
- **Zona hadalpelágica:** apresenta profundidade de 6.000 a 10.000 metros (em média, pois acredita-se que as maiores valas oceânicas podem ultrapassar os 11.000 metros de profundidade). Representa a área de valas oceânicas. Nesse ambiente, é possível encontrar bactérias e alguns animais com olhos ausentes e bioluminescência.

Figura 4.1 | Divisão vertical do ambiente oceânico

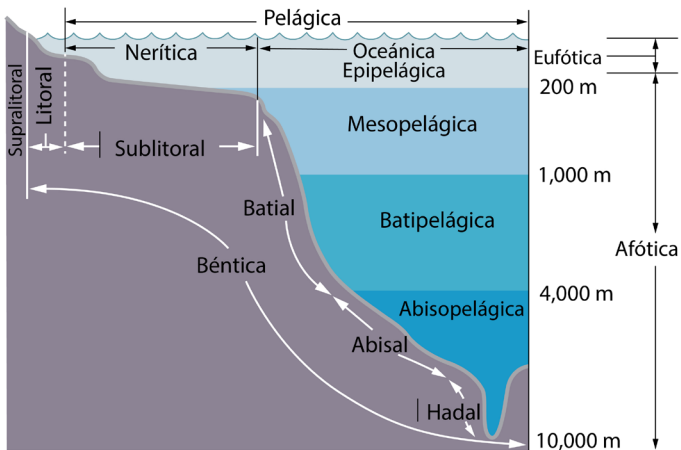


Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Pelagiczone_pt.svg. Acesso em: 6 jan. 2019.

À medida que se avança em profundidade, as formas de vida começam a se tornar mais escassas e com adaptações fisiológicas necessárias para viverem em um ambiente com poucos recursos e luminosidade. O ambiente bêntico representa o fundo do oceano. Divide-se, horizontalmente, (representado na Figura 4.2) em:

- Litoral: vai da região da maré mais alta à maré mais baixa; apresenta muitas espécies de animais e vegetais.
- Sublitoral: abrange a área de maré baixa até a extremidade da plataforma continental; possui vida animal em abundância e a presença de bancos de algas.
- Batial: é uma área de declive continental que está situada abaixo da zona batipelágica.
- Abissal: abrange a camada superior das valas oceânicas.
- Hadal: representa o fundo das valas oceânicas.

Figura 4.2 | As camadas do oceano



Fonte: <https://bit.ly/2R7OKAn>. Acesso em: 23 jan. 2018.

Talvez a característica física mais importante do mar seja que as condições não se alteram uniformemente a partir da superfície, onde a água é mais quente e, portanto, menos densa, até as condições frias e densas das grandes profundidades. Abaixo da superfície da água, ou seja, da zona eufótica, não há iluminação solar suficiente para sustentar a fotossíntese. Por isso, a zona de transição, situada entre essa camada e as inferiores, é conhecida como picnoclíneo.

Nessa região, a temperatura da água cai e a densidade aumenta, enquanto a zona epipelágica, por ser mais quente e iluminada, possui uma concentração maior de organismos vivos. Portanto, o picnoclíneo é o limite mais importante das águas oceânicas.

Para a melhor compreensão da biogeografia marinha, é importante tomar conhecimento de que o formato das bacias oceânicas é o principal responsável pela divisão básica entre o reino dos mares rasos (nerítico) e o reino dos mares abertos (pelágico).

A biogeografia do reino dos mares abertos é melhor compreendida a partir da descrição dos padrões de circulação nos oceanos, visto que eles promovem diferenças nas concentrações de nutrientes, influenciando, assim, na distribuição da vida. Nos oceanos, imensas massas de ar circulam horizontalmente com uma periodicidade a cada cerca de 20 anos. Esses movimentos são resultados dos padrões de ventos, que, por sua vez, advêm da distribuição irregular da energia solar sobre a superfície da Terra e do movimento de revolução do planeta para o Leste.

Dessa forma, o calor das regiões equatoriais é distribuído em direção aos polos por padrões de movimentação de ventos que giram em sentido horário nas médias latitudes do Hemisfério Norte e anti-horário nas correspondentes do Hemisfério Sul. Contudo, esses padrões eólicos não criam padrões climáticos apenas no ambiente terrestre, eles também provocam movimento nas águas abaixo, de maneira que as correntes oceânicas quentes fluem em direção ao Equador ao longo da margem ocidental dos oceanos, e as correntes frias fluem de volta em direção ao Equador ao longo das margens orientais.

Cabe ressaltar que, além desses movimentos horizontais, também existe uma circulação vertical, sendo esta determinada por diferenças de temperatura e salinidade. Nas regiões polares, quando as águas congelam e se transformam em gelo, o sal é transportado para a camada abaixo do gelo.

Essas águas são excepcionalmente salgadas e densas e não se misturam com as águas mais profundas dos oceanos, mas afundam em direção ao assoalho oceânico. Além disso, são ricas em oxigênio e em dióxido de carbono dissolvidas e, ao longo da trajetória rumo ao assoalho oceânico, elas espalham esses gases. Esse movimento desloca água para a superfície, produzindo o que é chamado de circulação termo-halina, e demora cerca de 275 anos para completar o ciclo no Oceano Atlântico, 250 no Oceano Índico e 510 anos no Pacífico.

Outra causa de movimento vertical nas águas é o vento que sopra em alto-mar ao longo de partes da costa ocidental das Américas, África e

Austrália. Esses ventos sopram as águas superficiais quentes para longe do litoral, sendo substituídas por uma ascensão de águas profundas (COX; MOORE, 2014).

Mas você deve estar se perguntando de que forma tudo isso determina a distribuição de vida nos oceanos abertos? Esses padrões de circulação das águas oceânicas criam padrões de concentração dos principais nutrientes, como nitratos, fosfatos e silicatos. Esses padrões, no tempo e no espaço, geram efeitos sobre os organismos marinhos.



Exemplificando

O silicato é essencial para a produção do esqueleto dos diatomáceos, tipo de fitoplâncton. Por sua vez, os diatomáceos são a principal fonte de material orgânico que desce para as camadas mais profundas dos oceanos. Dessa forma, existe uma correlação entre o padrão das regiões em que as águas sobem à superfície por ascensão e divergências, a disponibilidade de nutrientes nas águas superficiais e os padrões de produtividade nos oceanos.

A quantidade de clorofila (organela responsável pela fotossíntese) na água pode ser medida a partir de imagens de satélite e permite deduzir a densidade do fitoplâncton, a profundidade da zona eufótica e os ciclos sazonais no balanceamento entre a produtividade e a perda de fitoplâncton, que podem ou não levar a um incremento da biomassa conhecido como *bloom*.

Foi a partir de estudos sobre o *bloom* que o oceanógrafo britânico Alan Longhurst combinou dados biológicos a dados relativos aos movimentos das águas oceânicas para identificar e definir três biomas biogeográficos nos oceanos, que são: bioma polar, o dos ventos de oeste e o dos Ventos alísios, além de um bioma costeiro que compreende os mares rasos, que abordaremos adiante.

Dessa forma, as regiões marinhas são definidas por condições ambientais, diferentemente das regiões terrestres que, conforme estudamos, são caracterizadas por suas faunas e floras. Outra distinção entre os dois sistemas é que as fronteiras entre as regiões marinhas mudam de um ano para o outro e de estação para estação, embora o padrão fundamental permaneça estável.

Por fim, no que se refere ao reino do mar aberto, é importante destacar que o assoalho oceânico é ocupado por uma surpreendente diversidade de vida, mas pesquisas ainda estão sendo realizadas para tentar estabelecer os padrões biogeográficos que ele apresenta. Além do assoalho oceânico,

as fontes hidrotermais, localizadas nas dorsais mesoceânicas, apresentam faunas únicas, ricas em bactérias que extraem energia de elementos químicos presentes nas rochas aquecidas que emergem do interior da Terra. Como você notou, a biogeografia marinha, apesar de complexa e cheia de mistérios, é fascinante.

O reino das águas rasas é formado por unidades individuais, a maioria das quais é comprida e estreita, espremida entre a costa e a borda continental. Além disso, quando se fala em águas rasas, é preciso considerar que a topografia do ambiente marinho é irregular, portanto, existem regiões chamadas de baixios, que são partes do fundo marítimo onde a profundidade da água é muito baixa em comparação com áreas vizinhas.

Cada um desses baixios é influenciado pelas características do terreno adjacente, como a natureza do litoral e a presença de rios que podem contribuir com água doce e uma descarga variável de sedimentos.



Refleta

Mesmo considerando a relativa pouca profundidade do reino das águas rasas, você acredita que o assoalho oceânico também influencia as condições de massas de água que o recobre? Há interação das águas rasas com o mar aberto? Os baixios são mais heterogêneos do que o mar aberto?

Além disso, é importante salientar que existe uma distinção bem marcada entre os locais dos organismos dos mares abertos e das águas rasas, visto que poucas espécies de mar aberto se aventuram nos ambientes de mares rasos.

Apesar disso, é possível agrupá-los em unidades biogeográficas semelhantes, devido a duas razões: (1) as águas dos mares abertos frequentemente atravessam as áreas rasas e, mesmo que isso não ocorra, inevitavelmente influenciam a temperatura dos baixios adjacentes; (2) qualquer conexão entre faunas individuais só pode acontecer através do mar aberto, capaz de transportar larvas planctônicas de um lugar para outro. Isso significa que os baixios estão conectados e, de certa forma, compartilham um regime térmico específico por estarem ligados por meio de uma corrente oceânica de superfície com essa variação de temperatura.

Contudo, é difícil para os organismos dos baixios ou suas larvas transportem a longa distância e, por isso, a maior parte das semelhanças entre as faunas dos diferentes mares rasos ocorre a diferentes latitudes no mesmo lado de um oceano. Essas faunas foram classificadas pelo zoólogo marinho norte-americano Jack Briggs (1920-1988) em 23 regiões, considerando padrões

de endemismo nas faunas costeiras (COX; MOORE, 2014). Briggs identificou locais que aparentam ser zonas de rápida mudança faunística, como resultado das mudanças nas correntes oceânicas. Por isso, essas zonas são fronteiras entre regimes térmicos diferentes.

Nesse sentido, os recifes de corais proporcionam os mais diversificados ambientes nos mares e são os exemplos mais claros dos gradientes de diversidade marinha. Eles comportam a maior diversidade de espécies de vertebrados por metro quadrado conhecida sobre a Terra (COX; MOORE, 2014).



Assimile

O coral é um pequeno animal marinho que vive em colônias e que secreta à sua volta um esqueleto de carbonato de cálcio, substância extraída da água do mar. Porém, após sua morte, novas colônias se desenvolvem sobre essa estrutura rígida, formando, com o tempo, os recifes de corais. Cabe ressaltar que o processo de formação dos recifes demora milhares de anos.

A biologia dos corais limita sua distribuição às condições peculiares de nutrientes, temperatura e iluminação. Os corais são encontrados em áreas nas quais os níveis de nutrientes são tão baixos que existe pouca produção primária das algas livres ou fitoplâncton. O que permite então essa imensa diversidade? Os corais podem florescer nesses ambientes porque suas algas zooxantelas (conjunto de organismos unicelulares fotossintetizantes de coloração acastanhada) vivem em simbiose como os hidrozóários (cnidários), fornecendo alimento para os corais.

No que se refere aos outros fatores, a temperatura é mais importante do que a iluminação, como se pode comprovar pelo fato de que alguns corais conseguem crescer em águas profundas desde que os níveis térmicos sejam adequados. Nessa perspectiva, os recifes são encontrados onde a temperatura das águas superficiais seja, no mínimo, de 18 °C, mantidos por longos períodos, com um máximo entre 30 °C e 34 °C. Por isso, os agrupamentos de corais são encontrados próximos às latitudes de 30° norte e sul, mas a maioria é encontrada em zonas de latitudes nas quais a temperatura nunca caia abaixo dos 20 °C.



Pesquise mais

Com certeza você já deve ter ouvido falar sobre as mudanças climáticas, não é mesmo? Também já deve ter ouvido falar sobre os impactos dessas mudanças no ambiente marinho, sobretudo nos recifes de corais, tendo como consequência o seu branqueamento. Mas você de fato sabe o

que significa o termo branqueamento dos corais? Para compreender os impactos das mudanças climáticas sobre os recifes de corais e a fim de relacionar os fatores que determinam a sua distribuição com as alterações globais de temperatura, faça a leitura do artigo referenciado a seguir:

FREITAS, L. M.; OLIVEIRA, M. D. M.; KIKUCHI, R. K. P. Os mecanismos de sobrevivência dos corais diante do impacto das mudanças climáticas sobre o ecossistema de recifes. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 2, 2012.

Dito isso, agora vamos refletir sobre a fauna costeira das ilhas. Embora a maioria das faunas costeiras se localize ao longo das bordas continentais ou em ilhas nas plataformas continentais, outras podem ser encontradas em torno de ilhas oceânicas isoladas. A maior parte se encontra disposta em áreas no entorno de ilhas vulcânicas ou de cadeias resultantes da ação de fossas oceânicas ou *hotspots* e muitas também se encontram no Oceano Pacífico.

Conforme discutimos em outro momento, o isolamento proporciona altos graus de endemismo e no ambiente costeiro não é diferente. O cientista americano V. G. Springer (1928-) estudou os padrões de distribuição de 179 espécies de peixes costeiros, pertencentes a 111 famílias, nessas ilhas isoladas do Pacífico (COX; MOORE, 2014). Ele calculou que 20% eram endêmicas à região, e destas, a maioria era endêmica a apenas uma ilha. Ele observou também que uma considerável parte dos peixes elasmobrânquios cartilagosos desaparece das listas faunísticas à medida que se penetra nas profundezas do Oceano Pacífico a partir do Leste, devido ao fato de eles não possuírem bexiga natatória (permite a capacidade de boiar), presente em peixes ósseos.

O mais surpreendente dos estudos de Springer (1928-) é que ele descobriu que a quantidade de taxa decresce rapidamente quando se penetra em águas profundas a partir do Leste, sugerindo então que, para os peixes costeiros, essas extensões desprotegidas de água funcionam como obstáculo, assim como para os animais e plantas terrestres. Ou seja, trata-se de um gradiente ambiental e tais estudos podem ser comparados com aqueles sobre a distribuição geográfica de insetos e plantas das ilhas.

Como você notou, as condições físicas nas quais os organismos marinhos existem diferem profundamente daquelas dos organismos terrestres, sobretudo no que se refere às fronteiras ou aos limites de distribuição geográfica. Dessa forma, como se trata de um estudo mais complexo, retome as leituras, destaque os pontos mais relevantes na biogeografia dos ambientes de mar aberto e de águas rasas. Bons estudos!

A biogeografia dos continentes e dos oceanos são similares, uma vez que ambas envolvem a análise da biota. Contudo, a biota marinha é mais difícil de ser estudada, devido à sua biodiversidade. Nesse contexto, você integra um grupo de pesquisa que estuda a biogeografia do arquipélago de Fernando de Noronha e que irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país. O curso será realizado presencialmente e terá a duração de uma semana, com aulas teóricas e práticas (visitas de campo). Você será o responsável por ministrar um dos módulos do curso e, assim, precisa elaborar o plano de ensino: *Biogeografia marinha e insular*, composto por três planos de aulas.

Na primeira aula, você deverá abordar conteúdos relativos à biodiversidade aquática, tais como: divisão dos oceanos, fatores ecológicos no ambiente marinho, correntes oceânicas e distribuição dos seres vivos. A partir desses conteúdos, o seu plano de aula deverá conter os seguintes tópicos: tema, conteúdo a ser abordado, objetivo da aula, desenvolvimento a partir de um roteiro de como será realizada a aula, materiais/equipamentos, avaliação da aprendizagem e tempo de aula.

A elaboração de um plano de aula deve ser realizada com antecedência e é importante que esteja coerente com seu alunado (nesse caso, alunos de graduação) e com os recursos disponíveis. Além disso, é importante proporcionar abordagens metodológicas que desenvolvam o protagonismo nos estudantes, e assim, por meio de uma ação mediadora do docente, sejam capazes de conduzir a uma aprendizagem significativa.

Para tanto, a sua aula inicia com a apresentação e socialização do vídeo *Conhecendo a biodiversidade marinha no Brasil*, do canal Museu Nacional UFRJ (MUSEU..., 2015). Em seguida, organize os alunos em grupos e apresente a questão: **no oceano existem muito mais espécies que em terra?** Cada grupo terá dez minutos para inferir seus questionamentos e apontamentos e, em seguida, após a discussão, os grupos devem socializar suas respostas com os demais. A partir destas, elenque conceitos que são significativos e estruturantes para a compreensão do questionamento. Escreva-os na lousa.

No segundo momento da aula, solicite uma pesquisa na internet, em artigos científicos (Google Acadêmico e Portal de Periódicos da Capes), sobre quais os fatores ecológicos que influenciam a distribuição dos seres vivos no ambiente marinho, considerando também as informações contidas no vídeo. Essa pesquisa pode ser realizada nos próprios dispositivos móveis dos estudantes, e observe as conexões realizadas entre ela e os conceitos que você anotou anteriormente.

Ao final, proponha aos estudantes que elaborem painéis para a apresentação em escolas públicas de Fernando de Noronha, a fim de mostrar que os oceanos possuem uma diversidade muito grande de ambientes marinhos e estão todos interligados. Assim, a biogeografia marinha procura estudar toda essa diversidade a fim de compreender como se dá a distribuição dos seres vivos no ambiente marinho e quais são os fatores que interferem nesse processo.

O processo de avaliação deve ser contínuo, ao longo de todo o desenvolvimento da atividade e da aula. Como professor e mediador do processo de ensino e aprendizagem, destaque alguns pontos e dúvidas que surgirem ao longo da aula. Para avaliar a apresentação dos painéis, é muito importante verificar se seus alunos realizaram as corretas inferências e, assim, proporcionaram uma apresentação coerente para as escolas.

Dentre elas, destacamos: (I) o fato de a interligação dos oceanos inviabilizar fronteiras geográficas muito bem definidas; (II) a maior extensão desses corpos hídricos e o fato de apresentarem uma dimensão extra, que é a profundidade, fazendo com que as condições físicas de iluminação, temperatura, densidade e pressão, e frequentemente também de concentração de nutrientes e oxigênio, mudem muito mais rapidamente com a profundidade nos oceanos do que com a altitude em terra; (III) a divisão das regiões biogeográficas dos oceanos entre o reino dos mares rasos (nerítico) e o reino dos mares abertos (pelágico), considerando a profundidade e extensão; (IV) a influência das correntes oceânicas, que promovem diferenças nas concentrações de nutrientes, influenciando, assim, na distribuição da vida, ressaltando que os padrões de circulação influenciam na distribuição dos seres vivos no reino do mar aberto, visto que no reino das águas rasas, outros fatores também influenciam a biogeografia.

Avançando na prática

Recifes de corais: fatores de distribuição

Descrição da situação-problema

Os recifes de corais encantam todos, seja pela beleza das cores vibrantes e/ou pela rica biodiversidade. No Brasil, os recifes ocorrem por cerca de 3 mil quilômetros de costa, desde o Maranhão até o sul da Bahia, e representam as únicas formações recifais do Atlântico Sul. Além disso, garantem o sustento de muitos moradores locais que costumam trabalhar como guias, na modalidade de turismo ecológico e sustentável. Assim, uma notícia acerca de

um estudo alarmante sobre a perda da biodiversidade dos recifes de corais, decorrentes do aquecimento global, foi amplamente divulgada e causou alarme na população local. Como pesquisador marinho, você foi procurado pela associação de moradores de uma comunidade que, ao considerar a notícia, solicitou que você prestasse alguns esclarecimentos aos moradores, destacando as principais ameaças à biodiversidade dos corais e ressaltando a importância da participação de todos para a preservação. Para guiar sua apresentação, você irá se basear nos seguintes questionamentos: o que são recifes de corais? Eles estão amplamente distribuídos no planeta Terra? De que forma as mudanças climáticas afetam os recifes? Tais questionamentos foram elaborados a partir do seguinte trecho do artigo: “A expectativa de aumento de 2°C na temperatura média da terra, até 2100, leva-nos a acreditar que os corais reduzirão a sua capacidade de tolerar o estresse térmico, resultando no aumento da frequência e da intensidade dos eventos de branqueamento dos recifes” (FREITAS; OLIVEIRA; KIKUCHI, 2012, p. 144).

Resolução da situação-problema

Para iniciar as reflexões junto aos membros da associação comunitária, você projeta a seguinte pergunta: recifes de corais: beleza ameaçada? E segue questionando os presentes se isso é fato ou somente alarme desnecessário.

De início, é preciso esclarecer que os recifes de corais são formados por colônias de coral, que é um pequeno animal marinho que secreta à sua volta um esqueleto de carbonato de cálcio, substância extraída da água do mar. Após a sua morte, novas colônias se desenvolvem sobre essa estrutura rígida, formando, com o tempo, os recifes de corais. Assim, os recifes de corais proporcionam os mais diversificados ambientes nos mares, uma vez que servem de proteção para outros animais e são os exemplos mais claros dos gradientes de diversidade marinha.

Os recifes ocorrem principalmente em regiões de águas quentes e rasas, visto que necessitam de condições peculiares de nutrientes, temperatura e iluminação. Nessa perspectiva, os recifes são encontrados onde a temperatura das águas superficiais seja, no mínimo, de 18 °C, mantidos por longos períodos, com um máximo entre 30°C e 34°C. Por isso, os agrupamentos de corais são encontrados próximos às latitudes de 30° norte e sul, mas a maioria é encontrada em zonas de latitudes nas quais a temperatura nunca caia abaixo dos 20°C.

Dessa forma, a expectativa de aquecimento das águas em 2°C até 2100 é alarmante, visto que esse aumento ameaça esse ecossistema, uma vez que as algas zooxantelas, que vivem em simbiose com os corais, são extremamente sensíveis às pequenas alterações de temperatura das águas dos oceanos.

Com o aumento da temperatura, há diminuição dessas algas que são fonte de alimento para os corais e, conseqüentemente, morte dos corais, processo conhecido como branqueamento, visto que eles perdem as cores vibrantes.

Faça valer a pena

1. Leia atentamente o excerto de texto que segue:

Os oceanos possuem uma diversidade muito grande de ambientes marinhos, que é consequência da profundidade, temperatura, das correntes, do substrato e das marés (RICKLEFS, 2003, p. 88).

Com relação aos ambientes marinhos, analise o excerto a seguir, completando suas lacunas.

O ambiente _____ designa a região de alto-mar, ou seja, representa as águas _____ do oceano. Esse ambiente é dividido em _____, que são águas abertas que se encontram sobre as plataformas continentais, e _____, as águas abertas que estão sobre as bacias oceânicas.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas, em sua respectiva ordem.

- a) Pelágico / abertas / nerítico / oceânico.
- b) Epipelágico / rasas / limnética / pelágico.
- c) Bentônico / abertas / nerítico / pelágico.
- d) Pelágico / rasas / limnética / oceânico.
- e) Bentônico / rasas / nerítico / pelágico.

2. Os oceanos, além de maiores em extensão do que os continentes, possuem uma dimensão extra, que é a profundidade. Dessa forma, as condições físicas de iluminação, temperatura, densidade e pressão, e frequentemente também de concentração de nutrientes e oxigênio, mudam muito mais rapidamente com a profundidade nos oceanos do que com a altitude em terra.

Considerando o contexto apresentado, avalie as afirmativas a seguir:

- I- O ambiente bêntico representa a região de maior produtividade nos oceanos, é dividido verticalmente em cinco zonas.
- II- A zona oceânica que vai da região da maré mais alta à maré mais baixa e apresenta muitas espécies de animais e vegetais, é chamada de batial.
- III- A zona sublitoral abrange a área de maré baixa até a extremidade da plataforma continental e possui vida animal em abundância e a presença de bancos de algas.

IV- A zona batial é uma área de declive continental que está situada abaixo da zona batipelágica, zona afótica que abrange 1.000 a 4.000 metros abaixo da superfície.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as afirmativas II, III e IV estão corretas.
- b) Apenas as afirmativas I, II e III estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas III e IV estão corretas.
- d) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- e) As afirmativas I, II, III e IV estão corretas.

3. O reino das águas rasas é formado por unidades individuais, a maioria das quais é comprida e estreita, espremida entre a costa e a borda continental. Além disso, a topografia das águas rasas é irregular, proporcionando regiões chamadas de baixios, que são partes do fundo marítimo onde a profundidade da água é muito baixa em comparação com áreas vizinhas.

Considerando o contexto apresentado, avalie as assertivas e a relação proposta entre elas.

I. Cada baixio é influenciado pelas características do terreno adjacente, como a natureza do litoral e a presença de rios que podem contribuir com água doce e uma descarga variável de sedimentos.

PORQUE

II. É difícil para os organismos e larvas dos baixios transporem a longa distância e, por isso, a maior parte das semelhanças entre as faunas dos diferentes mares rasos corre a diferentes longitudes no mesmo lado de um oceano.

A respeito dessas asserções, assinale a alternativa correta.

- a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa da I.
- b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa da I.
- c) A asserção I é uma proposição falsa e a II é uma proposição verdadeira.
- d) A asserção I é uma proposição verdadeira e a II é uma proposição falsa.
- e) As asserções I e II são proposições falsas.

Construção e evolução das comunidades insulares

Diálogo aberto

As ilhas proporcionam uma oportunidade única para o estudo da evolução, uma vez que sua biota empobrecida, tomada isoladamente, cria uma situação ideal para modificações evolucionárias rápidas e para radiação adaptativa. Nesse contexto, vamos lembrar que você faz parte de um grupo de pesquisa que estuda a biogeografia de ilhas brasileiras no arquipélago de Fernando de Noronha, que pertence ao estado de Pernambuco, à mesorregião metropolitana do Recife e à microrregião de Fernando de Noronha. Além disso, ele é de origem vulcânica, formado por 21 ilhas, ilhotas e rochedos. Seu grupo de pesquisa irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país, que será realizado presencialmente e terá a duração de uma semana, com aulas teóricas e práticas (visitas de campo). O objetivo é promover aulas que viabilizem uma aprendizagem significativa sobre a biogeografia marinha e das ilhas. Como membro do grupo de pesquisa e um dos idealizadores do curso, você será o responsável por ministrar um dos módulos. Para tanto, é necessária a elaboração de um plano de ensino, composto por três planos de aulas.

Na primeira aula, você elaborou um plano sobre biodiversidade aquática; agora o plano de aula deverá tratar sobre a biogeografia de ilhas, a partir dos seguintes conteúdos: tipos de ilhas, colonização, sobrevivência e extinção e número de espécies nas ilhas. Lembre-se de que o seu plano de aula deverá conter tema, conteúdo e objetivo, caminhos e recursos pedagógicos a serem utilizados; bem como a abordagem metodológica para a realização do processo de avaliação da aprendizagem.

Para a elaboração de um plano de aula sobre biogeografia de ilhas, estudaremos conteúdos referentes à formação de ilhas, como a biota chega até elas, quais fatores ecológicos determinam as mudanças evolucionárias na fauna e flora, além de discutir as relações entre o grau de isolamento da ilha com as taxas de imigração, riqueza e extinção de espécies. Bons estudos!

Não pode faltar

Observamos em um único bioma alterações regionais de composição florística e faunística, já que sempre há variações locais dos fatores abióticos.

Diferentes solos, por exemplo, formados a partir de diferentes rochas, podem ser encontrados dentro de um bioma. As características desses solos condicionam, junto a outros fatores, o aparecimento da vegetação típica de cada local, ocasionando as diferenças regionais.

É da aceitação de muitos pesquisadores que um conjunto de condições físicas, como temperatura e precipitação pluvial, limita o número de espécies que existem em uma comunidade isolada, seja vivendo em uma ilha oceânica ou em um território em meio a cadeias montanhosas.

Tal fato é descrito em uma teoria denominada Teoria da Biogeografia Insular, proposta por Robert Helmer MacArthur (1930-1972) e pelo biólogo Edward Osborne Wilson (1929-). Essa teoria foi proposta para tentar explicar a relação entre o número de espécies que poderiam vir a habitar uma ilha que acabou de ser formada. Um dos seus fundamentos mais importantes diz que o número de espécies de determinado local se relaciona com a área. Isso quer dizer que a diversidade de espécies aumenta com o aumento da área da ilha.

Em se tratando de ilhas oceânicas, os pesquisadores propuseram que, quanto mais distante do continente for a ilha, menor a sua diversidade, uma vez que se diminui a probabilidade de colonização do local por espécies diferentes. Portanto, além do tamanho da ilha e da distância entre as ilhas oceânicas e o continente, a taxa de migração das espécies para elas é outro fator importante, controlado pela taxa de extinção de seus habitantes, provocada pela competição por recursos naturais.

Dessa forma, nas ilhas, as comunidades se mantêm próximas de um equilíbrio, que é alcançado por influência da limitação de fatores do ambiente físico. Baseando-se nessa teoria, acredita-se que as taxas de extinção são mais altas em populações menores que vivem isoladas (FUTUYMA, 2002).



Assimile

Enquanto a biogeografia dos continentes e oceanos se concentra no estudo dos padrões de distribuição dos seres vivos, considerando sobretudo as mudanças das condições ambientais, a biogeografia insular está focada nos próprios organismos. No entanto, a biota de uma ilha é muito mais simplificada do que a biota continental, e assim a sua composição e as interações entre os diferentes componentes são mais fáceis de se analisar.

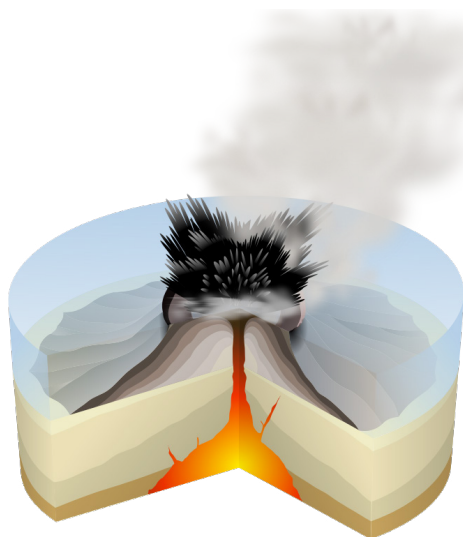
Antes de prosseguirmos, é importante conhecer os três tipos de ilhas, bem como as diferenças que existem entre elas e que afetam a natureza da biota que nelas vive. O primeiro tipo de ilha é aquele que faz parte de um

continente próximo, mas separou-se deste pela elevação do nível do mar (por exemplo, as Ilhas Britânicas, a Terra Nova e as grandes ilhas das Índias Orientais) ou por processos tectônicos que as deslocaram do continente adjacente (por exemplo, Madagascar ou Nova Zelândia).

O segundo tipo de ilha é parte de um arco de ilhas vulcânicas, formado ao longo da zona de subducção no Oceano Pacífico, onde a crosta oceânica antiga está desaparecendo em direção às áreas mais profundas da Terra, como a ilha de Cracatoa.

E o terceiro tipo de ilha é aquele formado pelo resultado da atividade que os geólogos chamam de *hotspots*, que são pontos espalhados com localização fixa e cerca de 700 quilômetros de profundidade na crosta terrestre, a partir dos quais plumas de material quente se elevam para formar vulcões na superfície da Terra. Contudo, quando esse vulcão surge nos oceanos, pode permanecer submerso ou crescer e emergir sobre a superfície, conforme demonstrado nas Figuras 4.3 e 4.4 (COX; MOORE, 2014).

Figura 4.3 | Formação de uma ilha a partir de um *hotspot*



Fonte: <https://bit.ly/2RReDIQ>. Acesso em: 5 dez. 2018.

Figura 4.4 | Vulcão formando uma nova ilha na Nova Zelândia



Fonte: Pixabay.

Cabe ressaltar que, como o assoalho oceânico é parte integrante de uma placa tectônica que se move, a ilha é transportada para fora da pluma de material quente, abrindo espaço para a formação de outro vulcão. Após milhões de anos, a repetição desse processo faz surgir uma cadeia de vulcões, como é o caso das Ilhas do Havaí.

Nesse momento, você deve estar se perguntando como a biota chegou até essas ilhas, não é mesmo? Primeiramente, é importante esclarecer que a fauna e a flora desses três tipos de ilhas são diferentes. A biota da ilha formada a partir da fragmentação dos continentes possui fauna e flora do próprio continente que se modificou devido à evolução independente e à extinção na nova ilha, como resultado da adaptação às novas condições de vida.

Por outro lado, a biota dos arcos insulares e das cadeias de *hotspots* chegou, originalmente, por dispersão transoceânica e se tornou diferenciada por meio da evolução, mas também apresenta mudanças ecológicas progressivas à medida que o ecossistema amadurece e proporciona novas oportunidades (COX; MOORE, 2014).



Refleta

A chegada às ilhas é um grande desafio, dados os problemas de acesso. Pode-se dizer que os oceanos são a barreira mais eficaz à distribuição de animais terrestres. Nesse sentido, como ocorre a dispersão de seres vivos, sobretudo animais, para as ilhas?

A dispersão de animais terrestres para as ilhas ocorre por uma rota chamada *sweepstake*. Porém, antes de entendermos esse tipo de rota, é importante conhecer as três maneiras pelas quais os seres vivos se dispersam de uma área para outra, sendo elas: (1) corredor, que é uma grande extensão que liga diferentes habitats – nesse caso, os organismos têm pouca dificuldade em atravessá-lo, como a Eurásia, que liga a Europa Ocidental à China; (2) filtro, que é uma região menor e com uma variedade de habitats limitada – nesse tipo de dispersão, apenas os seres vivos que existem no local é que conseguem se dispersar por ele, tais como as terras baixas tropicais da América Central; (3) rota *sweepstake*, ou também conhecida como rota lotérica, que são aquelas rodeadas por ambientes totalmente diferentes, como as ilhas cercadas por oceanos, tornando, assim, a dispersão extremamente difícil.

Contudo, a biota que é adaptada a viver nos picos das montanhas ou em cavernas, por exemplo, possui adaptações especiais, já que vive isolada. Dessa forma, tais adaptações possibilitam que esses organismos consigam atravessar os oceanos. Cabe ressaltar que essas rotas são conhecidas como rotas lotéricas, visto que a chance dessa dispersão ocorrer é muito pequena.



Exemplificando

Alguns animais voadores podem alcançar ilhas mais distantes, considerando apenas suas próprias capacidades de voo. Como exemplo, temos as aves aquáticas, capazes de pousar na superfície da água para descansar sem ficarem encharcadas, permitindo, dessa forma, que elas se desloquem por distâncias maiores. Além disso, pequenas aves e morcegos, sobretudo insetos voadores, podem chegar até as ilhas carregados passivamente pelos ventos fortes e, por sua vez, podem transportar ovos, frutas, sementes e esporos de plantas.

Além da dispersão pelas próprias capacidades dos organismos, há ainda a dispersão por balsas naturais, sobretudo após fortes tempestades. Essas balsas naturais – pedaços de troncos e árvores, por exemplo – podem flutuar por distâncias consideráveis, transportando animais como sapos, lagartos,

ratos, ovos resistentes de outros animais e espécies de plantas não adaptadas à dispersão oceânica.

Apesar de parecer improvável e raro, há registros desse tipo de dispersão, que ocorreu em 1995, nas Índias Ocidentais. Após a passagem de dois furacões no Caribe, uma massa composta de troncos e árvores arrancadas com a tempestade foi encontrada na praia de Anguilla (uma das ilhas de Sotavento, no Caribe), e pelo menos 15 indivíduos de iguana verde (*Iguana iguana*) foram vistos sobre troncos em alto-mar e na praia. Cabe ressaltar que esses lagartos eram originários da ilha de Guadalupe, que fica a aproximadamente 250 quilômetros de distância!

Além disso, algumas plantas desenvolveram frutos e sementes que podem ser transportados no mar, como o fruto do coqueiro, que pode sobreviver imerso e, assim, a sua palmeira (*Cocos nucifera*) é amplamente distribuída nos limites de praias tropicais. Contudo, as palmeiras que vivem no interior não possuem frutos ou sementes adaptadas, logo têm menor chance de alcançar o mar e de sobreviver no litoral.

Dessa forma, para uma planta, é mais fácil se adaptar à dispersão de longa distância. Os esporos de algumas espécies, como a samambaia, são tão pequenos e leves que podem ser transportados por distâncias consideráveis pelo vento. Sementes de orquídea, por exemplo, podem ser transportadas por mais de 200 quilômetros. Outras sementes podem germinar mesmo após passarem pelo estômago das aves. Algumas gaivotas permanecem com sementes de frutas carnudas por cerca de 9 a 17 horas, tempo suficiente para que elas voem entre 300 e 675 quilômetros, sendo que 80% dessas sementes germinarão após serem expelidas (COX; MOORE, 2014).

Porém, a biota das ilhas é fortemente afetada devido ao seu grau de isolamento. A variedade da vida insular depende, a curto prazo, da frequência com que animais e plantas colonizadores a atingem, que por sua vez, depende da distância entre a ilha e a fonte de colonizadores, bem como da riqueza dessa fonte. Por exemplo, imagine uma fonte colonizadora fechada e rica em espécies. A ilha mais próxima a essa fonte irá possuir uma biota mais rica em comparação com uma ilha similar mais isolada ou que dependa de uma fonte com uma variedade mais restrita, não é mesmo?

Até agora falamos sobre a formação das ilhas e sobre como os organismos chegam a elas. E após a sua chegada, o que ocorre? Como qualquer outra, a população de uma espécie insular deve estar apta a sobreviver a mudanças sazonais em seu ambiente. Entretanto, a vida nas ilhas é mais perigosa do que no continente, uma vez que catástrofes possuem efeitos mais prolongados, já que são menores as chances e oportunidades para a espécie deixar a

área e retornar depois. Além disso, a reinvasão também é mais difícil e, nesse cenário, a extinção é mais provável.

Dessa forma, o sucesso e a sobrevivência são as únicas medidas do grau de adaptação de um organismo ao ambiente e a extinção mostra a sua falta de adaptação às pressões bióticas e climáticas a que estão expostas. Para entender melhor sobre o sucesso dos organismos na ilha, é preciso lembrar que o ambiente insular é muito diferente do ambiente continental que foi a fonte de colonizadores, e a adaptação a ela não é fácil.

Por exemplo, se os colonizadores foram pouco numerosos, incluirão apenas uma pequena parte da variação genética, que proporciona às populações do continente flexibilidade para enfrentar as mudanças ambientais. Além disso, pequenas populações são mais suscetíveis a mudanças aleatórias não adaptativas entre suas opções genéticas. Essas características tornam a população insular mais suscetível à extinção.

A extinção aleatória também é um perigo especial para predadores, pois sua quantidade é, em qualquer caso, menor do que a das suas presas. Como consequência, a fauna das ilhas tende a ser desequilibrada em termos de composição, contendo menos predadores e menor variedade do que em uma área continental semelhante.

Portanto, existem diferentes razões possíveis para explicar a ausência de um determinado organismo em uma ilha: (1) incapacidade de alcançar a ilha; (2) capacidade de alcançar, mas incapacidade de colonizá-la; (3) capacidade de alcançar e colonizar, mas se tornar extinto. Determinar qual desses motivos explica um caso particular é muito difícil.

Até agora você percebeu que o número de espécies encontrado em uma ilha depende de uma série de fatores e não apenas da topografia, da diversidade de habitats, de sua acessibilidade às fontes colonizadoras e da riqueza, mas também do equilíbrio entre as taxas de colonização por novas espécies e de extinção daquelas existentes.

Em 1967, foi proposta a Teoria da Biogeografia Insular pelos ecologistas estadunidenses Robert MacArthur (1930-1972) e Edward Wilson (1929-) para explicar essas relações.

As duas principais sugestões foram que as taxas variáveis e inter-relacionadas de colonização e imigração iriam, finalmente, levar a um equilíbrio entre esses dois processos, e que existe uma forte correlação entre a área de uma ilha e o número de espécies nela existentes.

Para compreender melhor essa teoria, imagine uma ilha recentemente disponível para colonização. No início, a taxa de colonização será alta, já que

a ilha pode ser alcançada rapidamente por aquelas espécies que estão aptas à dispersão e porque estas são, todas, novas espécies na ilha. Com o passar do tempo, os imigrantes pertencerão cada vez mais a espécies que já colonizaram a ilha, e assim a taxa de surgimento de novas espécies irá reduzir.

A taxa de imigração também é afetada pela localização da ilha e será maior naquelas mais próximas à fonte de colonizadores e menor naquelas mais distantes. Por outro lado, a taxa de extinção começa em um nível baixo, mas gradativamente aumenta. Isso ocorre em parte porque, uma vez que todas as espécies correm o risco de extinção, quanto mais espécies atingirem a ilha, mais espécies estarão em risco. Além disso, à proporção que mais espécies chegam, o tamanho médio da população de cada uma diminui devido ao aumento da competição, e uma população menor corre maior risco de extinção do que uma população maior.

Essa teoria foi bem-vinda, visto que forneceu um suporte teórico com o qual foi possível comparar os resultados individuais de cada biogeógrafo da época e, desse modo, estimular uma abordagem mais estruturada dos estudos biogeográficos.

Porém, a teoria também apresenta limitações, tais como tratar as espécies como simples unidades numéricas, de valor igual umas às outras. Por isso, suas possíveis interações biológicas, como os efeitos de competitividade e coevolucionário, são, portanto, ignorados ou assumidos como sendo triviais em comparação com os efeitos estatísticos de modo geral, como a possibilidade de um aumento no número de espécies por evolução em vez de por imigração.

Cabe ressaltar que grande parte das críticas recaem sobre a quantidade de espécies que atingem as ilhas e nelas permanecem em equilíbrio. Por exemplo, animais menores, como os caracóis terrestres, não se enquadram na Teoria da Biogeografia Insular, já que, por necessitarem de pouco espaço, não há saturação no número de espécies em qualquer ilha. Por isso, atualmente, essa teoria se aplica principalmente a vertebrados, especialmente aves e mamíferos, que colonizaram as ilhas sem grande esforço e necessitam de grandes áreas para sobreviver por longos períodos.



Pesquise mais

Entender a Teoria da Biogeografia Insular pode parecer complexo, não é mesmo? Mais complexo ainda é imaginar a sua aplicabilidade. Por isso, para entender sua importância, leia o artigo referenciado a seguir. Trata-se de um estudo que engloba conceitos de ecologia da paisagem com os fundamentos da Teoria da Biogeografia de Ilhas, para analisar se

as unidades de conservação são adequadas à preservação de espécies animais. Boa leitura!

LINHARES, C. de A. As unidades de conservação são adequadas à preservação das espécies animais? *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto—SBSR, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1.339-1.346.

Como vimos, as ilhas proporcionam uma oportunidade única para o estudo da evolução, pois sua fauna e flora criam a situação ideal para modificações evolucionárias rápidas e para radiação adaptativa. Contudo, a vida nas ilhas é frequentemente perigosa, e por esse motivo há uma complexa interação entre os processos de imigração, colonização e extinção. No entanto, tentativas de construir uma teoria preditiva sobre o número de espécies que pode ser encontrado em ilhas de diferentes tamanhos e localizações se provaram pouco sustentáveis e, portanto, ainda fornecem pouca ajuda no projeto de reservas naturais. Bons estudos!

Sem medo de errar

Caro aluno, entender como as ilhas foram colonizadas e como a biota sobrevive nessas ilhas é sempre algo desafiador. Nesse contexto, como parte de um grupo de pesquisa que estuda a biogeografia de ilhas brasileiras, como o arquipélago de Fernando de Noronha, você irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país. Para isso, você deverá elaborar o plano de ensino do módulo, composto por três planos de aulas.

Nesse momento, seu plano de aula deverá tratar sobre a biogeografia de ilhas, a partir dos seguintes conteúdos: tipos de ilhas, colonização, sobrevivência e extinção e número de espécies nas ilhas.

Para iniciar a aula, questione a turma sobre as ilhas: sua origem e dos animais que lá vivem. Em seguida, proponha um momento de leitura coletiva e de socialização do artigo *Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana*, que traz conceitos importantes sobre a biogeografia de ilhas, sobretudo as oceânicas. Solicite que os estudantes destaquem os pontos que consideram mais relevantes e também trechos que abordam a origem das ilhas oceânicas e sobre a sua colonização, anotando-os na lousa.

Em seguida, apresente as seguintes imagens de ilhas oceânicas e continentais:

Figura 4.5 | Vista aérea de Fernando de Noronha



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=35074>. Acesso em: 18 mar. 2019.

Figura 4.6 | Tasmânia vista a partir de um satélite da NASA



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18589643>. Acesso em: 18 mar. 2019.

A partir delas, discuta, pela via conceitual, a formação dessas ilhas e a característica da biota de cada uma delas. Em seguida, proponha um quadro na lousa com duas colunas, uma para ilha continental e outra para ilha oceânica, e peça para que as duplas, previamente formadas, contribuam com seu preenchimento, anotando as informações sobre formação da ilha e sobre a biota. Após a construção do quadro, questione os estudantes: qual ilha possui maior biodiversidade, a continental ou a oceânica? Existe relação entre o grau de isolamento de uma ilha e o número de espécies nela existentes?

Proponha uma discussão, nos grupos, acerca das questões levantadas e, ao final, solicite aos estudantes um texto argumentativo, no qual eles dissertem acerca dos questionamentos que foram levantados. À guisa de conclusão, proponha uma mesa redonda para a discussão e o debate acerca dos questionamentos e das respostas obtidas.

Lembre-se de que você deve elaborar um plano de aula para um curso de verão e, por isso, é importante destacar atividades e exemplos práticos. Nesse plano de aula, é possível avaliar a participação dos alunos na construção do quadro em sala, na produção textual e ao longo das discussões e dos debates. Bom trabalho!

Avançando na prática

Teoria de Biogeografia Insular: limitações

Descrição da situação-problema

A biogeografia insular busca a compreensão dos fatores que afetam a riqueza de espécies de uma determinada comunidade isolada numa ilha. Imagine que você seja professor de geografia de uma universidade e ministre aulas sobre biogeografia das ilhas para o curso de licenciatura em geografia na modalidade a distância. O Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) da sua disciplina possui uma ferramenta chamada FAQ (Frequently Asked Questions), que reúne perguntas mais frequentes feitas pelos alunos.

A equipe de T.I. da sua unidade verificou três perguntas, consideradas recorrentes e que, assim, mereceriam destaque no AVA. São elas: (1) quais fatores podem ser atribuídos à riqueza de espécies de uma ilha? (2) Essa teoria se aplica a toda a biota da ilha? (3) Quais são as limitações desta teoria? No entanto, por conhecer seus estudantes e lecionar a disciplina há um certo tempo, você acredita que sumarizar as respostas e disponibilizá-las no Ambiente Virtual não garante uma aprendizagem significativa. Dessa forma,

you want to propose to the T.I. team another solution for the FAQ of the platform, for your discipline, as a pilot project for all a possible reformulation of it. We will do this reflexive exercise?

Resolution of the situation-problem

Answers to questions must be based on the Theory of Insular Biogeography, proposed in 1967 by ecologists Robert MacArthur (1930-1972) and Edward Wilson (1929-). So, for the first question of the FAQ, it is necessary to highlight that the richness of species of an island is related to its colonization and to its proximity to the source colonizer and is for this reason that recently formed islands present high rates of colonization. Over time, the rate of emergence of new species is reduced. Proximity to the source colonizer increases the rate of immigration, which also contributes to the increase in biodiversity. For this, you suggest the presentation of an animation, in which, in an accelerated way, the time line is traversed and the process of colonization of an island is illustrated. The answer proposed for the question can be narrated and presented in the measure in which the animation transpires.

To evidence the fact that the Theory of Insular Biogeography presents limitations, especially for treating species in an equal way, without considering possible biological interactions, to answer question 2 of the FAQ, it is possible to include in the animation some examples of interactions between species so that the student is able to verify, inclusive, the possibilities of effects of competitiveness and coevolution.

In the end, to answer the third question, it is possible to complement the same animation with small arthropods, since these, when necessary, do not require much space, do not promote saturation in the number of species in an island.

Make a bet

1. In 1967, it was proposed the Theory of Insular Biogeography by ecologists Robert MacArthur (1930-1972) and Edward Wilson (1929-) to explain these relationships between colonization rates and immigration, and thus predict the number of species in an island.

Considering what the Theory of Islands Biogeography says, mark the correct alternative.

- a) In a recently formed island, generally the rate of colonization will be low at the beginning.
- b) The rate of emergence of new species increases in the measure in which the island is colonized.

- c) Ilhas situadas próximas a uma fonte rica em espécies colonizadoras são menos biodiversas.
- d) A biota das ilhas sofre risco de extinção à medida que a colonização da ilha diminui.
- e) Existe uma forte correlação entre a área de uma ilha e o número de espécies nela existentes.

2. A rota *sweepstake*, também conhecida como rotas lotéricas, são aquelas cercadas por ambientes totalmente diferentes, tais como as ilhas circundadas por oceanos, tornando assim a dispersão extremamente difícil.

Considerando o contexto de dispersão e das rotas de dispersão, avalie as afirmativas a seguir:

- I. O corredor é um tipo de rota caracterizado por uma grande extensão que liga diferentes habitats e, por isso, os organismos têm muita dificuldade de atravessá-lo.
- II. A rota conhecida como filtro é uma região menor e com uma variedade de habitats limitada, e apenas os seres vivos que existem no local é que conseguem se dispersar por ele.
- III. A biota dos arcos insulares e das cadeias de *hotspots* chegou, originalmente, por dispersão transoceânica e se tornou diferenciada por meio da evolução.
- IV. Além da dispersão pelas próprias capacidades dos organismos, há ainda a dispersão por balsas naturais, sobretudo após fortes tempestades.

Considerando o contexto apresentado, é correto o que se afirma:

- a) Apenas nas afirmativas III e IV.
- b) Apenas nas afirmativas II, III e IV.
- c) Apenas nas afirmativas I, II e IV.
- d) Apenas nas afirmativas I e III.
- e) Nas afirmativas I, II, III e IV.

3. A biota da ilha formada a partir da fragmentação dos continentes possui fauna e flora do próprio continente que se modificou devido à evolução independente e à extinção na nova ilha, como resultado da adaptação às novas condições de vida. Por outro lado, a biota dos arcos insulares e das cadeias de *hotspots* chegou, originalmente, por dispersão transoceânica e se tornou diferenciada por meio da evolução, mas também apresenta mudanças ecológicas progressivas na medida em que o ecossistema amadurece e proporciona novas oportunidades.

Considerando o contexto apresentado, avalie as asserções a seguir e a relação proposta entre elas.

I. A variedade da vida insular depende da frequência com que animais e plantas colonizadores a atingem, que, por sua vez, depende da distância entre a ilha e a fonte de colonizadores, bem como da riqueza dessa fonte.

PORQUE

II. Uma ilha mais próxima a uma fonte fechada e rica em espécies irá possuir uma biota mais rica em comparação a uma ilha similar mais isolada ou que dependa de uma fonte com uma variedade mais restrita.

Considerando as asserções e a relação proposta entre elas, assinale a alternativa correta.

- a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa da I.
- b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa da I.
- c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
- d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
- e) As asserções I e II são proposições falsas.

Biogeografia e conservação

Diálogo aberto

Caro aluno, a biogeografia possibilita a compreensão e a análise das causas ecológicas e históricas dos padrões atuais de distribuição de plantas e animais. Tornou-se evidente a necessidade de conhecermos melhor seus requisitos fisiológicos e, por conseguinte, seus habitats, suas interações com outras espécies e ainda sua história evolucionária, se quisermos entender por que os organismos são encontrados onde estão e por que algumas áreas do globo são mais ricas em espécies do que outras. Contudo, a história geológica recente da Terra tem sido particularmente dinâmica em termos climáticos e tem causado um efeito profundo tanto nos padrões de distribuição de espécies quanto na associação entre aquelas encontradas na natureza.

Nesse contexto, lembre-se de que o grupo de pesquisa do qual você faz parte irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país. O curso é realizado presencialmente e terá a duração de uma semana, com aulas teóricas e práticas (visitas de campo), com o objetivo de promover o estudo sobre a biogeografia marinha e de ilhas.

Como membro do grupo de pesquisa e um dos idealizadores do curso, você será o responsável por ministrar um dos módulos. Para isso, você deverá elaborar o plano de ensino, composto por três planos de aulas. No primeiro plano de aula, você abordou conceitos fundamentais sobre a diversidade em ambientes aquáticos. O segundo plano de aula versou sobre temas relativos às comunidades insulares, como colonização, sobrevivência, competição e extinção em ilhas.

Para finalizar o módulo, você deverá propor um último plano de aula sobre as consequências das ações antrópicas acerca da distribuição dos seres vivos e sobre como a biogeografia pode contribuir para a conservação da biodiversidade. Para guiar a elaboração deste último plano de aula, você propôs aos estudantes que eles sejam os donos de um empreendimento turístico – uma pousada – em Fernando de Noronha, cujo objetivo é promover uma integração entre os visitantes e os moradores da ilha, e, assim, trabalhar com hospedagens de longo prazo. Nesse sentido, muitos hóspedes da pousada tentam trazer consigo seus animais de estimação (principalmente cães e gatos), que lá permanecerão durante a estadia. O desafio que você propõe aos seus alunos é refletir como esse tipo de turismo pode afetar a biodiversidade da ilha, sobretudo contando com a presença de animais domésticos.

Assim, vamos pensar como cães e gatos contribuem para a disseminação de doenças e parasitas para as espécies endêmicas e como se valer dos estudos biogeográficos no desenvolvimento de alternativas conservacionistas.

Lembre-se de que o seu último plano de aula do módulo, além de estruturado com objetivos, proposta metodológica, materiais e caminhos avaliativos, deverá viabilizar as possíveis respostas a tais questionamentos, além de analisar as consequências das atividades antrópicas, inclusive de turismo, na distribuição de espécies na superfície terrestre. Além disso, refletiremos sobre como a biogeografia auxilia no planejamento de atividades de conservação da biodiversidade.

Bons estudos!

Não pode faltar

O homem tem sido um grande influenciador na distribuição das espécies animais e vegetais no planeta. Uma dessas influências se dá por meio da introdução de espécies em regiões onde não é comum sua ocorrência natural. Porém, essa influência não se restringe apenas a períodos recentes.

Para compreender a influência do homem na distribuição dos seres vivos, é preciso recordar que o Pleistoceno foi um período de instabilidade climática com um impacto considerável nos padrões de distribuição dos organismos sobre a face da Terra, marcado por muitas extinções, mas também pela evolução, já que as novas espécies que surgiam adquiriram a capacidade de competir nas condições de mudanças climáticas rápidas.

Entre esses grupos em evolução, encontramos os primatas, e esses mamíferos estavam prestes a gerar uma espécie que teria um impacto muito maior na biogeografia da Terra do que o causado pela Era do Gelo. Essa espécie foi a nossa própria, *Homo sapiens*.

Cabe ressaltar que a história fóssil dos humanos ainda é muito incompleta e ainda existe uma controvérsia se houve apenas uma linha de desenvolvimento que surgiu do ancestral comum como os chimpanzés ou se houve uma série desordenada de cruzamentos que culminou no desenvolvimento da linha dos humanos.

Porém, a nossa chegada ao planeta foi o início de uma transformação global. A dispersão da espécie humana durante a última glaciação foi acompanhada por uma alteração na fauna da América do Norte e da Europa: a extinção de várias espécies de grandes mamíferos, conhecida como megafauna.

Apesar de há muito tempo se assumir que essas extinções foram resultantes das mudanças climáticas da época, para o antropólogo Paul Martin, os humanos podem ter sido os responsáveis, visto que a maioria dos animais que se extinguíram fazia parte da fauna que os humanos costumavam caçar.

Enquanto as extinções ocorriam, as populações humanas experimentavam uma nova técnica para melhorar seus suprimentos alimentares: a agricultura. Os ancestrais descobriram o valor nutricional de algumas gramíneas de sementes comestíveis, aprenderam a propagá-las e finalmente a cultivá-las. Existem evidências também da domesticação de alguns animais, como o lobo e o chagal, utilizados como tração, rastreio e caça de presas feridas. Dessa forma, ao longo do tempo, a domesticação de animais e plantas proporcionou novas oportunidades para a expansão populacional, que ocorreu em diferentes locais ao redor do mundo.

Assim como qualquer outra espécie, quando os seres humanos evoluíram pela primeira vez, estavam sujeitos a uma gama variada de doenças, algumas causadas por vírus e bactérias, outras por organismos parasitários. Diante disso, cabe analisar a relação das doenças parasitárias com a biogeografia.

Para compreender essa relação, é importante visitar alguns conceitos. O ciclo de vida da maioria dos parasitas envolve não apenas o hospedeiro definitivo (como o humano), mas também hospedeiros intermediários ou vetores (insetos, por exemplo), no corpo dos quais o parasita se multiplica e é transformado em um estágio que pode infectar um novo hospedeiro definitivo.

Dessa forma, a biogeografia de qualquer doença parasitária que requeira um hospedeiro intermediário é, obviamente, limitada pelas necessidades ambientais tanto do hospedeiro definitivo quanto do vetor. O ciclo sazonal no clima das áreas tropicais e subtropicais proporciona um ambiente propício para todos eles e, portanto, não causa espanto que nossos ancestrais tenham sido acompanhados por quase todas elas na medida em que se dispersaram.

Contudo, quando os humanos se dispersaram para terras mais frias, deixaram para trás quase todas essas doenças parasitárias, pois os hospedeiros intermediários não eram capazes de sobreviver nas terras mais frias. Assim, a geografia, o clima e a evolução dos mamíferos, juntos, exerceram um papel importante na disseminação de doenças que flagelaram a nossa espécie.

Inevitavelmente, a incidência de muitas doenças, como doença de Chagas, malária, febre amarela, entre outras, foi afetada pelo impacto crescente da humanidade e por suas atividades, como a mineração, o desflorestamento e a construção de estradas, que acarretaram um aumento nas taxas de *Plasmodium falciparum* (espécie mais virulenta, que causa malária cerebral) em detrimento de seu parente *P. vivax*, que causa um tipo de malária mais branda.

Tal fato também foi influenciado pela evolução de linhagens de *P. falciparum* resistentes aos medicamentos e pela construção de represas e de projetos de irrigação em grande escala, que ampliaram a área de cobertura de água nas quais os mosquitos podem procriar, além de dispô-las nas proximidades dos locais em que as pessoas vivem.

Atualmente, as facilidades de deslocamento da população de uma região para outra, seja por transporte rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo, facilitam a dispersão de microrganismos patogênicos, sobretudo vírus e bactérias. Um exemplo disso foi a rápida disseminação do vírus H1N1 (gripe suína) em 2009, registrada em mais de 75 países, conforme noticiado pela BBC, e declarada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (BBC, 2009).

Considerando ainda a expansão populacional, o *Homo sapiens* emergiu da última glaciação e se espalhou pelas regiões do mundo que ainda não haviam sido ocupadas, levando consigo animais e plantas domesticadas que se tornaram parte da cultura humana. Em períodos mais recentes, com as grandes expedições marítimas em busca de novas terras, muitas plantas e animais foram deslocados de uma região para outra.



Pesquise mais

Todos os anos, sobretudo no verão, as campanhas de combate à dengue se intensificam. A dengue é uma doença viral, transmitida pelo mosquito vetor *Aedes aegypti*, que tem ampla distribuição geográfica, sobretudo em regiões tropicais e subtropicais. No entanto, a elevação da temperatura do planeta pode aumentar a área de distribuição geográfica do vetor, e assim, também a incidência da dengue. Para saber mais, leia o artigo *Efeitos potenciais do aquecimento global na distribuição biogeográfica da transmissão da dengue*, que apresenta cenários futuros para a expansão geográfica.

AZEVEDO, T. S. de; ANDRÉ, I. R. N. **Efeitos potenciais do aquecimento global na distribuição biogeográfica da transmissão da dengue.** Departamento de Geografia. Faculdade Claretianas de Rio Claro. [s.d.].

A introdução de espécies em regiões onde não é comum sua ocorrência natural é uma das interferências humanas no meio ambiente. Essas espécies introduzidas, chamadas exóticas, podem não se adaptar ao novo ambiente e morrerem ou se adaptar facilmente, sofrendo uma rápida proliferação e competindo com espécies nativas, levando-as à extinção em alguns casos. Nesses últimos, são chamadas de espécies exóticas invasoras.

As espécies exóticas invasoras são consideradas por muitos pesquisadores como a maior causa da perda de biodiversidade. No Brasil, existem diversas espécies exóticas de plantas e animais, entre eles o caramujo africano (*Achatina fulica*), que foi introduzido no Brasil para criação com o intuito de torná-lo parte da alimentação humana, porém o animal acabou se alastrando por quase todo o território nacional, tornando-se praga agrícola (OLIVEIRA, 2004).



Exemplificando

A perca-do-nilo (*Lates niloticus*) é um peixe originário da Etiópia que pode alcançar dois metros de comprimento. Durante a década de 1950, a perca-do-nilo foi introduzida na África, em um lago denominado lago Vitória, com o objetivo de aumentar a atividade pesqueira, proporcionando uma fonte adicional de alimento às pessoas, além de aumentar as espécies de peixe para exportação. Antes da introdução da perca-do-nilo, o Lago Vitória apresentava uma grande biodiversidade de peixes, entre eles muitas espécies nativas endêmicas, cuja pesca trazia sustento às famílias da região. A introdução da perca-do-nilo levou à aniquilação de populações de peixes nativos, já que eles passaram a fazer parte de sua dieta e não apresentavam comportamento inato para escaparem da predação. Além disso, como a predação pela perca-do-nilo era mais rápida que a reprodução de suas presas, ela acabou reduzindo seu próprio suprimento de alimento, e também entrou em declínio.

Outras consequências secundárias da introdução da perca-do-nilo foram observadas: a preservação da carne desse peixe, que é muito oleosa, é obtida por defumação, e para fazer o fogo essencial ao processo, muitas florestas foram cortadas para a utilização da madeira. Esse caso é um bom exemplo de como a introdução de espécies exóticas afeta a distribuição dos organismos, a biodiversidade e o equilíbrio ecológico de uma região.

Portanto, nossa espécie se tornou influente em todo o globo, a ponto de o futuro do nosso planeta estar fortemente atrelado ao da nossa população e às nossas demandas sobre os recursos da Terra. O crescimento da população humana não pode continuar indefinidamente. Assim como no caso de todas as populações de animais, plantas e micróbios, ela irá se tornar limitada pelo esgotamento dos recursos, ou por doenças e parasitismo, ou por algum fator social, como uma guerra.

Nesse sentido, um dos principais recursos do planeta que vem sendo explorado em seu limite é a produção de energia fixada pela fotossíntese, fonte do nosso suprimento alimentar. Parte da demanda que impomos ao

planeta é resultado da dependência que temos dos animais domesticados como parte de nosso suprimento alimentar. Isso porque, assim como a nossa população se expandiu rapidamente, o mesmo ocorreu com as populações que domesticamos.

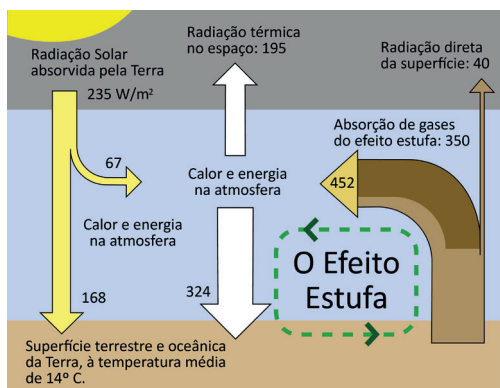
A população de frangos, por exemplo, dobrou entre 1981 e 1991, tendo alcançado 17 bilhões, e hoje existem pelo menos três frangos por habitante humano na Terra (COX; MOORE, 2014). Uma vez que todos eles consomem produção primária (grãos), fica evidente que houve um aumento da pressão a que submetemos os recursos do planeta. Cabe ressaltar que existem muitas terras improdutivas decorrentes de atividades antrópicas.

Porém, outro recurso imprescindível também está em baixa disponibilidade: a água. A água doce é vital para o uso pessoal, para a irrigação das colheitas, para os animais domésticos e para as indústrias. Contudo, as alterações climáticas, o desmatamento, a poluição e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas têm tornado a água doce imprópria para consumo humano. Além disso, cabe ressaltar que milhões de pessoas não têm acesso à água potável, dada a localização geográfica (clima semiárido), a falta de infraestrutura de saneamento, entre outras.

Também é preciso destacar que cerca de 75% da demanda mundial de energia elétrica provém dos combustíveis fósseis (recursos não renováveis), tais como petróleo, carvão e gás natural, em detrimento de energia renovável, como a das marés, dos ventos ou solar (BRASIL, [s.d.]).

O dióxido de carbono, naturalmente presente na composição da atmosfera, em conjunto com outros produtos das atividades humanas, como metano, óxido nitroso, ozônio e clorofluorcarbonos, têm a capacidade de absorver energia calorífica de grande comprimento de onda, ao mesmo tempo em que permite a passagem da energia luminosa de baixo comprimento de onda. Esse acúmulo na atmosfera acarreta a retenção de calor na Terra, conhecido como efeito estufa (Figura 4.7).

Figura 4.7 | Efeito estufa



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Efeito_estufa.PNG. Acesso em: 25 mar. 2019.



Assimile

O efeito estufa é um fenômeno natural, imprescindível para manter a temperatura do planeta em condições ideais para o desenvolvimento e a sobrevivência dos seres vivos. Os gases do efeito estufa absorvem parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, evitando a perda de calor para o espaço. Contudo, as atividades antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis e os incêndios florestais, têm aumentando a quantidade desses gases na atmosfera, resultando em um maior aprisionamento de calor na Terra.

Como notamos, os humanos modificaram a aparência do planeta ao desmatarem a vegetação natural e criarem condições adequadas para as suas plantações e seus animais de pastoreio. A modificação da vegetação alterou o balanceamento de radiação na superfície da Terra, já que tipos distintos de vegetação diferem no grau com que refletem a radiação solar incidente.



Refleta

Dadas as limitações que se apresentam à humanidade, quantas pessoas a Terra pode sustentar? A humanidade já excedeu a capacidade de sustento da nossa espécie ou ainda temos possibilidade de expansão?

O deslocamento das pessoas para as cidades fez crescer superfícies de concreto (casas, prédios, ruas, estradas), que absorvem mais calor do que uma área equivalente de vegetação. Além disso, as cidades também geram calor, uma vez que nelas são introduzidos materiais energeticamente ricos, como os combustíveis fósseis, que depois são consumidos em máquinas, automóveis e centrais elétricas para suprir o trabalho que sustenta as atividades da cidade. A conversão da energia química desses materiais em energia cinética de movimento e trabalho é um processo ineficiente que acarreta liberação de calor no ambiente.

Nesse sentido, à medida que a urbanização avança, o somatório dos microclimas urbanos, especialmente em áreas densas e intensamente povoadas do mundo, como América do Norte, China, Índia e Europa, tem modificado o clima em escala continental. Cabe ressaltar que o mecanismo exato pelo qual a irradiação solar possa influir no clima mundial ainda permanece obscuro. Qualquer que seja o mecanismo, para se prever o clima futuro, é preciso considerar a possível participação da influência solar, bem como de todos os poluentes gasosos que geramos.

Nessa perspectiva, se a biogeografia se tornar uma ciência preditiva, o desenvolvimento de métodos de experimentação, análise e modelagem permitirão estimar mudanças no espectro de espécies individuais, mudanças na composição de comunidades e mudanças na amplitude geográfica dos biomas resultantes de um dado conjunto climático ou de outras alterações.

Por exemplo, será possível que a produtividade de plantas como o trigo, a cevada e o milho aumentará com mais dióxido de carbono na atmosfera? Temperaturas mais elevadas favorecerão o crescimento da cana-de-açúcar? Esses e outros questionamentos necessitam de vasta e intensa pesquisa científica.

Por isso, manter a biodiversidade na Terra é uma grande preocupação, especialmente se os genomas vierem a ser a base para o atual desenvolvimento sustentável. Uma população de seres humanos em expansão dificilmente poderá ser conciliada com conservação, particularmente quando indivíduos humanos continuam a demandar mais recursos para sustentar padrões de vida que geralmente incluem um consumo exagerado. Isso pode ser exemplificado pelo número de residências e o número de pessoas que as habitam.

Há uma tendência, que já vem de alguns anos: habitações ocupadas por menos pessoas, o que significa que existem mais residências menores, resultando na necessidade de mais terra para habitação e de um ambiente natural mais fragmentado em unidades também menores.

Uma fragmentação ambiental desse tipo poderá ser um dos maiores problemas a serem enfrentados no futuro, visto que a proliferação de residências acarreta um aumento na complexidade de infraestrutura para comunicações. As ruas que interligam as habitações representam barreiras aos deslocamentos de plantas e animais. Como resultado, a mistura genética entre as populações fica reduzida, o que pode ser perigoso para a espécie. Além disso, essas barreiras também podem impedir as respostas das espécies a mudanças climáticas.

Essa fragmentação de habitats (Figura 4.8) em decorrência das atividades antrópicas (desenvolvimento agrícola, urbano ou de rodovias, por exemplo) ameaça a biodiversidade, visto que a migração em abundância dos biomas só pode ser alcançada se as espécies forem livres para se dispersar de uma área para outra.

Figura 4.8 | Fragmentação de habitats



Fonte: Pixabay.

Assim, notamos que as atividades humanas modificaram tanto a superfície terrestre e construíram tantas barreiras biogeográficas novas que as antigas respostas bem-sucedidas às mudanças climáticas já não podem ser repetidas. Espécies oportunistas e com mobilidade se beneficiarão à custa das espécies mais adaptadas e com menos mobilidade.

Logo, as perspectivas de manutenção da biodiversidade em um mundo sob o efeito estufa não são animadoras. As mudanças no clima e nas condições físico-químicas do nosso planeta resultarão em modificação da sua biogeografia, envolvendo a extinção de muitas espécies. Porém, a questão mais relevante que a humanidade enfrenta é se nós temos uma capacidade de recuperação equivalente e se seremos igualmente capazes de nos adaptar social e tecnologicamente às mudanças de condições com velocidade suficiente que possibilite a sobrevivência do *Homo sapiens*.

Por isso, é importante refletir acerca da importância dos estudos biogeográficos, não apenas para compreender a distribuição pretérita e presente dos seres vivos na superfície do planeta, mas também como uma ciência que pode auxiliar a traçar mecanismos e estratégias de conservação da biodiversidade. Bons estudos!

Caro aluno, o período recente (Holoceno – 11.000 anos atrás até o momento presente) constitui interesse específico para biogeógrafos, devido ao fato de que a nossa própria espécie evoluiu e se tornou dominante nos últimos dois milhões de anos. Nessa perspectiva, o desenvolvimento da agricultura e, posteriormente, dos processos industriais e da construção das cidades, criou um novo conjunto de condições ambientais que pode afetar fortemente os processos climáticos e geoquímicos de todo o planeta.

Como parte das atividades de um grupo de pesquisa que estuda a biogeografia de ilhas brasileiras, você irá ministrar um curso de verão para graduandos em biologia e geografia de todo o país em Fernando de Noronha. Para isso, você ficou responsável pela elaboração do plano de ensino de um dos módulos do curso, composto por três planos de aulas. No primeiro plano de aula, os conceitos fundamentais sobre a diversidade em ambientes aquáticos foram tratados e, no segundo, aqueles relativos às comunidades insulares. Para finalizar o módulo, você deverá propor um último plano de aula sobre as consequências das ações antrópicas sobre a distribuição dos seres vivos e sobre como a biogeografia pode contribuir para a conservação da biodiversidade. Para o desenvolvimento da aula de conclusão do curso, você criou um desafio no qual seus alunos assumem o papel de donos de uma pousada que trabalha com pessoas que se hospedam por períodos mais longos de tempo, buscando se integrar à vida local. Sendo assim, muitos desejam trazer consigo seus animais de estimação (em sua maioria, cães e gatos) e isso leva ao questionamento sobre possíveis efeitos à biodiversidade da ilha. Será que a presença de animais domésticos contribuiria para a disseminação de doenças e parasitas para as espécies endêmicas? De que forma os estudos biogeográficos podem auxiliar no desenvolvimento de alternativas conservacionistas?

Por isso, seu plano de aula deverá contemplar, além dos temas, objetivos, caminhos pedagógicos e de avaliação da aprendizagem, insumos para que os estudantes sejam capazes de responder a tais questionamentos.

Proponha uma aula de campo (estudo do meio) para que seus estudantes observem os impactos e consequências das atividades antrópicas sobre a distribuição dos seres vivos na ilha. Para isso, é interessante elaborar um roteiro de visita, detalhando o tempo de observação em campo, o que deverá ser observado, anotado e registrado (fotos).

Solicite que as observações sejam realizadas a partir de questionamentos e após o término do estudo do meio, organize a turma em grupos e inicie um debate sobre as observações realizadas, mediando os diálogos para que os questionamentos presentes no roteiro sejam tratados. Após essa discussão

crítica, proponha uma reflexão sobre possíveis ações para tais problemas, considerando todos os atores sociais envolvidos.

Nesse momento, é importante destacar que no passado, durante as grandes expedições ultramarinas para a descoberta de novas terras, era muito comum a presença de animais indesejados, como ratos e camundongos. Dessa forma, atribui-se às embarcações a principal causa da introdução de ratos e camundongos. Como tais animais são adaptados a condições ambientais de clima quente, eles obtiveram sucesso na ilha, fato que pode estar relacionado à sua reprodução contínua.

Outro ponto importante a ser destacado é que o povoamento da ilha também contribui para a proliferação desses animais, visto que há aumento da oferta de alimentos a partir do lixo orgânico. Esse fato associado ao aumento do turismo a cada ano, mesmo com o controle de pessoas por dia na ilha, com certeza aumenta a pressão por recursos, assim como aumenta a produção de lixo orgânico, que podem afetar os organismos que vivem na ilha.

Outro ponto a considerar na discussão é o fato de já existirem animais domésticos, como cães e gatos. O aumento e/ou a introdução desses animais na ilha pode levar consigo microrganismos patogênicos que contaminariam espécies endêmicas, levando ao desequilíbrio de uma determinada população e até mesmo à extinção de uma espécie. Além disso, cães e gatos, sobretudo se criados livres na ilha, podem comer ovos e filhotes de aves e pequenos animais endêmicos, interferindo assim na reprodução e manutenção das populações.

Para fechamento das discussões e também da atividade, ressalte que os estudos biogeográficos possibilitam traçar estratégias de controle populacional de espécies exóticas, como ratos e camundongos, estudo e controle de doenças infecciosas e parasitárias de animais domésticos, além de inferir sobre políticas de conservação baseadas no controle de pessoas na ilha, a fim de reduzir os impactos decorrentes da geração de resíduos sólidos. Além disso, ressalte a importância do debate sobre as implicações das atividades antrópicas na distribuição dos seres vivos, seja a partir da introdução de espécies exóticas ou de modificações e degradação dos ecossistemas, permite estabelecer relações entre os diversos padrões de distribuição em ambientes aquáticos e insulares, reconhecendo a importância da biogeografia para a conservação. Por fim, lembre-se de que o plano de ensino do módulo do curso que você está ministrando, composto por três planos de aulas, deve permitir o desenvolvimento de uma consciência crítica e reflexiva.

Mudanças climáticas, doenças vetoriais e a biogeografia

Descrição da situação-problema

No dia a dia, é recorrente ouvir e/ou ler sobre as mudanças climáticas, sobretudo nos noticiários. Trata-se de um assunto abrangente, complexo e multidisciplinar e, por isso, o entendimento das suas causas, seus impactos e como mitigá-los representam um dos grandes desafios para a ciência. Alguns impactos já são percebidos de forma indireta, como a intensificação de eventos extremos (furacões, inundações) decorrentes da alteração dos ecossistemas, que favorecem também a disseminação de doenças vetoriais.

Nesse contexto, suponha que você é geógrafo da Secretaria de Meio Ambiente do município de Lavras-MG. Nos últimos anos, o município tem enfrentado surtos cada vez piores de casos de dengue. Coincidentemente, à mesma época, houve na região um desmatamento expressivo, o que culminou na elevação da temperatura média anual no município em 0,5 °C. Diante disso, você, recentemente, representou a prefeitura de Lavras em uma reunião que ocorreu em Belo Horizonte (capital do estado) com enviados de outros municípios, pesquisadores de universidades e representantes da vigilância em saúde, para um debate sobre o impacto das mudanças climáticas na ocorrência de dengue no estado de Minas Gerais.

Para formalizar a sua participação na reunião é necessário entregar ao prefeito de Lavras um relatório técnico, expondo o que foi debatido na reunião, sobretudo no que se refere à contribuição da geografia para o controle de surtos da dengue. Para guiar a elaboração desse relatório, baseie-se nos seguintes questionamentos: as mudanças climáticas têm relação com o aumento da incidência de dengue na região de Lavras-MG? Sabe-se que *Aedes aegypti* é um vetor de ampla distribuição geográfica, porém, observa-se o desenvolvimento do vetor em novas áreas? Se os cenários de aumento de temperatura global se confirmarem no futuro, Lavras-MG enfrentará epidemias mais recorrentes e mais severas de dengue? O relatório deverá ser escrito conforme as normas da ABNT para trabalhos acadêmicos e deverá conter os seguintes itens: capa, folha de rosto, sumário, texto, referências.

Resolução da situação-problema

A elaboração do texto do relatório deve ser objetiva e clara, descrevendo os pontos mais relevantes da reunião. Como se trata de um relatório técnico sobre o impacto das mudanças climáticas na incidência de dengue, primeiramente é preciso esclarecer que a biogeografia de qualquer doença parasitária que requeira um hospedeiro intermediário é limitada pelas necessidades ambientais tanto do hospedeiro definitivo quanto do vetor. O ciclo sazonal no clima das áreas tropicais e subtropicais proporciona um ambiente propício para todos eles, inclusive para o mosquito da dengue. Dessa forma, os padrões climáticos são os principais fatores envolvidos na distribuição dos seres vivos e, portanto, mudanças climáticas afetam essa distribuição. Contudo, as atividades antrópicas, tais como agricultura, emissões gasosas, expansão de áreas construídas, desmatamento, entre outras, têm provocado alterações climáticas locais e regionais por toda parte, que acabam por culminar em mudanças climáticas globais. Tais mudanças interferem nos padrões de distribuição e podem causar desequilíbrios nos ecossistemas (migração, extinção), bem como expansão de limites de distribuição geográfica, por exemplo. Nesse sentido, mesmo que o *Aedes aegypti* já seja uma espécie de ampla distribuição geográfica, sua ocorrência é limitada a regiões tropicais e subtropicais. Contudo, o aumento da temperatura em regiões – onde antes eram mais amenas, limitando o desenvolvimento e a reprodução do vetor da dengue – tem propiciado condições ambientais favoráveis e a consequência disso é a expansão da distribuição geográfica do mosquito transmissor da dengue. Esse fenômeno tem sido observado no município de Lavras-MG, cuja temperatura média anual teve aumento de 0,5 °C, decorrente do desmatamento na região.

Por isso, caso os cenários de mudanças climáticas para o futuro se confirmem, é muito provável que a população de Lavras enfrente maiores surtos de dengue e que regiões antes não afetadas passem a registrar incidência da doença. É importante frisar que esse cenário não se aplica apenas à dengue, mas à maioria das doenças vetoriais tropicais e parasitárias. Portanto, os estudos acerca dos impactos das mudanças climáticas são complexos e multidisciplinares, destacando-se aqui a atuação dos biogeógrafos no entendimento das mudanças nos padrões de distribuição geográfica dos seres vivos.

Faça valer a pena

1. As atividades antrópicas, como queima de combustíveis fósseis, agricultura, construção de estradas, entre outras, utilizam recursos naturais e, por isso, são degradadoras do meio ambiente. A utilização de recursos naturais acima da capacidade

de suporte e resiliência do meio ambiente tem provocado desequilíbrio nos ecossistemas, afetando também a distribuição dos seres vivos.

Considerando os efeitos das atividades antrópicas sobre o meio ambiente ao longo do tempo, avalie as afirmativas a seguir:

- I. O homem se dispersou durante a última glaciação, marcada também pela extinção da megafauna.
- II. O efeito estufa é um fenômeno natural, mas que tem sido intensificado pelas atividades antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis.
- III. A agricultura e a domesticação de animais pela espécie humana são os responsáveis diretos pela extinção da megafauna.
- IV. O homem primitivo era livre de doenças e parasitas e, por isso, obteve sucesso na sua dispersão ao longo do tempo.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- b) Apenas as afirmativas II e IV estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas III e IV estão corretas.
- d) Apenas as afirmativas I, II e III estão corretas.
- e) As afirmativas I, II, III e IV estão corretas.

2. O clima da Terra não é constante e a sua variação natural obedece a ciclos relativamente bem definidos. O aumento anormal da temperatura que tem sido observado recentemente tem excedido largamente as variações climáticas naturais dos últimos mil anos (ABRANTES; SILVEIRA, 2009, p. 71).

Considerando o contexto apresentado, preencha as lacunas do texto:

O _____, naturalmente presente na composição da atmosfera, em conjunto a outros produtos das atividades humanas, como metano, óxido nitroso, ozônio e clorofluorcarbonos, tem a capacidade de _____ de grande comprimento de onda, ao mesmo tempo que permite a passagem da energia luminosa de baixo comprimento de onda. Esse acúmulo na atmosfera acarreta a retenção de calor na Terra, conhecido como _____.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa cujos termos preenchem correta e respectivamente as lacunas do texto.

- a) Dióxido de carbono / absorver energia calorífica / aquecimento global.
- b) Monóxido de carbono / refletir energia calorífica / efeito estufa.
- c) Dióxido de enxofre / refletir energia calorífica / aquecimento global.
- d) Dióxido de enxofre / absorver energia calorífica / aquecimento global.
- e) Dióxido de carbono / absorver energia calorífica / efeito estufa.

3. A fragmentação de habitats e a supressão da vegetação nativa são consequências de muitas atividades antrópicas e são as principais ameaças à biodiversidade do planeta. Além disso, a introdução de espécies exóticas atualmente é considerada como a segunda maior ameaça à biodiversidade mundial (ROCHA *et al.*, 2017, p. 238).

Considerando o contexto apresentado, julgue os itens em V para verdadeiro e F para falso.

- () A introdução de espécies em regiões onde não é comum sua ocorrência natural é uma das influências do homem na distribuição de animais e vegetais no planeta.
- () As espécies exóticas invasoras não possuem grande potencial para modificar processos biológicos naturais, pois não se adaptam facilmente ao novo ambiente.
- () As espécies exóticas, além de causar desequilíbrios nos ecossistemas, também constituem um problema de ordem econômica, como as pragas agrícolas, por exemplo.
- () A introdução de espécies exóticas traz ameaças apenas aos ecossistemas naturais, não apresentando impactos quando utilizadas em parques urbanos.

Considerando os itens apresentados, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) V - V - F - F.
- b) F - F - V - V.
- c) V - F - V - F.
- d) V - V - F - V.
- e) F - F - F - V.

Referências

- ABRANTES, P.; SILVEIRA, H. Alterações climáticas na Europa: efeito nas doenças parasitárias humanas. **Rev. Port. Sau. Pub.**, Lisboa, v. 27, n. 2, p. 71-86, jul. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2TYnRAR>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- AZEVEDO, T. S. de; ANDRÉ, I. R. N. **Efeitos potenciais do aquecimento global na distribuição biogeográfica da transmissão da dengue**. Departamento de Geografia. Faculdade Claretianas de Rio Claro. [s.d.]. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/91678203543329167820354.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2019.
- BBC. **Entenda a gripe suína e seus riscos**. 2009. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/ciencia/2009/06/090611_gripesuinaentenda. Acesso em: 6 fev. 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. Nossas Ilhas Oceânicas. In: **Coleção Explorando o Ensino Geografia** – Capítulo 3. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/expensgeo_3e4.pdf. Acesso em: 20 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). ARPA. **Biodiversidade**. s.d. Disponível em: <http://arpa.mma.gov.br/wp-content/uploads/2012/10/arpaBiodiversidade.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Energia**. [s.d.]. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009030954.pdf. Acesso em: 20 jan. 2019.
- COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- FREITAS, L. M.; OLIVEIRA, M. de D. M. de; KIKUCHI, R. K. P. Os mecanismos de sobrevivência dos corais diante do impacto das mudanças climáticas sobre o ecossistema de recifes. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 2, 2012. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/cadgeo/article/viewFile/17108/11288>. Acesso em: 2 nov. 2018.
- FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.
- GILLUNG, P. J. Biogeografia: a história da vida na Terra. **Revista da Biologia**, ed. especial Biogeografia, p. 1-5, 2011. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/~silvionihei/Gilllung2011.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.
- LINHARES, C. de A. As unidades de conservação são adequadas à preservação das espécies animais? Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1.339-1.346. Disponível em: http://mart.sid.inpe.br/col/Itid.inpe.br/sbsr/2002/11.05.11.40/doc/12_038.pdf. Acesso em: 13 dez. 2018.
- MUSEU Nacional UFRJ. **Conhecendo a biodiversidade marinha no Brasil**. 29 jan. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xrvTy9JFTLw&t=143s>. Acesso em: 12 abr. 2019.

OLIVEIRA, M. D. de. **Introdução de espécies:** uma das maiores causas de perda de biodiversidade. Artigo de divulgação de mídia, n. 75. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/ADM075.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

ROCHA, L. F. *et al.* Avaliação da presença de espécies exóticas em unidades de conservação estaduais de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 2, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1776/2301>. Acesso em: 6 jan. 2019.

SERAFINI, T. Z.; FRANÇA, G. B; ANDRIGUETTO-FILHO, J. M. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 3, p. 281-301, 2010. Disponível em: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-178_Serafini.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.

MUSEU NACIONAL UFRJ. **Conhecendo a biodiversidade marinha no Brasil.** Publicado em 29 jan. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xrvTy9jFTLw&t=143s>. Acesso em: 18 mar. 2019.

ISBN 978-85-522-1363-5



9 788552 213635 >