

Ecologia: as relações entre os seres vivos e o ambiente físico

1- Introdução

Nos mais diversos ambientes naturais da Terra, normalmente os seres vivos estabelecem entre si e com o meio em que vivem um relacionamento capaz de garantir não somente a sua sobrevivência, mas também a preservação dos recursos naturais disponíveis. Essa situação de estabilidade dos seres vivos entre si e com o meio em que vivem é denominada **equilíbrio biológico**.

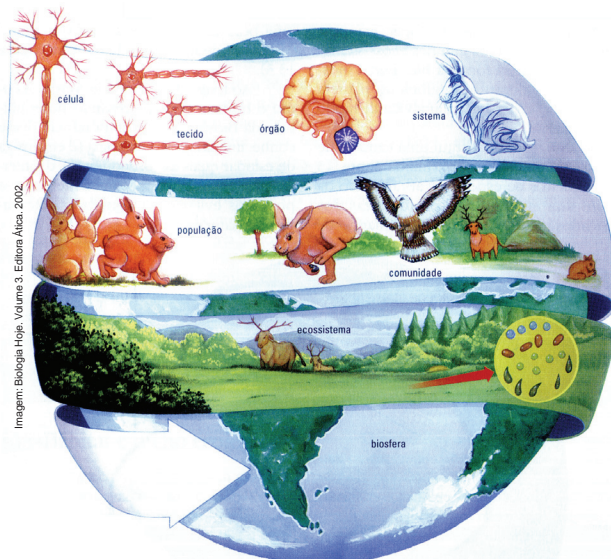
Ecologia (do grego *oikos*: casa; *logos*: estudo) é a parte da Biologia que estuda todas as interações dos seres vivos entre si e com o ambiente em que vivem.

O ser humano, infelizmente, vem agredindo a natureza exterminando seres vivos e poluindo recursos naturais. Por isso, a ecologia pode ser considerada a **ciência da sobrevivência**.

Curiosidade

O termo ecologia, criado há mais de 100 anos por Ernst Haeckel (1834-1919), tornou-se amplamente conhecido apenas nas últimas décadas, quando praticamente invadiu os meios de comunicação. Muitas organizações ambientalistas sérias, em todo o planeta, tem contribuído para o processo de integração do ser humano com a natureza, alertando que o progresso só tem sentido quando estreitamente ligado ao respeito pela vida.

A imagem a seguir ilustra alguns conceitos básicos de ecologia relacionados abaixo:



Os níveis de organização dos sistemas vivos: a ecologia estuda as populações, as comunidades e os ecossistemas.

- a) **População:** Conjunto de organismos da mesma espécie, que ocupam uma determinada área na mesma unidade de tempo.
- b) **Comunidade:** Conjunto de todas as populações presentes numa determinada região.
- c) **Ecossistema:** Unidade natural que compreende o conjunto das interações estabelecidas entre os seres vivos de uma comunidade, entre si e com o ambiente em que vivem.

d) **Biosfera:** Conjunto formado por todos os ecossistemas da Terra. Constitui a porção do planeta biologicamente habitada.

e) **Habitat e nicho ecológico:** Para a ecologia, o lugar em que uma espécie é encontrada – isto é, o seu “endereço” dentro da comunidade – chama-se *habitat*. O conjunto de relações que a espécie mantém com outras espécies e com o ambiente físico-químico recebe o nome de *nicho ecológico* ou simplesmente *nicho*. Desse modo, para descobrir qual o nicho de uma espécie, precisamos saber do que ela se alimenta, onde e em que hora do dia obtém esse alimento, onde se reproduz e se abriga, etc. O nicho corresponde ao “modo de vida”, à “profissão” ou ao papel ecológico que a espécie desempenha no ecossistema.

O nicho descreve como uma espécie usa os recursos do ambiente, como ela é afetada por fatores físicos e por outras espécies e como sua existência afeta outros organismos que vivem no mesmo habitat.

O leão e a zebra, por exemplo, vivem nas savanas africanas, mas o leão é carnívoro e a zebra, herbívora. Do mesmo modo, a onça pintada tem o mesmo habitat que a cotia – ambas vivem nas matas de Goiás, Mato Grosso e Amazônia; mas as duas possuem nichos diferentes: a onça, carnívora, sai à noite para caçar e durante o dia esconde-se em buracos; a cotia, herbívora, sai à noite para comer raízes e frutas, quando então é caçada pela onça.

2- Componentes de um ecossistema

Um ecossistema é formado por componentes *bióticos* e *abióticos*.

Os componentes *bióticos* compreendem todos os seres vivos que vivem numa determinada área. Os *abióticos* constituem os fatores ambientais – luminosidade, temperatura, disponibilidade de água, etc. – que atuam sobre os seres vivos.

Num ecossistema equilibrado e independente, os componentes bióticos podem ser classificados em produtores, consumidores e decompositores.

• Produtores ou autótrofos

Os organismos capazes de fabricar seu próprio alimento são denominados *produtores* ou *autótrofos*. Os produtores podem ser *fotossintetizantes* ou *quimiossintetizantes*.

Nos *ecossistemas aquáticos*, os principais produtores são representados pelas algas fotossintetizantes que integram o *fitoplâncton* (organismos flutuantes de natureza vegetal). Nos ecossistemas terrestres, os principais produtores são normalmente representados pelas plantas do grupo das angiospermas.

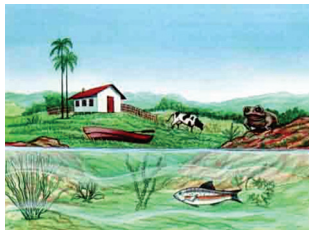
• Consumidores ou heterótrofos

Compreendem os organismos incapazes de produzir seu próprio alimento. Em vista disso, nutrem-se dos produtores ou de outros consumidores. De acordo com o tipo de alimentação e o lugar ocupado pelo organismo dentro do ecossistema, os consumidores são classificados desta maneira:

- Consumidor primário ou de 1ª ordem o organismo que se nutre de um produtor;

- Consumidor secundário ou de 2ª ordem aquele que se nutre de um consumidor primário;
- Consumidor terciário ou de 3ª ordem o ser que obtém seu alimento de um consumidor secundário, e assim por diante.

Assim, considerando um campo onde vivem gramíneas, gafanhoto, preás, cobras e gaviões:



Aspectos de uma paisagem, mostrando produtores e consumidores terrestres e aquáticos.

- As gramíneas representam os organismos produtores;
- Gafanhotos e preás, que se nutrem de plantas, constituem os *consumidores primários*;
- As cobras, alimentando-se dos ratos, são *consumidoras secundárias*;
- Os gaviões, que podem comer preás e cobras, atuam como *consumidores secundários e terciários*.

Os consumidores podem ter várias denominações, de acordo com o tipo de alimento obtido. Eis algumas delas:

- herbívoros ou fitófagos: nutrem-se somente de plantas;
- carnívoros: nutrem-se somente de carne;
- onívoros: nutrem-se de plantas e de animais;
- ictiófagos ou piscívoros: nutrem-se de peixes;
- hematófagos: nutrem-se de sangue;
- coprófagos: nutrem-se de fezes;
- omitófagos: nutrem-se de aves;
- insetívoros: nutrem-se de insetos;
- planctófagos: nutrem-se de plâncton;
- detritívoros: nutrem-se de detritos vegetais e animais.

• **Decompositores**

Os decompositores são consumidores especiais, que se nutrem de organismos mortos ou de partes deles que são liberadas no ambiente (folhas, frutos, pele, etc.). Os decompositores, geralmente microscópicos (bactérias e fungos), *desagregam a matéria orgânica morta, transformando-a em compostos inorgânicos simples*, que são devolvidos ao ambiente e podem ser reutilizados pelos produtores.



A matéria orgânica morta é decomposta por bactérias e fungos, como vemos nesta foto de uma folha caída ao chão há meses e em processo final de decomposição.

A atividade decompositora é fundamental para a reciclagem da matéria na natureza, fato fundamental para a manutenção de vida nos mais diversos ecossistemas da Terra.

• **Fluxo de matéria e energia:**

Todo ecossistema, seja natural ou artificial e independentemente do seu tamanho, tem duas características básicas - os fluxos da matéria e energia entre seus vários componentes.

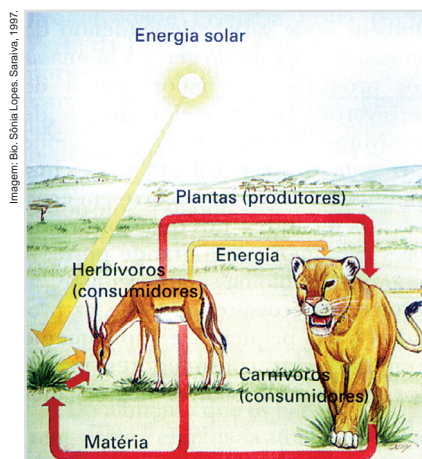
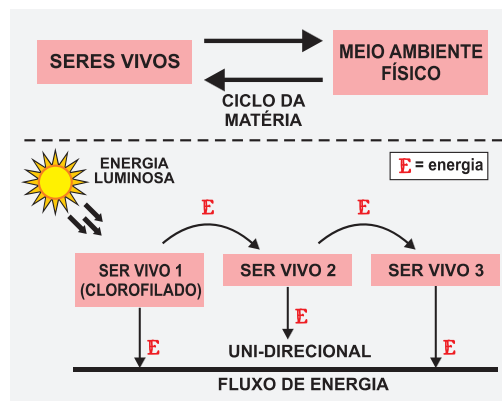
Matéria vs. Energia

Os comportamentos da matéria e da energia no ecossistema são distintos. A matéria que se encontra no meio ambiente é

incorporado ao organismo dos seres vivos, retomando mais cedo ou mais tarde ao meio ambiente, e daí de volta aos seres vivos.

Os seres vivos são organismos altamente organizados e para se manterem, necessitam de energia. Além disso, exercem um alto grau de atividades - movimento, crescimento, reprodução, irritabilidade - que requerem gasto constante de energia. A fonte de energia para os seres vivos é o seu **ALIMENTO**, que por sua vez provém de outros seres vivos. Dentre estes existem os que são capazes de produzir seu próprio alimento (**autótrofos**) capturando a energia luminosa do Sol, através de um fenômeno chamado *fotosíntese*. Os demais seres do ecossistema dependem deles, direta ou indiretamente.

A única fonte de energia para a comunidade é a luz do Sol. Ela é captada pelos vegetais verdes (clorofilados) e transformada em **ENERGIA POTENCIAL QUÍMICA** das moléculas do alimento (glicose e outros compostos orgânicos) que conseguem fabricar. A energia contida nos alimentos, por sua vez, será em parte usada pelos próprios vegetais e também pelos animais. Estes utilizarão parte da energia (e também a perderão na forma de calor) recebida e transferirão o restante para outros animais. E assim sucessivamente. (Ver quadro abaixo)



Esquema bem simplificado representando o ciclo da matéria e o fluxo de energia.

3- Conclusão

- 1) • O fluxo de matéria no ecossistema é circular;
- A matéria não é ganha nem perdida pelo ecossistema;
- O ecossistema é auto-suficiente em matéria.
- 2) • O ecossistema **NÃO** é auto-suficiente em energia. Necessita de uma fonte constante de energia - a luz solar;
- A energia é transferida de um ser vivo a outro sob forma potencial química contida nas ligações covalentes das substâncias orgânicas (alimento);

- Parte da energia que um ser vivo recebe é utilizada ou perdida na forma de calor e parte é transferida para outros seres vivos;
- A energia perdida pelos seres vivos não retorna a eles;
- A energia é perdida pelo ecossistema;
- O fluxo de energia é unidirecional.

• **Cadeia alimentar:**

É a seqüência de seres vivos na qual um ser se alimenta do anterior e serve de alimento ao seguinte. Quando um se alimenta do outro há transferência **SIMULTÂNEA** de matéria e energia.



• **Níveis tróficos ou alimentares:**

Correspondem aos vários componentes que constituem uma cadeia alimentar. São eles os **produtores**, os **consumidores** e os **decompositores**.

Os **produtores** são os seres capazes de fabricar seu próprio alimento (*autótrofos*) e cujo principal grupo é representado pelas plantas verdes (*seres fotossintetizantes*).

Os **consumidores** na impossibilidade de fabricar seu próprio alimento (*heterótrofos*), necessitam daqueles contido nos produtores. Se o **consumidor** se alimenta diretamente do **produtor**, recebe o nome de **Consumidor Primário** ou de **1ª Ordem** e correspondem aos **herbívoros**. Aqueles que se alimentam dos **consumidores primários** são denominados **Consumidores Secundários** ou de **2ª Ordem** e são **carnívoros**. Por sua vez, um **consumidor** que se alimenta do **secundário** pode ser chamado **Consumidor Terciário** ou de **3ª Ordem** e assim sucessivamente. O número de consumidores varia de acordo com a cadeia alimentar.

Os **decompositores** formam um tipo muito especial de consumidores que atuam sobre **matéria orgânica em decomposição** (*cadáveres e dejetos*). Transformam os compostos orgânicos de animais e vegetais mortos em sais minerais. É graças à ação desses seres que a matéria volta a circular no mundo vivo. São também chamados *Microconsumidores* ou *Sapróvoros*, e são representados pelas bactérias e fungos (*do ar e do solo*).

• **Teia alimentar**

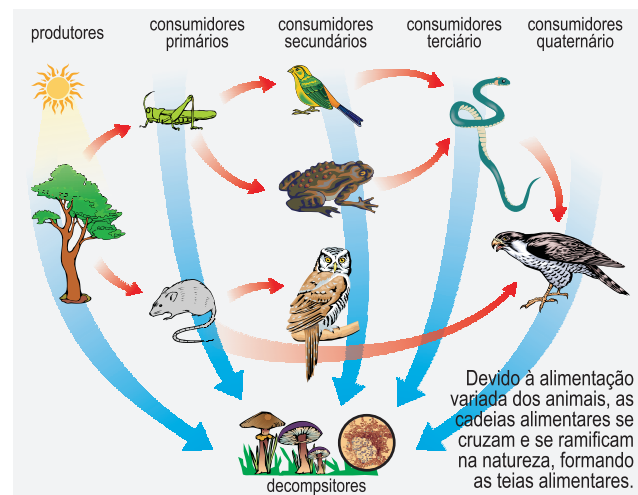
A teia alimentar é uma complexidade de cadeias alimentares inter-relacionadas. Nela um mesmo indivíduo pode pertencer a diferentes níveis tróficos.

A teia alimentar é muito mais representativa de um ecossistema que uma cadeia alimentar.

A transferência de energia num ecossistema pode ser representada por uma pirâmide – **a pirâmide de energia**. Cerca de 1 a 5% da energia absorvida pelos produtores de um ecossistema se transforma em energia potencial de alimento. A quantidade total de alimento (*matéria orgânica*) produzi-

da pelas plantas é denominada **produção primária** ou **produtividade primária**.

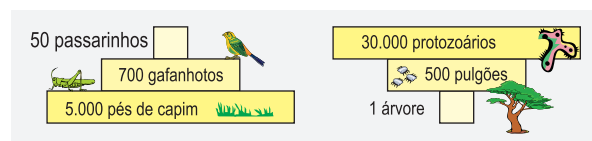
É necessário que se considere que o produtor consome parte dessa energia, através da respiração. A produção primária menos a respiração recebe o nome de *produção primária líquida* e representa o alimento parcialmente disponível aos consumidores. Seguindo esse raciocínio, verifica-se que cada ordem de consumidor recebe uma percentagem menor da energia inicial, captada pelo produtor.



4- Pirâmides ecológicas

São representações gráficas de cadeias alimentares e níveis tróficos de um ecossistema e são classificados como:

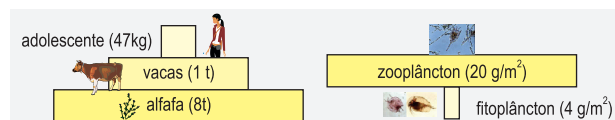
- a) **Pirâmides de números:** é elaborada considerando o número de organismos em cada um dos níveis tróficos da cadeia alimentar. Ela indica que nos sucessivos níveis tróficos, há aumento do tamanho dos indivíduos e diminuição do seu número.



Pirâmides de números: a largura de cada retângulo dá uma idéia do número relativo de indivíduos em cada nível trófico.

- **Limitações:** a) Não leva em conta o tamanho dos organismos; b) Não indica a quantidade de matéria orgânica em cada nível trófico.

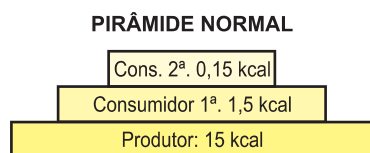
- b) **Pirâmide de biomassa:** é obtida a partir do cálculo das biomassas nos diversos níveis tróficos de uma cadeia alimentar, ou seja, a quantidade de matéria orgânica presente no corpo dos seres vivos.



Pirâmides de biomassa: a largura de cada retângulo indica a quantidade de matéria orgânica em cada nível trófico num determinado momento.

- **Limitações:** apenas é indicativa da massa biológica num dado instante, sem levar em conta o tempo e a velocidade com que a matéria orgânica é produzida.

- c) **Pirâmide de energia:** é a representação mais satisfatória da cadeia alimentar, pois ela não só demonstra nitidamente a perda de energia nas sucessivas passagens de um nível trófico a outro na cadeia alimentar, como também dá uma estimativa da produtividade ao levar em conta o fator tempo na produção de matéria orgânica.



- **Limitações:** a) Não indica o nível dos decompositores; b) Não demonstra a energia acumulada em matéria orgânica não utilizada nem decomposta; c) Não evidencia o intercâmbio de matéria orgânica entre os ecossistemas.

Quadro síntese

- Os produtores, através da fotossíntese, são os responsáveis pela produção de toda a matéria orgânica e pela absorção de energia para o ecossistema.
- A energia e a matéria orgânica (biomassa) passam do produtor aos outros seres vivos do ecossistema através da cadeia alimentar: produtor à consumidor primário à consumidor secundário à consumidor terciário à consumidor quaternário.
- Parte da matéria orgânica sintetizada pelo produtor é perdida através da respiração, das fezes e da urina.
- Toda a matéria orgânica morta do ecossistema, incluindo urina e fezes, é transformada em sais minerais pelos decompositores (bactérias e fungos). Estes sais, juntamente com o CO_2 e o H_2O , provenientes da respiração, são usados como alimento pelos produtores e novamente transformados em moléculas orgânicas.
- Teia alimentar é o cruzamento de várias cadeias alimentares.
- A energia gasta no trabalho celular dos organismos, e perdida na forma de calor, não é reaproveitada. Desse modo, o ecossistema é fechado em termos de matéria e aberto em termos de energia.
- A quantidade de matéria orgânica produzida pelos autotróficos é a produtividade primária; a incorporada pelos consumidores é a produtividade secundária. Ambas podem ser divididas em: produtividade bruta (matéria orgânica total produzida ou assimilada) e líquida (matéria orgânica que sobra depois de descontada a que foi gasta na respiração).
- As pirâmides ecológicas indicam que a quantidade de energia diminui ao longo da cadeia, ocorrendo o mesmo (na maioria dos casos) com a biomassa e o número de indivíduos. No entanto, as substâncias não-biodegradáveis aumentam de concentração ao longo da cadeia, podendo acarretar a morte dos seres vivos dos últimos níveis tróficos.

Relações ecológicas

Na natureza, nenhuma espécie é totalmente independente em relação aos demais componentes de uma comunidade biológica. As populações guardam entre si relações mais ou menos íntimas, que podem estabelecer uma certa regulação da densidade populacional, contribuindo para a manutenção do equilíbrio na comunidade.

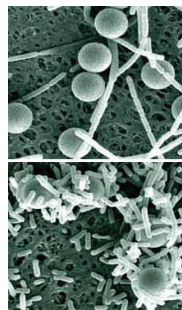
Essas relações, entretanto, são muito variadas e podem ser, basicamente, classificadas da seguinte maneira:

- **Relações intra-específicas:** compreendem as relações estabelecidas entre indivíduos pertencentes à mesma espécie;
- **Relações interespecíficas:** compreendem as relações estabelecidas entre indivíduos pertencentes a espécies diferentes;
- **Relações harmônicas ou positivas:** compreendem as relações nas quais não se verifica nenhum tipo de prejuízo entre os organismos associados;
- **Relações desarmônicas ou negativas:** compreendem as relações nas quais pelo menos uma espécie é prejudicada; no caso das relações intra-específicas, o prejuízo verificado ocorre no nível do indivíduo.

Como principais tipos de relações ecológicas podemos destacar as colônias, as sociedades, o inquilinismo, o comensalismo, o mutualismo, a antibiose, a competição, o predatismo e o parasitismo.

1- Colônias

As colônias são definidas como relações intra-específicas harmônicas, em que os indivíduos associados se acham unidos através de um substrato ou esqueleto comum, revelando um pequeno grau de liberdade em termos de movimentação e uma profunda interdependência fisiológica. Existem colônias homomorfas (ou homotípicas) e heteromorfas (ou heterotípicas). Nas colônias homomorfas, os indivíduos relacionados são morfológica e fisiologicamente semelhantes, não existindo divisão de trabalho, uma vez que todos os seus componentes executam as mesmas funções. É o caso das colônias de bactérias do grupo *Coccus*, de corais (celenterados), de cracas (crustáceos), etc. Nas colônias heteromorfas ou heterotípicas existem grupos de indivíduos morfológica e fisiologicamente diferentes, de maneira que cada um se encontra adaptado para executar uma determinada função, o que significa a presença de uma última divisão de trabalho. Como exemplo, podemos citar as caravelas (*Phisa-*



Bactéria
(estreptococos)



Caravela
(exemplo de colônia)



Corais
(exemplo de colônias homomorfas)

lia caravelas), uma espécie de celenterados em que se encontram indivíduos especializados em promover proteção, defesa, flutuação, natação e reprodução.

2- Sociedades

As sociedades são relações intra-específicas harmônicas, que diferem das colônias basicamente pela independência física exibida por seus integrantes. Ao contrário dos organismos coloniais, que se movimentam, quando muito, apenas dentro dos limites da própria colônia, as organismos sociais podem não apenas movimentar-se livremente dentro da sociedade, como também abandonar o substrato de morada e deslocar-se pelo meio ambiente, coletando alimentos. Mas, tanto nas colônias como nas sociedades, os indivíduos cooperam uns com os outros, apresentando profundo grau de interdependência.

As sociedades mais evoluídas (abelhas, saúvas, cupins) caracterizam-se pela presença de indivíduos organizados em *castas*, isto é, grupos sociais especializados no desempenho de uma determinada função. Isso indica que em tais sociedades existe uma nítida divisão de trabalho, com indivíduos anatômica e fisiologicamente adaptados à execução de diferentes funções. Configura-se assim um *polimorfismo* – presença de grupos da mesma espécie, com características morfológicas diferentes.

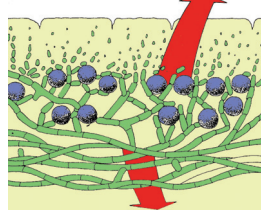
3- Mutualismo

Mutualismo é uma associação interespecífica harmônica na qual as duas espécies envolvidas são beneficiadas. Os benefícios, entretanto podem estabelecer ou não um estado de interdependência fisiológica bilateral.

Existem formas de interdependência fisiológica em que a separação das espécies acarreta, para elas, um sério desequilíbrio metabólico, podendo, inclusive, levá-las à morte. Alguns autores usam o termo simbiose (do grego *syn* = união; *bios* = vida, significando “vida em comum”) para designar esses casos; exemplos: líquens, cupins e protozoários, ruminantes e microrganismos, bactérias e leguminosas, micorrizas (plantas e fungos).

Líquens: Constituem um dos exemplos mais tradicionais de mutualismo, caracterizando um perfeito casamento entre as espécies envolvidas. São constituídos pela associação de *algas unicelulares* (azuis ou verdes) e *fungos*, geralmente ascomicetos (figura abaixo). As algas, como organismos produtores, sintetizam matéria orgânica e fornecem aos fungos parte do alimento produzido. Estes, por sua vez, retiram água e sais minerais do substrato, fornecendo-os às algas. Além disso, os fungos envolvem com suas hifas o grupo de algas, protegendo-as contra a desidratação.

O perfeito casamento entre as algas e os fungos que constituem os líquens permite-lhes viver nos mais variados e inóspitos lugares. Podem ser encontrados sobre telhados, em rochas nuas, na neve e em troncos de árvores. Apesar disso, são bastante susceptíveis à poluição atmosférica, em especial à presença do dióxido de enxofre. Por esse motivo são relativamente raros nas cidades muito industrializadas.

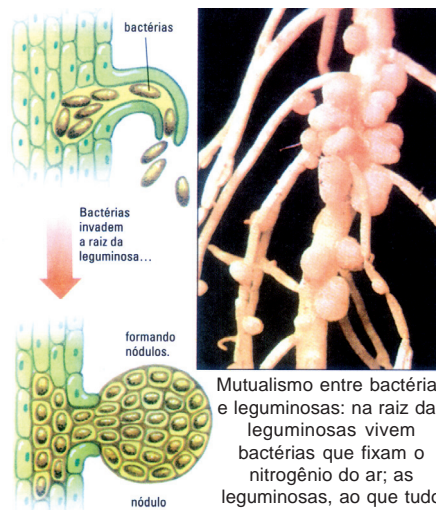


Cupins e protozoários: Os cupins, ao comerem madeira, obtêm grandes quantidades de celulose. No entanto, são incapazes de promover a digestão desse carboidrato. Esse papel é desempenhado por certos protozoários (*Triconympha collaris*) que vivem em seu intestino. Inicialmente, o protozoário digere a celulose, transformando-a em glicoses livres; em seguida, extrai dessas moléculas, através de um processo de fermentação, a energia necessária a seu metabolismo. Como resíduo, o protozoário libera moléculas de ácido acético, que são capturadas e oxidadas aerobicamente pelo cupim. Portanto, da molécula original da glicose, parte da energia química acumulada é aproveitada pelo protozoário (glicose + ácido acético + energia) e parte pelo cupim (ácido acético + O₂ → H₂O + energia, 1).

Ruminantes e microrganismos: Como se sabe, os ruminantes (boi, ovelha etc.) são animais dotados de estômago com quatro câmaras, na pança ou rúmen (câmara maior) esses animais abrigam inúmeros microrganismos que decompõem a celulose dos vegetais ingeridos, estabelecendo uma associação semelhante àquela verificada entre os cupins e protozoários do gênero *Tryconympha*.

Bactérias e raízes de leguminosas: Como vimos, no ciclo do nitrogênio, as bactérias do gênero *Rhizobium* promovem a fixação do N₂ atmosférico, transformando-o em sais nitrogenados, que são assimilados pelas

leguminosas (soja, feijão, ervilha etc.) e utilizados como matéria-prima na construção de compostos orgânicos nitrogenados. As plantas, por sua vez, fornecem a essas bactérias heterótrofas a matéria orgânica necessária ao desempenho de suas funções vitais.



Mutualismo entre bactérias e leguminosas: na raiz das leguminosas vivem bactérias que fixam o nitrogênio do ar; as leguminosas, ao que tudo indica, fornecem hemoglobina às bactérias.

Micorrizas: São associações estabelecidas; entre fungos e raízes de certas plantas, como orquídeas, morangueiros, tomateiros, pinheiros etc. Os fungos degradam substâncias orgânicas do substrato, transformando-as em nutrientes minerais (sais de nitrogênio, fósforo, potássio etc.), que são cedidos à planta. Esta fornece ao fungo parte da matéria orgânica produzida através da fotossíntese.

3.1- Protocooperação:

Nas associações interespecíficas citadas, a relação mutualística caracteriza-se pela profunda interdependência existente entre as espécies associadas. A seguir, enumeraremos alguns exemplos de mutualismo em que a coexistência não é obrigatória significando que as vantagens obtidas podem ser dispensadas, sem causar nenhum tipo de desequilíbrio metabólico nas espécies associadas. É o caso do anu e do gado, do pássaro-palito e do crocodilo, das formigas e dos pulgões, e do caranguejo paguro e das actínias.

Anu e gado: O anu é um pássaro preto que retira e devora carrapatos e outros parasitas normalmente encontrados na pele do gado. Dessa maneira, o gado é beneficiado ao livrar-se dos parasitas e constitui uma fonte indireta de alimento ao pássaro. Ambos, porém, vivem normalmente quando a associação não se estabelece (daí a ausência de interdependência na interação).



O pássaro anu come pulgas e carrapatos da pele do gado bovino. O gado se livra desses parasitas e o anu consegue alimento.

Pássaro-palito e crocodilo: O pássaro-palito é uma ave que se introduz na boca do crocodilo africano, de onde retira sanguessugas que normalmente aí se encontram parasitando o réptil. Tal como ocorre na associação anu e gado, o crocodilo é beneficiado, ao livrar-se dos parasitas, e constitui uma opção alimentar indireta.

A associação ecológica verificada entre o pássaro-palito e o crocodilo africano é um exemplo de **PROTO-COOPERAÇÃO**, quando se considera que o pássaro-palito retira parasitas da boca do réptil. Mas pode ser também descrita como exemplo de **comensalismo**; nesse caso, o pássaro atua retirando apenas restos alimentares que se situam entre os dentes do crocodilo. Daí o nome popular do animal: pássaro-palito.



Exemplo de mutualismo não obrigatório.

Caranguejo paguro e actínias: O caranguejo paguro ou bernardo-eremita é um crustáceo encontrado com relativa facilidade em nossas praias. Caracteriza-se pela presença de abdome longo e mole, desprovido de carapaça protetora. Para compensar tal fato, esse caranguejo, aloja-se no interior de conchas vazias de moluscos diversos e “enfeita-se” com algumas actínias ou anêmonas-do-mar (celenterados), animais sabidamente portadores de tentáculos com substâncias urticantes (figura ao lado). Dessa maneira, as actínias beneficiam o paguro, impedindo o acesso de inimigos naturais. O paguro, locomovendo-se, beneficia a actínia, uma vez que lhe amplia o território de obtenção de alimento.

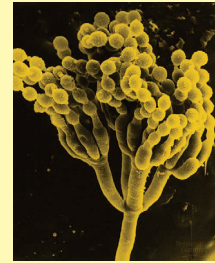


Caranguejo paguro

4- Antibiose ou amensalismo

É uma relação interespecífica desarmônica, na qual uma espécie bloqueia o crescimento ou a reprodução de outra espécie, denominada *amensal*, através da liberação de substâncias tóxicas. Como exemplo, podemos citar o mofo verde, fungo cientificamente conhecido como *Penicillium notatum*, que libera a penicilina, antibiótico que impede o desenvolvimento de certas bactérias susceptíveis a essa substância (figura a seguir). Outro exemplo clássico é observado no fenômeno conhecido por *maré vermelha*. Nesse caso, em certas condições, ocorre proliferação excessiva de certas algas unicelulares planctônicas (dinoflagelados) que passam a liberar no meio ambiente quantidades significativas de toxinas, provocando a morte de indivíduos de inúmeras espécies marinhas.

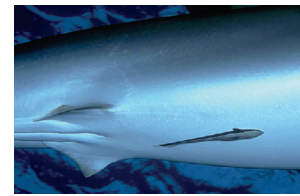
Amaré vermelha é um fenômeno natural registrado nos mais diversos países do mundo desde os tempos dos antigos egípcios. No Brasil o primeiro caso documentado data de 1944, na cidade de Recife: foi chamado de “febre de Tamarandé”. O caso mais comentado, porém, ocorreu em março de 1978 na costa sul do Brasil, quando constatou-se a morte de toneladas de peixes, moluscos, crustáceos e aves marinhas. Embora o diagnóstico do fenômeno tenha sido tardio, ainda foi possível contar cerca de 60.000 dinoflagelados por litro de água colhida do mar. O principal resíduo tóxico liberado pelos dinoflagelados é a saxitoxina, substância que provoca sérios distúrbios nervosos em animais contaminados, inclusive no homem, acarretando-lhes a morte.



Aspecto do fungo *Penicillium* ao microscópio

5- Inquilinismo e comensalismo

O inquilinismo e o comensalismo são dois tipos de associação em que apenas um dos participantes se beneficia, sem no entanto causar prejuízos ao outro. A diferença entre esses dois tipos de associação reside no fato de que no comensalismo a aproximação ocorre em busca do alimento, o que não ocorre no inquilinismo, a razão da associação é freqüentemente proteção. É o caso, por exemplo, do *fierasfer*, um pequeno peixe que vive dentro do corpo do pepino-do-mar (*Holotúria*). Para alimentar-se o *fierasfer* sai do pepino-do-mar e depois volta (Figura acima).



A rêmora é um comensal do tubarão: ela come restos de sua comida sem prejudicá-lo.

Nesse caso de inquilinismo, o peixe encontra proteção no corpo do pepino-do-mar, que por sua vez não recebe benefício e nem sofre desvantagem.

Um curioso exemplo de comensalismo é a associação do tubarão com dois peixes pequenos a rêmora (peixe-piolho) e o peixe-piloto. Os peixes-pilotos vivem ao redor do tubarão, alimentando-se dos restos de comida que escapam de sua boca. As rêmoras filam-se no corpo do tubarão por intermédio de uma ventosa, sendo transportadas por ele e, ao mesmo tempo, alimentando-se dos restos de comida da mesma forma que os peixes-pilotos.

A presença das rêmoras independe da presença dos peixes-pilotos. Assim, o comensalismo ocorre entre o tubarão e aqueles peixes, independentemente.

6- Sinfilia

A sinfilia é um tipo de associação estudada na relação existente entre determinadas formigas e os pulgões de plantas. Os pulgões retiram alimentos diretamente dos vasos liberianos da planta. Retiram portanto, seiva elaborada, rica em matéria orgânica, principalmente carboidratos.

Como consequência da digestão dos carboidratos, os pulgões produzem excessiva quantidade de material açucarado, que em grande parte é eliminado com as fezes. Esse material é apreciadíssimo pelas formigas, que, como forma de obter alimento, mantém pulgões cativos em seu formigueiro.



Pulgões alimentam-se da seiva das árvores e eliminam a sobra pelo ânus, na forma de líquido açucarado. Esta sobra é ingerida pelas formigas, que enquanto isso protegem os pulgões de seus inimigos naturais, como lagartas e joaninhas.

7- Predatismo

Predatismo é uma relação desarmônica em que um animal captura e mata um indivíduo de outra espécie para alimentar-se.

Todos os carnívoros são animais predadores, alimentando-se de diversas presas. É o que acontece com o leão, com o lobo, com o tigre, com a onça, que caçam veados, zebras e tantos outros herbívoros.

O predador pode atacar e devorar, também plantas, como acontece com o gafanhoto, que em bandos, devora rapidamente toda uma plantação. Em casos como esse, em que a espécie predada é vegetal, costuma-se dar ao predatismo o nome de *herbivorismo*.

Raros são os casos em que o predador é uma planta. As plantas insetívoras, no entanto são excelentes exemplos, pois aprisionam e digerem insetos.

Adaptações ao predatismo

a) O **mimetismo** (do grego *mimetes* = imitação) é uma adaptação que certas espécies apresentam e consiste em imitar outros organismos ou partes deles, de maneira que passem despercebidas, o que tem facilitado seu processo de defesa ou acesso a presas.

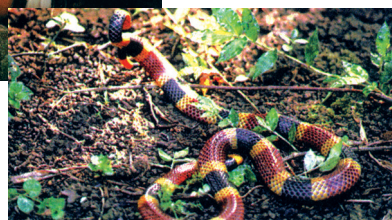
•No mimetismo denominado **Batesiano** (em homenagem ao naturalista inglês Bates, que foi o primeiro a descrevê-lo), o organismo imita outros, “perigosos”. São exemplos, a borboleta-coruja, em cujas asas existem manchas que lembram os olhos da coruja (ave de rapina, predadora em potencial) e a falsa coral (muito parecida com a coral verdadeira), que é altamente peçonhenta.



Borboleta-coruja



Coral verdadeira

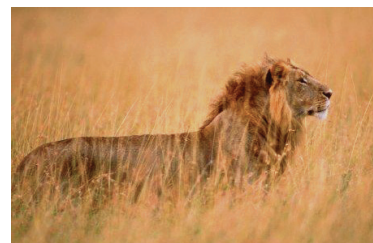


Falsa coral

• Finalmente, embora muitos outros casos possam ser descritos, consideremos o mimetismo **peckhamiano**, uma espécie de “lobo em pele de cordeiro”. Como exemplo, pode-se citar o bútio, uma espécie de falcão americano, datado de longas asas. Esse animal mistura-se a bandos de abutres, confundido-se com eles, de maneira que consegue aproximar-se facilmente de certas presas. Quando bem perto, o bútio afasta-se do grupo de abutres e cai sobre a presa, capturando-a.

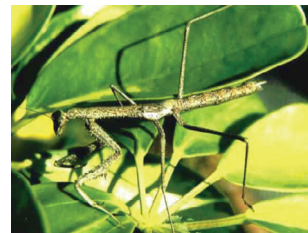
b) Camuflagem

•Na camuflagem homocrônica o indivíduo imita a cor do meio onde vive. É o caso dos camelos e fanecos (raposinhas do deserto) cujos pêlos permitem a camuflagem desses animais na areia do deserto; do leão no



capim seco; dos gafanhotos na grama; do bicho preguiça na imbaúba; dos ursos polares, arminhos, raposas e lebres árticas na neve das tundras etc.

•Na camuflagem homotípica, o animal imita a forma (e, até a própria cor) de objetos do meio ambiente. Um exemplo clássico é o bicho pau e o bicho folha, insetos semelhantes a estruturas vegetais



Coloração de advertência

Consiste no artifício pelo qual demonstram a seus predadores, por meio de um padrão de cor notável, que possuem mecanismos de defesas. Tais adaptações variam desde a produção de secreções irritantes ou venenos ao acúmulo de compostos químicos que tornam o organismo impalatável.

Não coincidentemente, muitas espécies nocivas adotam padrões cromáticos semelhantes como faixas pretas e vermelhas ou amarelas. Essas combinações de cores denotam de tal modo a nocividade, que alguns predadores desenvolveram verdadeira aversão a organismos que portem tais características



Os predadores aprendem rapidamente a evitar as marcas como as faixas pretas e laranjas da borboleta-monarca, que tem um gosto tão amargo que uma única experiência com essa presa é relembrente por um longo tempo.

8- Parasitismo

Parasitismo é uma relação desarmônica entre seres de espécies diferentes, em que um deles, denominado parasita, vive no corpo do outro, denominado hospedeiro, do qual retira alimentos.

Embora, como regra geral, os parasitas não causem a morte dos hospedeiros, causam-lhes prejuízos, podendo tornar-se patogênicos, isto é, causadores de doenças.

Quanto à localização do corpo do hospedeiro, os parasitas podem ser classificados em *ectoparasitas* (externos) e *endoparasitas* (internos).

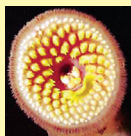
Os exemplos mais comuns de ectoparasitas são os piolhos, os carrapatos, o cravo da pele, o bicho-de-pé e o bicho da sarna, além de outros. Exemplos de endoparasitas são o plasmódio e o tripanossomo, protozoários causadores, respectivamente, da malária e da doença de Chagas. São exemplos, também, os vírus causadores de várias doenças, desde gripe até a febre amarela.

- **Monoxenos:** O ciclo de vida realiza-se em um único hospedeiro. Exemplo: lombriga (*Ascaris lumbricoides*),
- **Heteroxenos:** O ciclo de vida exige mais de um hospedeiro. Exemplos: plasmódio e solitária (Tênia).

Normalmente, nos parasitas heteroxenos são dois os hospedeiros sendo um considerado intermediário e o outro, definitivo. Um bom critério para determinação dos hospedeiros é considerar como definitivo o que abriga a forma larvária. Assim, o homem deve ser considerado hospedeiro definitivo da Tênia e intermediário do plasmódio. Nesses dois exemplos, o porco, o boi, são hospedeiros intermediários da Tênia e o mosquito (*Anopheles*) é o hospedeiro definitivo do plasmódio.

- **Microparasitas:** Os que são microscópicos, isto, é, não visíveis a olho nu.
- **Macroparasitas:** Os que são visíveis a olho nu. São representados, principalmente por insetos (piolho), aracnídeos (carrapatos) e “vermes” (lombriga), etc.

O parasitismo praticado por vertebrados e por plantas superiores é extremamente raro. Um caso de vertebrados parasitas é o da lampreia, que se fixa em animais aquáticos, como o tubarão, através de sua boca circular. Esta é uma autêntica ventosa, com a qual a lampreia retira sangue do animal, ingerindo-o como alimento.



9- Mimetismo

O mimetismo (do grego *mimetes* = imitação) é uma adaptação que certas espécies apresentam e consiste em imitar outros organismos, partes ou objetos do meio ambiente, de maneira que, passando despercebidas, tem facilitado seu processo de defesa ou acesso a presas.

Na camuflagem homocrônica o indivíduo imita a cor do meio onde vive. É o caso dos camelos e fanecos (raposinhas do deserto) cujos pêlos permitem a camuflagem desses animais na areia do deserto; do leão no capim seco; dos gafanhotos na grama; do bicho preguiça na imbaúba; dos ursos polares, arminhos, raposas e lebres árticas na neve das tundras etc.

Na camuflagem homotípica, o animal imita a forma (e, até a própria cor) de objetos do meio ambiente. Um exemplo clássico é o bicho pau, um inseto que imita ramos secos.

No mimetismo denominado *batesiano* (em homenagem ao naturalista inglês Bates, que foi o primeiro a descrevê-lo), o organismo imita outros, “perigosos”. São exemplos a falsa coral (muito parecida com a coral verdadeira) e a borboleta-coruja, em cujas asas existem manchas que lembram os olhos da coruja.

Finalmente, embora muitos outros casos possam ser descritos, consideremos o mimetismo *peckhamiano*, uma espécie de “lobo em pele de cordeiro”. Como exemplo, pode-se citar o bútio, uma espécie de falcão americano, datado de longas asas. Esse animal mistura-se a bandos de abutres, confundido-se com eles, de maneira que consegue aproximar-se facilmente de certas presas. Quando bem perto, o bútio afasta-se do grupo de abutres e cai sobre a presa, capturando-a.

10- Competição intra-específica

Competição refere-se à disputa entre indivíduos por recursos do ambiente que não existem em quantidade adequada para todos. Assim, as plantas competem pela luz e pelos nutrientes em uma floresta e os animais competem por alimento e por espaço quando suas densidades são elevadas em relação aos recursos mencionados. Quando a densidade da população é limitada por fatores climáticos severos, que determinam densidades inferiores àquelas que poderiam ocorrer em função da quantidade de recursos disponíveis, a competição não é um fator de importância ecológica. No Ártico, por exemplo, as plantas podem ser tão escassas e espalhadas em função das severas condições climáticas, que não ocorre competição entre elas.

A competição intra-específica determina, basicamente, a densidade da população em um dado local, tendo particular importância para o processo de seleção natural, pois os mais bem dotados têm, como regra geral, maiores possibilidades de sobrevivência.

A competição intra-específica não leva, necessariamente, os indivíduos para a luta. Por exemplo, plantas de uma mesma espécie podem competir pela luz, pela água e nutrientes, mas “não lutam” no sentido físico por isso. No reino animal quando a luta ocorre, o predador simplesmente se afasta.

Um exemplo de competição intra-específica por espaço, determinando, um controle no tamanho das populações, é a *territorialidade*. A delimitação de um “território”, ou seja, de um espaço, em que um grupo de organismo passa a agir livremente sem a interferência de outro grupo de indivíduos da população, é um comportamento bem conhecido para muitas espécies de mamíferos, tais como macacos, focas, elefantes marinhos, coelhos e castores, de aves e de peixes.

O território é, em geral, delimitado pelo macho da espécie no início da estação reprodutiva e defendido por ele contra outros machos da mesma população. Entretanto, não são todos os machos da população que conseguem ter maior probabilidade de atrair as fêmeas, formar casais e se reproduzir. A fêmea, geralmente, auxilia a obtenção de alimento e a proteção contra a ação de predadores, garantindo o desenvolvimento das crias. A territorialidade ajuda, portanto, a evitar a superproteção, uma vez que determina um espaço mínimo por casal ou por grupo de indivíduos.

11- Competição interespecífica

A competição interespecífica leva à manutenção das populações de espécies diferentes de uma mesma comunidade, apresentam nichos ecológicos iguais ou muito semelhantes. Esse mecanismo pode determinar o controle da densidade das duas populações que estão interagindo. A extinção de uma delas ou ainda, a especialização do nicho ecológico.



Combate entre machos por posse da fêmea ou do território. Muitas vezes não há uma verdadeira luta: cada um apenas "exibe" sua força ou suas armas.

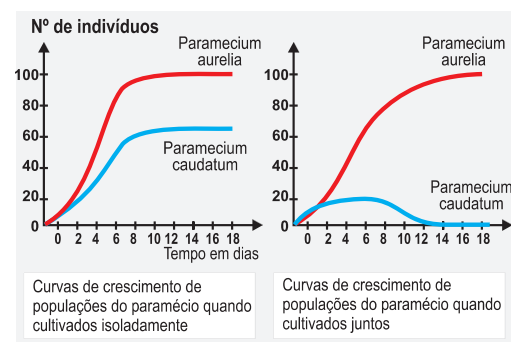
Toda competição, infra ou interespecífica, sempre traz resultados positivos em termos de seleção natural, pois tende à manutenção dos indivíduos melhor adaptados, em detrimento dos menos adaptados.

A competição interespecífica leva à manutenção da espécie melhor adaptada e ao afastamento da menos adaptada, que deve desenvolver novo nicho ou procurar outro habitat.

Quando duas espécies, ou melhor, duas populações de espécies diferentes ocupam o mesmo habitat e tem o mesmo nicho, uma delas é eliminada por competição. Esse princípio é chamado de **Princípio de Gause**, em homenagem ao pesquisador que o formulou. De acordo com esse princípio, duas espécies podem ter o mesmo habitat, mas não podem ocupar o mesmo nicho por muito tempo, havendo exclusão de uma delas.

Esse princípio foi formulado em função de experimentações de laboratório com culturas de duas espécies de protozoários, *Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*. Quando as populações dessas espécies eram cultivadas separadamente, porém em meios de culturas idênticas, elas cresciam até atingir uma determinada densidade. Não havendo alterações nas culturas, a densidade de cada uma das populações permanecia em torno desse valor. *P. aurelia*, entretanto, apresentava um crescimento muito mais rápido do que *P. caudatum*, indicando maior eficiência na utilização de alimento.

Quando as duas populações foram cultivadas em um mesmo recipiente com o mesmo tipo de meio, verificou-se rápido crescimento de *P. aurelia*, que aproveitando melhor o alimento fornecido, eliminou a população de *P. caudatum*.



Quadro síntese

O quadro ao lado resume as diversas relações estudadas. O sinal “+” indica benefício; “-”, prejuízo e “0” nenhum efeito.

Relações harmônicas (um ou ambos lucram; não há prejuízo)	Intra-específicas (entre seres da mesma espécie)	Sociedade grupo de indivíduos que cooperam entre si (+/+). Ex.: insetos sociais.
	Colônia união anatômica de indivíduos (+/+). Ex.: corais, caravela.	
Relações desarmônicas (há prejuízo)	Interespecíficas (entre seres de espécies diferentes)	Mutualismo troca mútua de benefícios. As espécies não sobrevivem isoladas (+/+). Ex.: cupim/protozoários, algas/fungos (líquen), Rhizobium/leguminosa.
		Protocooperação troca mútua de benefícios em que as espécies sobrevivem isoladas (+/+). Ex.: paguro/anêmona, pássaro-palito/crocodilo.
	Intra-específicas	Comensalismo associação com benefício de um indivíduo, sem prejuízo ou benefício do outro (+/0). Ex.: rémora/tubarão, peixe fierásfer/pepino-do-mar (inquilinizismo), orquídea/árvore (epifitismo).
		Canibalismo relação na qual um animal mata ou devora outro da mesma espécie (+/).
		Competição concorrência por alimento, espaço, etc. entre seres da mesma espécie (I/). Fator importante na evolução.
	Interespecíficas	Competição duas espécies disputam nichos semelhantes levando uma delas a emigrar ou à extinção (I/).
		Amensalismo uma espécie é prejudicada e a outra não é afetada (0/). Ex.: maré vermelha.
		Predatismo relação na qual um animal mata outro para se alimentar (+/). Ex.: carnívoro (predador)/herbívoro (presa).
Parasitismo instalação de um ser no outro, prejudicando-o, mas sem matá-lo rapidamente (+/). Ex.: vermes/mamíferos, cipó-chumbo/árvores, vírus/homem.		

Para exercitar

36) (PUC-SP) Analise o quadro abaixo:

I	Seres que se agrupam de modo cooperativo	Abelhas
II	Seres da mesma espécie que formam uma unidade anatomo-fisiológica	Corais
III	Troca mútua de favores, sem interdependência	Paguro-anêmona

As relações entre os organismos analisados são:

	I	II	III
a)	Sociedade	Colônia	Comensalismo
b)	Colônia	Sociedade	Mutualismo
c)	Sociedade	Colônia	Cooperação
d)	Colônia	Sociedade	Comensalismo
e)	Sociedade	Colônia	Inquilinizismo

37) (UFRS) No tubo digestivo dos cupins vivem protozoários flagelados que segregam uma enzima capaz de digerir a celulose ou outras substâncias da madeira. Os cupins ingerem a madeira, os flagelados intestinais a digerem e ambos compartilham os glicídios resultantes. Submetendo os cupins a uma temperatura elevada, os flagelados desaparecem sem afetar os hospedeiros; estes, livres dos protozoários, continuam a ingerir a madeira; porém, não conseguindo mais digeri-la, morrem de inanição. Sob o ponto de vista ecológico, essa associação é do tipo:

- a) mutualismo. d) parasitismo.
b) comensalismo. e) sociedade.
c) inquilinismo.

38) (UFMG) Todas as afirmativas abaixo contêm um conceito correto de parasitismo, exceto:

- a) Parasitismo é uma associação obrigatória em que há dependência metabólica do parasita com relação ao hospedeiro.
b) Parasitas são geralmente menores que seus hospedeiros e dependem deles para seu desenvolvimento e habitat.
c) A morte ou danificação do hospedeiro é desvantajosa para o parasita.
d) Espécies parasitas têm um potencial reprodutivo mais baixo que o do hospedeiro.
e) Certos parasitas requerem um ou mais hospedeiros adicionais para completar seu desenvolvimento.

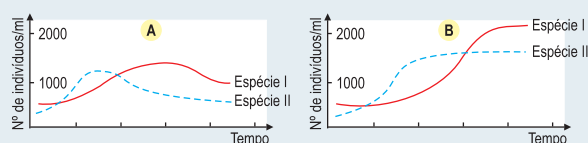
39) (UFF-RJ) Líquens são associações simbióticas entre uma alga e um fungo, capazes de colonizar ambientes áridos porque:

- a) o fungo adere ao substrato e a alga retém água e sais minerais;
b) a alga adere ao substrato e o fungo efetua quimiosíntese;
c) a alga produz energia e o fungo sintetiza as proteínas;
d) a alga efetua a fotossíntese e o fungo retém água e sais minerais;
e) a síntese de proteínas e a captação da água são potencializadas em ambos os simbioses.

40) (UERJ) Na floresta da Tijuca é comum encontrarem-se troncos de árvores cobertos de musgos, samambaias, bromélias e orquídeas. Por outro lado, na cidade podem-se ver árvores cobertas pela “erva-de-passarinho”. Essas duas situações podem ser classificadas, respectivamente, como:

- a) parasitismo e epifitismo.
b) mutualismo e parasitismo.
c) inquilinismo e mutualismo.
d) epifitismo e hemiparasitismo.
e) hemiparasitismo e inquilinismo.

41) (Fuvest-SP) Os gráficos abaixo representam o crescimento de duas espécies de animais nas mesmas condições ambientais, em A vivendo isoladamente e em B vivendo juntas:



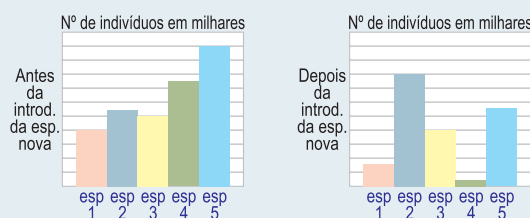
Com base nesses dados, pode-se dizer que o tipo de relação ecológica entre essas duas espécies é:

- a) competição. d) mutualismo.
b) comensalismo. e) predatismo.
c) parasitismo.

42) (Unirio-RJ) Na Amazônia, as tartarugas, além de terem seus filhotes comidos pelas cobras, também podem ser vítimas das sanguessugas, que se fixam na sua pele (geralmente nas patas) para sugar-lhes o sangue. Neste caso, os tipos de relações ecológicas entre as cobras e as tartarugas, de um lado, e entre as sanguessugas e as tartarugas, de outro, são respectivamente chamados de:

- a) predatismo e parasitismo.
b) comensalismo e predatismo.
c) parasitismo e simbiose.
d) simbiose e comensalismo.
e) predatismo e simbiose.

43) (Cesgranrio-RJ) Observe os gráficos abaixo, que representam o tamanho de diferentes populações de um mesmo ecossistema. Antes e depois da introdução de uma nova espécie:



A análise desses gráficos permite afirmar que esta nova espécie:

- a) manteve comensalismo com a espécie 1.
b) realizou predatismo na espécie 2.
c) serviu de alimento para a espécie 3.
d) ocupou o mesmo nicho da espécie 4.
e) entrou em mutualismo com a espécie 5.

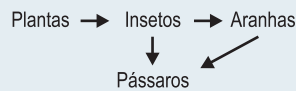
44) (PUC-RS) “A bactéria cientificamente denominada *Bacillus thuringiensis* produz certas substâncias que apresentam toxicidade para determinados tipos de insetos. Uma dessas substâncias, por ter acentuada atividade necrótica sobre larvas de borboletas que atacam culturas vegetais de importância econômica para o homem, torna esse microrganismo potencialmente valioso no combate a certas pragas da lavoura.” Este texto faz referência a uma prática no campo da biologia que recebe o nome de:

- a) manuseio biotipológico.
b) controle da progênie.
c) controle biológico.
d) manuseio monoespecífico.
e) controle heteromórfico.

45) (Fuvest-SP) O homem estará ocupando o nível trófico em que há maior aproveitamento da energia fixada pelos produtores, quando escolher como cardápio:

- a) carne com creme de leite.
b) peixe com camarão.
c) frango com toucinho.
d) pão com geléia de frutas.
e) ovos com queijo.

46) (PUC-SP) Analise a teia alimentar abaixo:



Suponha nessa comunidade a introdução de uma espécie que se alimente de pássaros.

- a) A que nível trófico pertencerá essa nova espécie?
- b) Com a introdução dessa nova espécie na comunidade, o que poderá ocorrer com as populações de insetos e aranhas?

47) (Fuvest-SP) A análise da concentração de DDT em organismos marinhos apresentou os seguintes resultados:

Organismo	Quantidade de DDT em mg por litro
atobás	28,00
pescadas	2,25
manjubas	0,60
copépodes	0,07

Com base nos índices de DDT, esquematize a provável cadeia alimentar constituída por esses organismos. Justifique sua resposta.

- 48) (Unicamp-SP) Pesquisadores têm encontrado altas concentrações de DDT, um inseticida não-biodegradável que se acumula no meio ambiente, em tecidos de focas e leões marinhos de regiões polares onde ele nunca foi usado. Utilizando seus conhecimentos de ecologia, explique como este fato pode ocorrer.
- 49) (Unicamp-SP) Por que os poluentes de longa vida (tal como o céσιο 137, por exemplo) e os defensivos químicos (como o DDT), mesmo quando ocorrem em baixas concentrações na natureza, são prejudiciais principalmente para os carnívoros?

Sucessões ecológicas

Uma *sucessão ecológica* é definida como o processo no qual comunidades se substituem numa seqüência ordenada e gradual, até ser alcançada uma situação de equilíbrio denominada *clímax*.

1- As fases de uma sucessão ecológica

Numa sucessão ecológica, podemos reconhecer três fases distintas: *ecese* ou *comunidade pioneira*; *séries* ou *comunidades intermediárias*; *comunidade clímax*.

2- Comunidade pioneira

Num terreno desmatado e abandonado, a remoção de toda a cobertura vegetal deixa o solo exposto, de maneira que a ação conjunta do vento e da chuva, favorecendo a erosão, retira-lhe a camada fértil e o torna cada vez mais estéril. Além disso, o solo nu fica mais sujeito à evaporação da água, tendendo a tornar-se seco. Nessas condições, nada hospitaleiras, podemos considerar que poucos organismos conseguiriam sobreviver.

Mas a natureza normalmente dispõe de seres vivos menos “exigentes”, dotados de grande tolerância em relação às mais variadas adversidades ambientais e, portanto, capazes de se desenvolver em lugares onde poucos viveriam. São os chamados *pioneiros*: aqueles que em primeiro lugar se instalam em uma área despovoada, constituindo uma comunidade denominada *comunidade pioneira* ou *ecese*.

Algas azuis (cianofíceas) e *liquens* constituem ótimos exemplos de organismos que em geral atuam na natureza como *pioneiros*.

Provavelmente a comunidade pioneira de nosso exemplo seria representada por algumas espécies de gramíneas e ervas pequenas, além de pequenos animais, como insetos diversos, aranhas, etc.

As condições ambientais adversas justificam o fato de a comunidade pioneira apresentar baixa diversidade de espécies.

3- Séries ou comunidades intermediárias

À medida que a comunidade pioneira se desenvolve, o ambiente vai se modificando geralmente de forma favorável. A cobertura vegetal, uma vez estabelecida, protege o solo contra a ação do vento e das enxurradas, evitando a erosão e contribuindo para a renovação do humo e para a manutenção da umidade.

Nessas novas e mais propícias condições, ocorre uma lenta instalação de outras espécies, que não encontravam, nas situações ambientais anteriores, condições de se instalar. Considerando o nosso exemplo inicial de um terreno desmatado, depois das gramíneas surgem, então, ervas diversas, que vão se desenvolvendo, além de atrair novas espécies animais que dessas plantas se nutrem. Assim, o aspecto da comunidade vai se alterando. Da comunidade rasteira inicial, tem-se, depois de algum tempo, uma *comunidade herbácea típica*.

Aos poucos, a comunidade herbácea vai sendo substituída por outra, provavelmente *arbusativa*.

4- Comunidade clímax

A comunidade arbusativa, por sua vez, cede lentamente lugar para o desenvolvimento de uma comunidade estável arbórea.

Evidentemente, à medida que a paisagem vegetal vai mudando, a *comunidade animal* também se altera. Uma comunidade arbórea, por exemplo, pode abrigar pássaros arborícolas, que não teriam condições de se estabelecer numa comunidade herbácea. Consolida-se, assim, a *comunidade clímax*, estável.

No quadro abaixo você tem um esquema da sucessão ecológica descrita:

IDADE EM ANOS	1-10	10-25	25-100	Após 100	
TIPO DE COMUNIDADE	Campo abandonado	Gramíneas	Arbustos	Floresta de pinheiros	Climax florestal

• Características das fases de uma sucessão ecológica:

As comunidades pioneiras caracterizam-se por apresentar uma produção primária bruta de matéria orgânica superior ao próprio consumo. Isso significa que sua atividade fotossintetizante supera a atividade respiratória. Assim, o saldo orgânico observado – produção líquida – é incorporado à comunidade, garantindo seu desenvolvimento em termos de aumento da *biomassa*.

À medida que a sucessão se desenvolve, o aumento da biomassa vegetal propicia um *aumento na produção primária bruta da comunidade*. Porém, o consumo também aumenta, e de forma mais rápida, em relação à produção bruta.

Isso significa que a produção líquida – *produção primária bruta menos consumo* – vai se tornando cada vez menor, até se *anular no clímax*.

Observe, portanto, que ao um longo de uma sucessão ecológica, isto é, da ecese para o clímax, constata-se:

- Aumento da produção primária bruta;
- Aumento do consumo (mais rápido, em relação ao aumento da produção bruta);
- Diminuição da produção líquida;
- Aumento da biomassa (esse aumento, porém, ocorre a uma velocidade cada vez menor, uma vez que a produção líquida vai diminuindo);
- A biomassa, então, torna-se constante ao atingir o clímax.

Normalmente, a diversidade de espécies mostra-se pequena nas comunidades pioneiras, nas quais as condições ambientais dificultam o estabelecimento de muitas espécies. A medida que a sucessão vai se desenvolvendo, a diversidade de espécies tende a aumentar.

Esse fato deve-se ao aumento da biomassa, que propicia o surgimento de novos nichos ecológicos, os quais podem ser explorados por espécies novas.

Observa-se também que, em geral, a diversidade de espécies atinge sua plenitude no clímax, no qual a biomassa torna-se máxima e praticamente constante (figura al lado).



Aspecto de uma floresta: comunidade clímax.

Observe o quadro abaixo:

	Estágios iniciais da sucessão	Estágios climáticos (clímax)
Produção bruta / consumo	Produção bruta / consumo > 1	Produção bruta / consumo = 1
Produção líquida	Alta	Nula
Biomassa	Mínima	Máxima
Diversidade de espécies	Mínima	Máxima

Como último degrau da sucessão ecológica, a comunidade clímax abriga inúmeras espécies dotadas de nichos variados e altamente especializados. A grande diversidade de *espécies* estabelece, entre os organismos, múltiplas e complexas relações alimentares e territoriais. Além disso, a grande complexidade exibida pelo ecossistema favorece a manutenção de um estado de *equilíbrio dinâmico*, que confere ao clímax uma estabilidade acentuadamente maior, quando comparada com a que se verifica nas comunidades pioneiras.

Como na comunidade clímax a produção bruta equivale ao consumo, podemos concluir que a atividade fotossintetizante dos organismos clorofilados é praticamente igual à atividade respiratória dos seres vivos em geral. Isso significa que praticamente *todo o oxigênio liberado pela fotossíntese vegetal é consumido pela respiração da comunidade biótica*. Assim, ao contrário do que alguns pensam, as comunidades climáticas, como as florestas, não constituem os “pulmões do mundo”, papel que, na verdade, é desempenhado pelo fito-plâncton marinho.

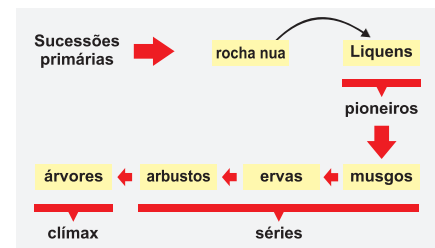
5- Tipos principais de sucessões ecológicas

Vamos estudar a seguir os quatro tipos principais de *sucessões ecológicas*, a saber: primária, secundária, autotrófica e heterotrófica.

• Sucessões primárias

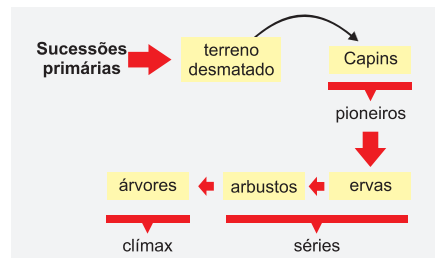
Ocorrem em locais nunca antes habitados; é o caso das sucessões iniciadas por líquens em uma rocha nua, por exemplo. Os líquens lentamente desagregam a rocha e iniciam a formação de um solo simples que propiciará, mais tarde, a instalação de outras espécies.

Podemos ter, então, como exemplo de sucessão primária, a seguinte situação ao lado:



• Sucessões secundárias

Correspondem às sucessões que se desenvolvem em locais anteriormente povoados, cujas comunidades foram eliminadas ou por *modificações climáticas* (erupções vulcânicas, incêndios, inundações, glaciações, etc.) ou pela *intervenção do próprio homem* (queimadas, desmatamentos, etc.). É o caso, por exemplo, da sucessão ecológica que ocorre em um terreno desmatado, onde geralmente plantas rasteiras (capins) são as primeiras que ali se instalam. Veja este esquema ao lado:



Quando uma comunidade clímax é destruída por um motivo qualquer (erupções, incêndios, etc.), a nova sucessão ecológica não precisa terminar, necessariamente, com um clímax semelhante ao anterior. Se o novo clímax diferir sensivelmente do clímax anterior, será denominado de *disclímax*.

• Sucessões autotróficas

Caso mais comum na natureza, esse tipo corresponde às sucessões iniciadas por *organismos autótrofos em locais predominantemente inorgânicos*. Como exemplo, podemos retomar a sucessão iniciada por líquens em uma rocha nua.

• Sucessões heterotróficas

Trata-se das sucessões iniciadas por organismos heterotróficos em locais predominantemente *orgânicos*.

Nas sucessões heterotróficas (verificadas, por exemplo, em rios poluídos ou sobre restos de plantas e animais), a *biomassa* – e portanto a energia química disponível – *é máxima no início e vai declinando à medida que a sucessão se desenvolve*, caso não haja adição de matéria orgânica no ambiente.

O homem na natureza

A hipótese Gaia



*Gaia, na mitologia grega, é a deusa que personifica a Terra, mãe de todas as criaturas vivas. Vem daí o prefixo **geo**, que forma palavras como **geografia** e **geologia**. Na opinião de alguns cientistas, a Terra pode ser realmente comparada a um imenso organismo vivo, do qual todas as espécies fazem parte, como se fossem seus tecidos. O mais conhecido defensor dessa idéia é o cientista inglês James Lovelock. No final da década de 1960 ele propôs a **Hipótese Gaia**, segundo a qual a Terra deveria ser estudada como um sistema fisiológico fechado, da mesma forma que um fisiólogo estuda a interdependência das funções orgânicas do corpo humano.*

De acordo com essa hipótese, a biosfera da Terra, como um todo, apresenta características típicas de um ser vivo: capaz de se auto-regular, ou seja, apresenta homeostase. Nesse contexto, a atmosfera não é uma mera camada de gás que envolve a Terra, e sim uma membrana gasosa sem a qual a vida seria impossível. Juntamente com os oceanos, a atmosfera é responsável pela manutenção das temperaturas amenas reinantes na maior parte da superfície do planeta. As nuvens, ao refletirem para o espaço parte da radiação solar, controlam a quantidade de energia solar que atinge a superfície terrestre. O ciclo das chuvas, por outro lado, ajuda a irradiar para o espaço parte do calor que atinge a superfície terrestre.

1- A humanidade e os desafios ecológicos atuais

Muitos dos desequilíbrios ambientais, verificados nos mais diversos ecossistemas, ocorrem de maneira natural independentemente da presença do homem. Assim, a água das chuvas pode arrastar substâncias orgânicas naturalmente presentes no solo que, depositadas nos rios, chegam a provocar uma desoxigenação da água. Num processo semelhante àqueles causados pela introdução da matéria orgânica oriunda das atividades humanas, tais como os esgotos domésticos; as erupções vulcânicas podem liberar para a atmosfera quantidades tão altas de enxofre que inibem o desenvolvimento de plantas nas proximidades; incêndios naturalmente provocados podem devastar grandes áreas, promovendo a destruição do húmus e da população microbiana do solo e contribuindo para sua esterilidade. Entretanto, os maiores desequilíbrios ambientais, que provocaram a extinção de muitas espécies em áreas diversas e que continuam colocando em risco a sobrevivência de muitas outras, inclusive a nossa, resultam das atividades humanas. Por isso, o termo *poluição* é normalmente aplicado apenas às alterações ambientais provocadas pelo homem. De maneira geral, a poluição pode ser conceituada como qualquer mudança nas propriedades físicas, químicas ou biológicas de um deter-

minado ecossistema, ocasionada ou não pela ação humana e que acarreta prejuízos ao desenvolvimento das populações ou cause desfiguração na natureza.

• Poluentes

Detritos orgânicos ou inorgânicos são considerados *poluentes* quando, ao serem introduzidos em um determinado ambiente, provocam as alterações acima citadas, ou porque são aí colocados em doses excessivas ou simplesmente porque o meio ambiente não se encontra adaptado à presença deles. Entre os principais fatores poluentes da atmosfera, da água e do solo, consideramos os seguintes agentes: monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, eutrofização, pesticidas, radiatividade, metais pesados, petróleo, poluição térmica, detergentes e queimadas.

• Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é um gás inodoro e incolor que normalmente constitui o principal poluente encontrado na atmosfera. É produzido sempre que ocorre a queima de algum combustível portador de carbono. Uma vez inspirado, o **CO** passa dos alvéolos pulmonares para o sangue, penetrando nas hemácias e estabelecendo com a hemoglobina uma ligação tão estável (carboxiemoglobina), que essa importante molécula torna-se completamente inutilizada para o transporte de oxigênio, pois o **O₂** não consegue “deslocar” o **CO** que se acha ligado à hemoglobina. Admite-se, ainda que a exposição prolongada ao **CO**, mesmo em baixas concentrações, pode provocar *esplenomegalia* (aumento de volume do baço), debilidade geral de vasos sanguíneos com hemorragias generalizadas, náuseas, diarreias, perda de memória, pneumonia e outros males.

• Aquecimento global: Perigo!

Fábricas e veículos lançam na atmosfera grande quantidade de gás carbônico (6 bilhões de toneladas por ano) enquanto que as queimadas nas florestas emitem cerca 1 bilhão de toneladas. Tudo isso resulta numa quantidade de gás carbônico muito maior que a quantidade de plantas consegue absorver na fotossíntese. Este gás é um dos principais gases que colaboram com o efeito estufa em nosso planeta, porém nos últimos anos, a dinâmica das grandes cidades e o acúmulo deste gás, tem levado a um aumento acelerado da temperatura média do planeta. Para muitos cientistas, essa elevação da temperatura global, é resultado do aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, provocado pelo nível de queima de combustível usados nos veículos, e das queimadas de grandes áreas florestais. Essa elevação na temperatura média do planeta é chamada de aquecimento global, e pode trazer conseqüências catastróficas para a humanidade, tais como:

- 1- Degelo das calotas polares e, conseqüentemente aumento do nível do mar.
- 2- Inundação de cidades litorâneas.
- 3- Contaminação de reservatórios de água doce em virtude do avanço dos oceanos.
- 4- Mudanças climáticas em todo o mundo.
- 5- Verões com temperaturas muito altas.

Curiosidade

Nas zonas urbanas a circulação de automóveis é a principal responsável pela poluição atmosférica pelo monóxido de carbono. Esse gás inodoro não dá sinais de advertência e pode causar, em determinados níveis, a morte do indivíduo por asfixia. Estima-se que na cidade de São Paulo são liberadas mais de 1000 toneladas desse gás todo dia; e que as queimadas na Amazônia, em 1988, liberaram uma quantidade de monóxido de carbono equivalente à quantidade liberada por São Paulo durante algumas dezenas de anos.

• Dióxido de carbono (CO₂):

O dióxido de carbono (gás carbônico) encontra-se na atmosfera numa proporção em torno de 0,4%, servindo de matéria-prima para a atividade fotossintetizante das plantas clorofiladas. Existe atualmente uma forte tendência de aumento desse gás na atmosfera, provocado principalmente pela excessiva combustão do carbono fossilizado (petróleo, carvão), o que pode acarretar, segundo alguns, o chamado *efeito estufa*.

• O efeito estufa

A temperatura do planeta é cerca de 15°C, mas se nosso planeta não tivesse atmosfera, a temperatura média da Terra chegaria a 15°C abaixo de zero. Portanto, a atmosfera auxilia no aquecimento de nosso planeta. Para entender como isso acontece, acompanhe a figura e o texto a seguir:

Os raios do sol atravessam a atmosfera e esquentam a Terra. Parte desse calor volta e atravessa a atmosfera, escapando para o espaço; mas a outra parte é absorvida por certos gases da atmosfera, como gás carbônico e metano, e é novamente enviado para o planeta, tornando-o constantemente aquecido. Esse efeito da atmosfera sobre a temperatura da Terra é chamado efeito estufa, pois é comaprado ao que acontece nas estufas de vidros.

Porém quando ele é intenso, provoca a elevação excessiva da temperatura na Terra. Segundo especialistas, a principal causa é a queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, carvão mineral e gás natural. Essa queima produz gases como o CO₂, metano e o óxido nítrico, que na atmosfera retêm o calor do Sol, agindo como o vidro das estufas das plantas.

• Dióxido de enxofre (SO₂)

O SO₂ é um dos poluentes mais comuns na atmosfera, onde aparece como resultado da atividade vulcânica, da decomposição natural da matéria orgânica e da combustão de carvão e petróleo. A presença excessiva de SO₂ no ar atmosférico pode exterminar quase totalmente muitas espécies vegetais ou comprometer seriamente a produtividade de plantas cultivadas. Musgos e líquens são freqüentemente dizimados pelo SO₂ daí serem considerados como indicadores de poluição por esse gás. Nos seres humanos, o SO₂ acarreta irritação dos olhos, da pele, do nariz e da garganta, bronquite, estreitamento dos bronquíolos e até mesmo morte, especialmente em indivíduos atingidos por afecções cardíacas e pulmonares.

O SO₂ é um dos principais fatores geradores das chamadas *chuvas ácidas*. Na atmosfera úmida, o SO₂ passa por transformações até originar ácido sulfúrico; óxido de nitrogênio, por sua vez, originam ácido nítrico. Esses ácidos conferem à água da chuva uma acidez que pode apresentar um pH em torno de 4 ou até menos. Formam-se, assim, as chuvas ácidas, que podem acarretar danos materiais (corrosão de carros, mármores, etc.), envenenamento de rios de inúmeras espécies vegetais, com comprometimento da produtividade, etc.

• Óxido de nitrogênio

Os óxidos de nitrogênio aparecem na atmosfera, provenientes, por exemplo, dos motores dos automóveis e aviões, dos incineradores e como resultado do uso excessivo de fertilizantes nitrogenados na agricultura. Juntamente com o freon (propelente dos aerossóis), esses gases contribuem para a destruição da camada de ozônio (O₃) situada, como vimos, nas altas camadas da atmosfera, podendo acarretar um aumento na incidência dos mutagênicos raios ultravioleta sobre a superfície terrestre.

• Destruição da camada de ozônio

Na atmosfera terrestre, entre 12 e 50 km de altitude, existe uma camada de gás *ozônio* (O₃). Esse gás envolve e protege o planeta da radiação ultravioleta, agindo como um verdadeiro *“filtro solar”*. O ozônio (ou *ozone*) se forma a partir do gás oxigênio (O₂), sob ação da própria radiação ultravioleta solar. Nos últimos 10 anos, os cientistas notaram o aparecimento de dois grandes *“buracos”*, isto é, regiões sem ozônio, na atmosfera. O buraco maior se localiza sobre o Pólo Sul, e chega a atingir uma área de 21 milhões de km², mais do que o dobro da área do Brasil. O outro buraco, menor, localiza-se sobre o Pólo Norte.

Acredita-se que a destruição da camada de ozônio seja conseqüência da liberação de gases denominados *clorofluorcarbonos* (CFCs) para a atmosfera. Desde 1930 gases desse tipo têm sido empregados na indústria, como, por exemplo, o freon, utilizado nos sistemas de refrigeração de geladeiras e aparelhos de ar condicionado. Outros gases do tipo CFC são usados na indústria de plásticos injetados, na indústria eletrônica e como propelentes nos tubos de aerossóis. Por serem extremamente leves, os CFCs vão para as altas camadas da atmosfera, onde atrapalham a reação de formação de ozônio.

• Eutroficação das águas

Uma forma comum de poluição das águas é causada pelo lançamento de detritos humanos nos rios, lagos e mares. Sendo constituídos de matéria orgânica, esses resíduos levam ao aumento da quantidade de nutrientes disponíveis no ambiente, fenômeno denominado *eutroficação* (do grego *eu* = bem, bom, e *trofos* = nutrição). A eutroficação permite grande proliferação de bactérias aeróbicas, que consomem rapidamente todo o oxigênio existente na água. Como conseqüência, a maioria das formas de vida acaba por morrer, inclusive as próprias bactérias. Devido à eutroficação por esgotos humanos, os rios que banham as grandes cidades do mundo tiveram sua flora e fauna destruídas, tornando-se esgotos a céu aberto. O lançamento de esgotos nos rios acarreta, ainda a propagação de doenças causadas por vermes, bactérias e vírus.

• Pesticidas

Pesticidas ou praguicidas são os produtos químicos utilizados no combate às pragas animais ou vegetais que prejudicam o homem e as plantas cultivadas. Dependendo das pragas a que se destinam, os praguicidas podem ser denominados: *inseticidas, fungicidas, herbicidas, raticidas, acarícidas, nematocidas, etc.* Considerando o estágio atual de desenvolvimento da humanidade e a carência de alimentos, seria utopia a abolição total dos praguicidas, em determinadas circunstâncias. Na verdade, de certa maneira, essas substâncias podem ser entendidas até como avanço técnico a serviço dos meios de subsistência da humanidade. Entretanto, sempre que possível, devem ser substituídos por outros métodos de combate às espécies nocivas, como por exemplo, o controle biológico. Um grande problema do uso de pesticidas reside nos deploráveis abusos praticados pelo homem. Aqui vale a mesma observação aplicada a muitos medicamentos: o limite entre o veneno e o remédio está na dosagem aplicada. De fato, os inseticidas, por exemplo são como frequência utilizados em doses muito superiores às que-las necessárias; inúmeras vezes, ainda, os alimentos são colhidos e colocados para consumo antes que o inseticida perca seu efeito tóxico. O mau emprego desses produtos, portanto esta provocando o envenenamento maciço dos nossos alimentos, com conseqüências potencialmente desastrosas para o organismo humano.

“Na Ásia a aplicação de inseticidas em culturas de arroz praticamente exterminou os peixes das áreas vizinhas. Assim, o aumento da disponibilidade de carboidratos, fornecidos pelo arroz, acarretou uma forte diminuição na disponibilidade de proteínas animais, fornecidas pelos peixes.

• Radioatividade

A poluição radioativa tem-se tornando motivo de grande preocupação desde a última Guerra Mundial, uma vez que seus afeitos podem causar sérios danos às populações vegetais e animais nas mais diversas regiões da Terra. Os produtos radiativos podem ser lançados no meio ambiente através de explosões atômicas ou das águas utilizadas para o resfriamento dos reatores nas usinas nucleares ou, ainda, pelos detritos atômicos formados nessas usinas. Entre os vários poluentes radiativos, um dos mais perigosos é o *estrôncio 90*, que, além de apresentar uma meia vida relativamente alta (meia-vida é o intervalo de tempo no qual a metade de um conjunto de átomos radiativos perde a capacidade de emitir radiatividade), é um elemento metabolizado pelo organismo de forma semelhante ao cálcio. Como “imitador” do cálcio, o estrôncio 90, que pode ser adquirido pela ingestão de leite e ovos contaminados, aloja-se nos ossos, próximo à medula. A radiatividade emitida pode alterar a atividade da medula óssea na produção de células sanguíneas, com o perigo de levar o indivíduo a uma forte anemia ou adquirir leucemia. O iodo radiativo (1129; 1131) aloja-se principalmente na tireóide, reduzindo-lhe a atividade, além de provocar processos de cancerização nessa glândula. Entende-se por que, no vazamento da usina nuclear de Chernobyl (União Soviética), em abril de 1986, foi proibido o consumo de leite natural e de determinados legumes não só na área diretamente afeta-

da, mas também em países vizinhos, como a Polônia e a Itália. Muitos europeus passaram a ingerir iodo comum juntamente com a água. Essa substância aloja-se na tireóide, “saturando-a” e diminuindo a possibilidade de concentração do iodo radiativo na glândula.

Texto complementar

O perigo da radioatividade pôde ser tristemente comprovado no Brasil, em setembro de 1987. Uma bomba de césio (equipamento usado para tratamento de câncer), abandonada nas antigas instalações de uma clínica, no centro de Goiânia, foi aberta a golpes de marreta num ferro-velho. A fonte radiativa, uma pequena pastilha com pó de césio 137, ficou exposta durante vários dias e foi intensamente manuseada, contaminando mais de duzentas pessoas. Cerca de vinte adoeceram gravemente e algumas delas morreram. Muitas áreas da cidade ficaram contaminadas e várias casas tiveram até de ser demolidas. Os elementos radiativos, entretanto, quando bem manipulados, podem ser muito úteis ao homem. Assim, o césio 137 e o cobalto 60 são muito utilizados em equipamentos para tratamento de tumores cancerosos ou em bombas que se prestam à esterilização de insetos nocivos à agricultura.

• Petróleo

O efeito da população pelo petróleo pode ser ilustrado pelo naufrágio do petroleiro liberiano *Amoco-Cádiz*, na noite de 16 de março de 1978 na costa norte da Espanha. Esse petroleiro liberou cerca de 220.000 toneladas de petróleo no mar. Uma camada de óleo sobrenadante de 1 cm de espessura basta para reduzir a capacidade de penetração de luz na água de cerca de 200 metros para cerca de 20 metros, afetando significadamente a atividade fotossintetizante das algas situadas nas regiões mais profundas. A mancha negra dificulta a oxigenação da água, provocando a morte de inúmeras formas de vida aeróbica por asfixia. O petróleo adere às brânquias de peixes e de outros animais aquáticos, impedindo a difusão do O₂ para seus vasos sanguíneos. As aves marinhas piscívoras, ao entrarem em contato com o óleo perdem o “colchão” de ar retido entre as penas, fato que representa a perda de um meio de proteção contra o frio. Além disso, com as penas molhadas, não podem mais se deslocar à cata de alimentos; na tentativa de se desembaraçarem do óleo, ingerem-no, morrendo intoxicadas. Ostras e mariscos são duramente atingidos, em conseqüência do entupimento dos dispositivos de filtragem. O fitoplâncton envenenado transfere o óleo, através da cadeia alimentar, intoxicando os demais níveis tróficos.

• Metais pesados

Entre os metais pesados, destacaremos inicialmente o *mercúrio*. O envenenamento geralmente ocorre pela ingestão de sais solúveis de mercúrio, como o HgCl₂ (cloreto de mercúrio) ou pela inalação de vapores mercuriais.

Uma das maiores tragédias causadas pela população por mercúrio ocorreu na baía de Minamata (Japão) na década de 50. Nessa baía foram lançados dejetos contendo mercúrio, que, através da cadeia alimentar (algas → peixes → homem) atingiu nos seres humanos a proporção de até 300 ppm (a partir de 50 ppm aparecem os primeiros sintomas de envenenamento). As pessoas afetadas foram qualificadas de “legumes humanos”: ficaram cegas, com mãos e pés retorcidos, o corpo esquelético e o sistema nervoso deteriorado. Muitas crianças, afetadas durante a gestação, nasceram anormais. Outros sintomas observados consistem na presença de gengivas ulceradas, tremores de pálpebras, lábios, língua, mandíbulas e membros e, às vezes, gangrena das extremidades. Outro elemento metálico que constitui um sério poluente é o **chumbo**. O acúmulo de chumbo no organismo acarreta uma doença denominada *saturnismo*. O indivíduo portador dessa doença apresenta perturbações nervosas, nefrites, crônicas, paralisia cerebral e confusão mental, além de ter síntese de hemoglobina afetada, o que provoca anemia. Por vezes a intoxicação pelo chumbo afeta duramente o sistema digestivo, resultando em cólicas, vômitos, náuseas, espasmos intestinais e perda de peso.

• Detergentes

São produtos químicos capazes de colocar, em suspensão ou em solução, certas partículas que aderem a uma determinada superfície. Aparecem nas águas naturais como resultado das lavagens domésticas e industriais diversas. Muitas vezes provocam a formação de espumas brancas conhecidas como “*cisnes-de-detergentes*” que reduzem a penetração de O₂ na água, afetando as diversas formas aeróbicas aquáticas. Em contato com as penas das aves, podem remover-lhes a secreção gordurosa que impede que o animal se molhe. Destituídas da gordura isolante protetora, as penas das aves molham-se em contato com a água, fazendo-as afundar e morrerem afogadas. Os detergentes ainda podem enriquecer as águas naturais com substâncias fosfatadas, favorecendo um processo de eutrofização. Mesmo os detergentes biodegradáveis contribuem para o aumento da população microbiana (como no caso da adição de qualquer outra substância orgânica), reduzindo a disponibilidade de O₂ na água e afetando as formas aeróbicas aquáticas.

• A interferência humana em comunidades naturais

Além de interferir nos ambientes através da produção de resíduos e poluentes, a humanidade tem alterado o equilíbrio dos ecossistemas, quando introduz espécies estranhas em ecossistemas naturais, ou leva inúmeras espécies à extinção. A interferência em comunidades equilibradas pode colocar em risco toda a intrincada trama de relações, que levou centenas ou milhares de anos para se estabelecer. Abaixo estão exemplificadas algumas dessas interferências humanas:

a) Desmatamentos

A expansão das terras cultivadas e o crescimento das cidades têm levado à destruição das florestas naturais. Calcula-se que o mundo perde, todo ano, enormes extensões de florestas tropicais. As matas são derrubadas, ou pior, são queimadas, prejudicando o solo e causando poluição atmosférica.

b) O problema do aguapé nas regiões quentes

O **Aguapé** (*Eichhornia crassipes*) é uma planta aquática originária da América do Sul, que foi introduzida em diversas regiões do mundo como planta ornamental. Em pouco tempo o aguapé escapou de controle e colonizou os ambientes selvagens. Rios do sul dos Estados Unidos, como o Mississipi, por exemplo, foram invadidos por aguapés, o que dificultou a navegação e causou enormes prejuízos. O aguapé se espalhou também pela Indonésia, pelas Filipinas, pela Austrália, além de diversas ilhas do Pacífico, Indochina, Índia e Ceilão. Enormes somas em dinheiro tem sido gastas na tentativa de eliminar, ou pelo menos controlar, a expansão do aguapé em diversas regiões do mundo.

c) A introdução do coelho na Austrália

O coelho europeu *Oryctolagus cunicuius* é originário das regiões mediterrâneas. Em 1859, 24 casais de coelhos foram levados à Austrália, onde encontraram um ambiente extremamente favorável, com comida farta e praticamente nenhum parasita ou predador que regulasse o tamanho da população, apenas 18 anos depois de sua introdução, em 1877, a população de coelhos havia atingido um tamanho tão grande que os australianos moveram uma enorme caçada.

Naquela ocasião foram abatidos 20 milhões de animais, mas, mesmo assim, não se conseguiu controlá-los. Os coelhos devastaram as pastagens, deixando as ovelhas sem alimento e causando prejuízos incalculáveis à economia do país.

Em 1950 foi introduzido na Austrália um vírus causador de uma doença de coelhos, a **mixomatose**. Esse vírus não representava perigo para as espécies nativas, atacando somente coelhos e umas poucas espécies de lebres. O vírus da mixomatose é transmitido por mosquitos sugadores de sangue. Como a população de coelhos era enorme, o vírus se espalhou rapidamente, causando a morte de 99% dos animais existentes. Muitos dos coelhos sobreviventes, no entanto, mostraram-se resistentes ao vírus, e essa condição está sendo transmitida à descendência. O vírus originalmente introduzido era tão fatal que os coelhos infectados morreram rapidamente, antes de transmitirem a doença. Com isso, os vírus mais violentos morreram com seus hospedeiros, antes de se espalhar, enquanto as linhagens menos letais, causadoras de uma forma mais branda da doença, passaram a ser beneficiadas pela seleção natural. Ao mesmo tempo, coelhos com maior resistência ao vírus passaram a proliferar, o que tem novamente levado a população de coelhos a crescer assustadoramente.

d) Extinção de espécies

Assim como a introdução de novas espécies, a extinção também pode causar sérios distúrbios ao equilíbrio de um ecossistema. Embora o fenômeno da extinção de espécies seja comum na natureza, a extinção recente de um grande número de espécies é consequência da atividade humana. A destruição de seus habitats e a caça e a pesca excessivas, denominadas **caça e pesca predatórias**, tem levado inúmeras espécies à extinção. O tamanho mínimo que uma população tem de atingir para não se extinguir varia de espécie para espécie. Ele depende da sua capacidade reprodutiva, da sua vulnerabilidade às influências do meio e da duração de seu

ciclo vital, entre outras coisas. Das espécies que o homem caça atualmente, muitas estão ameaçadas de extinção, uma vez que suas populações já estão atingindo o limite de tamanho mínimo necessário para sua manutenção. Outras, mesmo que a caça pare imediatamente, já não terão capacidade de se recuperar e fatalmente, se extinguirão.

e) Caminhos e perspectivas

Fala-se que a espécie humana, por agredir a natureza, está a caminho da autodestruição. Será que corremos riscos reais de catástrofes causadas pela poluição, ou de se esgotarem as fontes de energia e outros importantes recursos naturais? Jornais e revistas disparam informações desencontradas. A maioria dos estudiosos acredita que a humanidade se encontra muito perto de provocar danos irreparáveis ao planeta. De vez em quando, porém, alguns proclamam que os alertas dos ecologistas são exagerados e que a humanidade saberá solucionar todos os problemas que criar. Em quem acreditar?

Em primeiro lugar, é preciso ficar claro que a espécie humana não pode sobreviver senão explorando os recursos do ambiente. Temos, necessariamente, de matar para viver. Ao comer plantas e animais, deles extraímos energia e matéria-prima para nossa vida. Além disso, temos de combater as espécies que nos causam doenças (bactérias, fungos, vermes, insetos, etc.) e também aquelas que competem conosco pelo alimento (parasitas e predadores de nossas lavouras e rebanhos).

f) Alternativas energéticas

A civilização moderna está voltada para um alto consumo de energia. Atualmente, a maior parte da energia empregada nas sociedades industrializadas provém de combustíveis fósseis: carvão e petróleo. Os combustíveis fósseis são **recursos não renováveis**, isto é, que se esgotarão em um futuro relativamente próximo, e sua duração depende de como forem utilizados e economizados. Enquanto isso a humanidade precisa pesquisar formas alternativas de produção de energia. A **energia hidroelétrica** é uma das formas mais “limpas” de produzir energia, mas também não deixa de produzir impacto sobre o ambiente, uma vez que é necessário desviar cursos de rios e alagar regiões para construir as usinas hidroelétricas, o que pode provocar alterações no clima e levar à extinção comunidades que habitam a região alagada. A **energia nuclear** tem-se revelado perigosa. Não se pode ignorar a gravidade dos acidentes nucleares, dos quais a Usina de Chernobyl, na ex-União Soviética, é o mais recente exemplo.

A produção de combustíveis renováveis, como o álcool e o biogás (metano) obtidos através da fermentação, constituem alternativas viáveis para suprir parte da demanda energética. A **energia solar** é uma das maiores esperanças da humanidade. Ainda em fase de estudos, a energia solar não é utilizada em larga escala, mas as pesquisas indicam possibilidades promissoras, a médio prazo. A natureza pode suportar a atividade exploradora do homem, desde que ele não ultrapasse certos limites. Teoricamente a humanidade pode viver em harmonia com o ambiente. O que se vê, porém, é flagrantemente o contrário; os problemas da humanidade parecem aumentar vertiginosamente, e nada parece capaz de deter a marcha da

destruição do ambiente natural. Muitos ainda não se deram conta da gravidade e da extensão dos danos causados à natureza, mas, dentro de pouco tempo, a defesa do ambiente natural será uma das prioridades de todos os povos.

g) Controle biológico

O controle biológico é uma técnica utilizada para combater espécies que nos são nocivas, reduzindo os prejuízos causados por elas. Comumente, esse método consiste em introduzir no ecossistema um inimigo natural (predador ou parasita) da espécie nociva, para manter a densidade populacional dessa espécie em níveis compatíveis com os recursos do meio ambiente. Quando bem planejado, o controle biológico acarreta evidentes vantagens em relação ao uso de agentes químicos, uma vez que não polui o ambiente e não causa desequilíbrios ecológicos.

O controle biológico aplicado sem um estudo prévio do comportamento biológico das espécies envolvidas pode acarretar sérios distúrbios no equilíbrio natural de um ecossistema. Na Jamaica, por exemplo, em 1872 introduziu-se o **mangusto** (mamífero carnívoro) para combater ratos que causavam grandes prejuízos às plantações de cana-de-açúcar. O **mangusto**, entretanto cumpriu bem demais o seu papel de predador nato. Praticamente dizimou não só os ratos, como também populações diversas de outros mamíferos, além de aves terrícolas, répteis e crustáceos, alterando a harmonia do ecossistema em questão. Para completar, os poucos ratos que conseguiram sobreviver adaptaram-se à vida arborícola e acabaram constituindo uma população que voltou a causar danos significativos à cultura canavieira. Outro exemplo célebre de controle biológico mal sucedido ocorreu na Austrália em 1859. Foram introduzidos nesse continente alguns caçóis de coelhos, com o propósito de se combater ervas daninhas que infestavam certas regiões. Os coelhos, porém, não encontraram predadores e parasitas capazes de promover a regulação de sua população; proliferaram intensamente, devastaram as ervas daninhas e também as pastagens que serviam de alimento ao gado, grande fonte de riqueza do continente. Os coelhos aparentemente inofensivos, tornaram-se o maior flagelo que a Austrália havia conhecido até então. Em 1950, a Austrália importou vírus causadores da mixomatose, uma doença que se manifesta apenas em coelhos e algumas lebres. Graças a esse vírus, a população de coelhos da Austrália acha-se atualmente em equilíbrio, sendo, portanto, mantida dentro de uma densidade considerada tolerável em relação aos recursos da região.

“O crescimento na produção de trigo está sendo acompanhado por uma maior utilização do controle biológico do pulgão, uma das principais pragas que atacam essa cultura. Os agricultores que decidiram investir mais na lavoura descobriram nessa tecnologia uma forma de cortar despesas e aumentar a produtividade. O controle biológico do pulgão é feito por meio do uso de vespas, que colocam seus ovos dentro do pulgão. Dos ovos eclodem larvas que em dez dias tomam conta do corpo da praga, provocando sua morte. Durante seu período de vida (uma semana) uma vespa coloca em média

trezentos ovos em pulgões, multiplicando-se rapidamente e seguindo a praga pelas plantações.

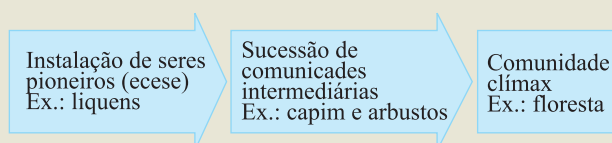
Assim, sem gastar nada, os agricultores podem controlar os pulgões e reduzir sensivelmente seus gastos com inseticidas. No Rio Grande do Sul, onde em toda a área plantada com trigo (1 milhão de hectares) essa técnica está sendo utilizada, os triticulores conseguiram diminuir em 95% as pulverizações.”

Para exercitar

- 50) (UERJ) Periodicamente, observa-se que as matas que cobrem os morros do Rio de Janeiro sofrem incêndios. Com o passar do tempo, constata-se a regeneração da parte degradada, que, em geral, inicia-se com capins e ervas e completa-se com o desenvolvimento de arbustos e árvores. Esse processo de ocupação é conhecido por:
- sucessão ecológica.
 - comunidade clímax.
 - ciclo do carbono.
 - fluxo energético.
 - teia alimentar.
- 51) (UNEB-BA) Quando provocamos uma queimada numa mata e abandonamos a mata a si mesma, iremos notar que depois de um certo tempo a mata se reconstitui. Esse processo se dá em etapas. Sobre essas etapas é correta a seguinte afirmação:
- inicialmente aparecem arbustos, depois árvores e, por fim, quando já houver sombra e umidade suficientes, capim e ervas.
 - o aparecimento inicial do capim forma uma cobertura no solo, tornando-o frio e úmido, o que permite o aparecimento de arbustos e, posteriormente, de árvores.
 - arbustos de porte intermediário entre capim e árvores são os primeiros a aparecer, preparando o solo para que capim e árvores germinem juntos.
 - capim e ervas são os primeiros a aparecer, morrendo quando os arbustos chegam e reaparecendo depois, para preparar o solo para a chegada das árvores.
 - logo após a queimada, o solo está muito quente e seco, o que leva ao aparecimento de cactáceas, adaptadas à falta de água; algum tempo depois, virão os arbustos e as árvores, seguidos de ervas e capim.
- 52) (Unesp-SP) Considere as afirmativas:
- Sucessão ecológica é o nome que se dá ao processo de transformações graduais na constituição das comunidades de organismos.
 - Quando se atinge um estágio de estabilidade em uma sucessão, a comunidade correspondente é a comunidade clímax.
 - Numa sucessão ecológica, a diversidade de espécies aumenta inicialmente, atingindo o ponto mais alto no clímax, estabilizando-se então.
 - Numa sucessão ecológica ocorre aumento de biomassa.
- Assinale:
- se todas as afirmativas estiverem incorretas.
 - se todas as afirmativas estiverem corretas.
 - se somente as afirmativas 2 e 3 estiverem corretas.
 - se somente as afirmativas 1 e 4 estiverem corretas.
 - se somente a afirmativa 4 estiver correta.
- 53) (UFMG) No início de um processo de sucessão em uma rocha nua é fundamental o papel de organismos que produzem ácidos e que, gradualmente, abrem fendas nas superfícies das rochas. Por acúmulo de poeiras carregadas pelos ventos, forma-se, então, um solo simples que favorecerá a colonização por outros seres vivos. Os organismos que favorecem a abertura das fendas são:
- algas verdes.
 - capins.
 - liquens.
 - musgos.
 - samambaias.
- 54) (FMABC-SP) Uma floresta nativa de *Araucária* foi substituída pelo homem por uma cultura de *Pinus*. A curto prazo é de se esperar que nessa nova comunidade a diversidade de espécies animais, em relação à anterior:
- aumente, já que o espaço pode ser melhor distribuído entre as diferentes espécies.
 - aumente, já que as monoculturas suprimem a ocorrência de sucessão ecológica.
 - diminua, já que o número de nichos ecológicos também diminui.
 - diminua, já que a produção primária reduz-se acentuadamente.
 - não se altere, já que a produção primária permanece a mesma ou pode até aumentar.
- 55) (UFES) A utilização de pesticidas pelo homem:
- Provoca a destruição de numerosas espécies úteis ou indiferentes e o empobrecimento dos ecossistemas;
 - É o único recurso disponível para o controle de pragas na agricultura;
 - Leva ao aparecimento de espécies resistentes, que são cada vez mais difíceis de eliminar;
 - É uma das maneiras de eliminar pragas sem alterar o equilíbrio ecológico, uma vez que os pesticidas atuam diretamente sobre os organismos que se deseja eliminar.
- Assinale:
- se I e II forem corretas.
 - se II e III forem corretas.
 - se II e IV forem corretas.
 - se I, III e IV forem corretas.
 - se I, II e IV forem corretas.
- 56) (UNEB-BA) Na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, ocorrida no Rio de Janeiro em junho de 1992, uma das questões seriamente discutidas foi o Tratado da Biodiversidade. O principal ponto dessa difusão caracteriza-se:
- pelo controle da poluição atmosférica.
 - pela manutenção do patrimônio genético.
 - pela contenção da explosão demográfica.

Quadro síntese

- A sucessão ecológica numa região desabitada pode ser esquematizada do seguinte modo:



- As sucessões primárias ocorrem em locais onde não há vida (rocha nua, por exemplo); as secundárias correspondem a uma recolonização de uma região previamente habitada (um campo de cultura abandonado, por exemplo).
- Ao longo da sucessão há um aumento da biomassa, da diversidade de espécies e da complexidade das teias alimentares, o que pode estar relacionado à maior estabilidade da comunidade clímax, tornando-a, por exemplo, mais resistente ao ataque de pragas.
- Veículos e indústrias lançam no ar: monóxido de carbono, que se combina à hemoglobina impedindo o transporte de oxigênio; óxidos de enxofre e nitrogênio que causam doenças respiratórias e chuvas ácidas; metais pesados, que se acumulam no organismo; substâncias cancerígenas, etc. Esta situação é agravada ainda mais durante a inversão térmica.
- Algumas soluções para o problema da poluição do ar: instalação de filtros antipoluentes nas indústrias e de catalisadores nos veículos; instalação de áreas verdes em centros urbanos; estímulo ao uso de transportes coletivos e de combustíveis e formas de energia menos poluentes.
- Esgotos sem tratamento contaminam a água e provocam a eutrofização. Isto ocorre quando o excesso de nutrientes estimula a reprodução de algas e bactérias, que consomem o oxigênio dissolvido na água. A falta de oxigênio e a produção de gases tóxicos por decomposição anaeróbia determinam a morte de peixes e outros organismos aeróbios. A intoxicação dos seres aquáticos e do próprio homem pode ser provocada também por metais, petróleo e pesticidas que se concentram ao longo da cadeia alimentar.
- A interdição dos despejos com pesadas multas às indústrias poluidoras, a construção de estações de tratamento de água e esgotos, a proibição do lançamento de produtos petrolíferos no mar e o uso correio de pesticidas são algumas das medidas que devem ser tomadas para evitar a poluição da água.
- O desmatamento, a substituição da mata original pela lavoura e o pastoreio excessivo aceleram a erosão, promovendo o esgotamento do solo e o assoreamento dos rios. As monoculturas também contribuem para o esgotamento do solo e para a proliferação de pragas. O controle das pragas por agrotóxicos pode contaminar a fauna e o próprio homem, além de destruir animais úteis (polinizadores e predadores das pragas) e levar à seleção de pragas resistentes.
- A erosão pode ser diminuída com técnicas de conservação do solo (rotação de culturas, culturas em terraço, etc.) e com a preservação de certas regiões com a vegetação natural. Os pesticidas devem ser usados de forma controlada e em conjunto com o combate biológico e o desenvolvimento de plantas resistentes às pragas.
- O lixo urbano polui e contamina a Terra. A melhor solução para o problema consiste em separar papéis, plásticos, vidros e metais do lixo orgânico para a reciclagem e promover a decomposição da matéria orgânica nas usinas de compostagem (que podem produzir adubos) ou nos biodigestores (que podem produzir gás combustível). É importante também promover campanhas contra o desperdício de materiais domésticos, água e energia.
- Vazamentos em usinas nucleares produzem um aumento da radiatividade no ambiente, ampliando a taxa de mutações e provocando anomalias genéticas e doenças, como o câncer. O uso de outras formas de energia (como a hidrelétrica, nos países onde isso é possível) e a participação da sociedade – particularmente da comunidade científica de um país – nas decisões sobre construção de usinas e destino dos resíduos são algumas das medidas para controlar a poluição radiativa.
- Além de causar danos ao aparelho auditivo, a poluição sonora aumenta o estresse, gerando uma série de doenças. É necessário um planejamento urbano adequado, que deixe o tráfego pesado e aeroportos longe das zonas residenciais.
- As espécies selvagens representam um banco genético importante para melhorar a qualidade das espécies domésticas, além de servir para a produção de medicamentos, alimentação, estudo e manutenção do equilíbrio ecológico. Por isso, devemos impedir a caça descontrolada e o uso indiscriminado de pesticidas, além de preservar parques e reservas e promover campanhas educativas de respeito para com a natureza.

Os biomas aquáticos

1- Os oceanos

Os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície da Terra, constituindo o maior ambiente natural do nosso planeta. A profundidade média dos oceanos é de aproximadamente 4 km, e a profundidade máxima já registrada é de aproximadamente 11 km, na fenda das Marianas (Oceano Pacífico).

Os oceanos, quando comparados ao ambiente terrestre, apresentam menor variação nos fatores abióticos. Entre eles, os mais importantes são: *temperatura, salinidade, correntes, penetração de luz* e *nutrientes minerais*.

2- Fatores abióticos

2.1- Temperatura

A temperatura superficial da água varia de acordo com as estações do ano e com a latitude. Essa variação, no entanto, é menor que a observada para o ambiente terrestre, pois os oceanos retêm maior quantidade de calor, liberando-o mais lentamente que a terra.

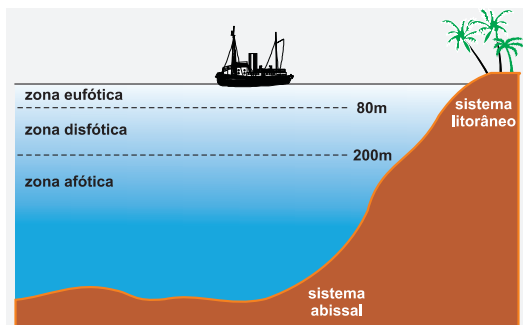
A temperatura da água tende a diminuir com a profundidade, sendo que nas águas profundas a temperatura é mais ou menos constante e fica em torno de 2,5°C.

2.2- Salinidade

A água do mar contém sais dissolvidos em porcentagens e quantidades diferentes das encontradas em água doce.

Esses sais apresentam-se dissolvidos na água em forma de íons. Mais de $\frac{3}{4}$ dos íons dissolvidos na água do mar correspondem aos íons de cloro (Cl^-) e de sódio (Na^+). A salinidade da água do mar, medida em função desses íons é, em mar aberto, da ordem de 35 partes por mil. Em regiões de mar aberto, em função da influência dos rios e das chuvas.

2.3- Correntes



A zona eufótica vai da superfície à profundidade de 80 metros. Por ser bem iluminada, é o local habitado pelos seres autótrofos (clorofilados). Na zona disfótica, mal iluminada, as plantas verdes são raras. Na zona afótica (do grego a, "sem", fotos "luz") só se encontram seres heterótrofos.

As correntes marinhas resultam da ação combinada dos fatores: ventos, rotação da Terra e diferentes densidade da água em função da temperatura e da salinidade. As águas mais frias e mais salinas são mais densas e tendem a afundar, enquanto as águas mais quentes e com menor salinidade são menos densas e tendem a subir.

As principais correntes oceânicas contribuem para a dispersão dos organismos marinhos e exercem papel importante no clima.

2.4- Penetração de luz

Em função da penetração de luz nos oceanos, é possível distinguir três zonas principais:

- **Zona eufótica: "bem iluminada"** e rica em animais e em algas que realizam a fotossíntese. O limite inferior dessa zona varia em função da turbidez da água. Em regiões de pequena turbidez, como ocorre em alto-mar, a zona eufótica estende-se até 200 m de profundidade.
- **Zona disfótica: "pouco iluminada"**. À medida que a luz penetra na água, ocorre absorção dos comprimentos de onda longos, como os correspondentes ao vermelho e ao amarelo. Os comprimentos de onda curtos, como o verde e o azul, penetram mais profundamente na água. Por isso, a água é azul. Na zona disfótica, ocorre perda gradual desses comprimentos de onda, e a partir dela a escuridão é total. A fotossíntese ocorre principalmente na zona eufótica, estando ausente na escuridão total das profundezas oceânicas.
- **Zona afótica: "ausência total de luz"**. Ocorre a partir da zona disfótica e vai até o fundo dos oceanos.

2.5- Nutrientes minerais

Os oceanos apresentam baixa concentração de nutrientes minerais, que são fundamentais para o desenvolvimento de vida. Nas regiões próximas da costa, a concentração de nutrientes é maior, principalmente em virtude do desagendamento de rios, que trazem nutrientes da terra.

Em alto-mar, a concentração de nutrientes minerais é baixa, uma vez que grande parte deles encontra-se no fundo. Assim, há menor número de organismos em alto-mar do que em regiões próximas à costa. Em certos locais, entretanto, existem correntes, chamadas correntes de ressurgência, que trazem do fundo para a superfície parte dos nutrientes minerais ali acumulados. As águas superficiais ficam, então, enriquecidas, levando proliferação de algas fotossintetizantes e de animais. Nesses locais de ressurgência há grande abundância de peixes, como ocorre na costa do Peru e em menor intensidade no Brasil, na região de Cabo Frio, Rio de Janeiro.

3- Os organismos marinhos

Podem-se distinguir três grupos de organismos marinhos: **plâncton**, **nécton** e **bentos**.

O **plâncton** compreende organismos que vivem em suspensão na água, sendo carregados passivamente pelas ondas e correntes. Alguns organismos planctônicos, apesar de apresentarem movimentos próprios, não são capazes de superar a força das correntes e das ondas.

No plâncton, é possível identificar dois tipos de organismos:

- **Fitoplâncton:** são organismos capazes de realizar fotossíntese. Este grupo é representado pelas algas geralmente microscópicas, como, por exemplo, as **diatomáceas**.
- **Zooplâncton:** organismos heterótrofos representados por **foraminíferos**, pequenos crustáceos, larvas de muitos invertebrados e de peixes, cnidários, como pequenas medusas, entre outros.

O **nécton** corresponde os organismos capazes de nadar ativamente, conseguindo superar a forças das correntes. Está representado pelos peixes mamíferos aquáticos e moluscos cefalópodes (lulas).

O **bentos** compreende os organismos que estão associados ao substrato. Eles podem ser **fixos** (ou **sésseis**), como algas, ostras, cracas, ou mover-se sobre o fundo (**errantes**), como caramujos, siris, estrelas-do-mar e caramujos, entre outros.

Os termos **plâncton**, **nécton** e **bentos** também são empregados para organismos que vivem em água doce.

4- As principais zonas dos oceanos em relação à profundidade

Quanto à profundidade dos oceanos, podem-se distinguir cinco zonas: a **Interlitoral** ou **entremarés**, a **nerítica**, a oceânica ou **batial**, a **abissal** e a **hadal**.

A **zona entremarés** corresponde à região que sofre as flutuações das marés, ficando alternadamente exposta ao ar e recoberta pela água. Esta zona pode corresponder a uma praia arenosa, lodosa ou rochosa. Os animais e as plantas que aí vivem estão adaptados a essa alternância de exposição à água e ao ar.

A **zona nerítica** corresponde à região do mar situada sobre a plataforma continental. A profundidade dessa região aumenta gradativamente, podendo chegar a 200 m. Há grande riqueza em plâncton, em nécton e em bentos, sendo a zona de maior importância econômica. Grande parte dos cardumes de peixes utilizados na alimentação humana ocorre nessa zona.

A **zona oceânica** ou **batial** corresponde ao declive acentuado do fundo do mar, que ocorre após a plataforma continental, compreendendo as profundidades entre 200 m e 2.000 m. A luz penetra apenas na parte superior dessa região. As correntes oceânicas são reduzidas e a fauna é pobre.

A **zona abissal** corresponde às profundidades entre 2.000 m e 5.000 m, apresentando água uniformemente fria e com pouca movimentação. Não há penetração de luz e, portanto, não há vegetais, mas apenas animais e bactérias.

Durante muito tempo, pensou-se que nas regiões abissal e hadal não houvesse vida. Entretanto, pode-se verificar que nessas regiões há animais perfeitamente adaptados à condição de ausência de luz e de escassez de alimento.

Nos oceanos, plantas e animais mortos das camadas superiores da água caem como uma chuva lenta em direção ao fundo, fenômeno denominado **chuva de detritos**. Ao longo de seu trajeto, esse material vai sendo aproveitado por animais das camadas mais inferiores. Além disso, as bactérias iniciam a degradação dos organismos mortos. O material que não é aproveitado durante esse trajeto atinge finalmente as regiões abissal e hadal, servindo de alimento para os animais que aí vivem (saprófitas). Além dos animais saprófitas, existem ali também os predadores, que se alimentam de outros animais.

Os animais das regiões abissal e hadal tem tamanho pequeno: não medem mais que alguns centímetros. Apresentam boca ampla e um estômago dilatável, adaptações importantes à escassez de alimento, pois facilitam o aproveitamento das exíguas oportunidades de encontrar alimento. Apesar de alguns poucos animais serem cegos, a grande maioria apresenta bioluminescência (produção de luz) e olhos bem desenvolvidos e sensíveis à luz. Essas adaptações parecem estar relacionadas à maior facilidade de reconhecimento entre as espécies ou a um modo de assustar os inimigos ou, ainda, a uma maneira de atrair presas para alimentação.

Em 1977 foram descobertas comunidades abissais diferentes das comunidades até então conhecidas. Elas ocor-

rem entre 2000 e 4000 m de profundidade dos oceanos, desenvolvendo-se junto às chamadas **fontes termais** (thermal vents), formadas a partir de fendas existentes ou crosta terrestre, no fundo do mar. Essas fendas permitem a penetração da água do mar na rocha, favorecendo seu aquecimento a partir do calor interno da Terra. A água aquecida sobe e cai através de pequenos orifícios do assoalho marinho, formando as fontes termais. Essa água aquecida, ao subir, aquece toda uma região ao seu redor, juntamente com ela, sobem gases que são utilizados por bactérias quimioautotróficas para a fabricação de matéria orgânica. Ao redor desses **thermal vents** desenvolve-se toda uma comunidade especial, com grande número de indivíduos e com algumas espécies típicas representadas por indivíduos de grande porte, como é o caso de alguns bivalves.

Toda essa comunidade é sustentada, então, por organismos produtores não fotossintetizantes: é sustentada por bactérias quimiosintetizantes e não depende da matéria orgânica que “cai” das camadas mais superiores d’água.

A influência do ambiente físico no organismo

Vamos estudar a influência do ambiente físico na anatomia, na fisiologia e no comportamento de um organismo. Veremos que em cada ser vivo encontramos adaptações que ajudam sua sobrevivência em determinado ambiente físico.

Os seres que, de modo geral, toleram bem grandes variações dos fatores físicos são chamados *euribiontes* (*eurí* = largo; *bionte* = que vive). Eles possuem grande capacidade de adaptação e dispersão, ocupando ambientes variados em nosso planeta, como é o caso da espécie humana.

Os seres que não toleram grandes variações do meio, sendo encontrados apenas em certas regiões do planeta, são chamados *estenobiontes* (*esteno* = estreito). Isso acontece, por exemplo, com o pingüim, exclusivo das regiões geladas.

Os prefixos *eurí* e *esteno* podem ser usados também para designar o grau de tolerância dos organismos a cada um dos fatores físicos, como: temperatura – *euritérmico* ou *estenotérmico*, pressão – *euribárico* ou *estenobárico*; salinidade – *eurialino* ou *estenoalino*. Assim, o camelo – que tolera variações de temperatura que vão de 50°C de dia a 5°C à noite – é um bom exemplo de animal euritérmico.

1- Luz

Sem a luz do Sol não seria possível a vida na Terra, pois, como sabemos, é a partir da energia luminosa que as plantas fabricam a matéria orgânica que forma o corpo de todos os seres vivos. Essa energia é captada não apenas pelos vegetais terrestres, mas também pelas algas que vivem nos mares, rios e lagos.

Para o homem e para muitos outros animais a luz tornou-se, através da visão, a principal fonte de informações sobre o ambiente. A luz é tão importante que mesmo os peixes de grandes profundidades oceânicas, onde os raios solares não penetram, fazem uso da visão. Para tanto, ligam-se a bactérias capazes de emitir luz.

Outro fenômeno interessante é a capacidade que alguns seres apresentam de reagir ao *fotoperíodo* (duração relativa do período claro do dia). A germinação das sementes e o florescimento de certas plantas, bem como a migração e a muda (troca de penas) de certas aves, são algumas das atividades desencadeadas de acordo com o fotoperíodo. Essa adaptação permite ao animal sincronizar seus períodos reprodutivos ou seu desenvolvimento de acordo com as estações do ano. O fenômeno é chamado *fotoperiodismo*.

O Sol emite outras radiações além da luz visível, como os raios infravermelhos - que aquecem o planeta - e os raios ultravioleta - responsáveis, nos vertebrados, pela transformação da protovitamina D em vitamina D na pele. Entretanto, quando em excesso, esses raios podem ter efeitos prejudiciais, provocando problemas, principalmente em pessoas de pele mais clara.

Cuidado com a exposição ao Sol!

O câncer de pele é mais freqüente nas pessoas de pele clara, que possuem pouca melanina. Pigmento capaz de proteger a pele contra o excesso de raios ultravioleta, a melanina confere o tom bronzeado à pele. Por terem pouca melanina, as pessoas claras devem evitar exposição excessiva ao Sol e usar filtros solares contendo substâncias capazes de bloquear parte dos raios ultravioleta. Quanto maior a proteção da substância, maior o tempo que se pode ficar exposto ao Sol.

Entre 10 e 16 horas, porém, o Sol é bem mais perigoso, mesmo com o uso de filtros, devido à maior incidência de raios ultravioleta.

2- Temperatura

A temperatura é provavelmente o fator que mais restringe a possibilidade de vida no Universo, uma vez que a extraordinária organização que caracteriza um sistema vivo é destruída em temperaturas muito altas ou muito baixas.

Em temperaturas altas, as enzimas sofrem desnaturação (perdem a forma necessária para sua função), interrompendo as reações químicas que mantêm a vida (metabolismo). Em temperaturas muito baixas, as reações químicas diminuem de velocidade e o metabolismo pode ser interrompido. Além disso, ao congelar, a água aumenta de volume, rompendo a membrana da célula.

Através da evolução, os seres vivos foram adquirindo adaptações que aumentaram sua resistência ao frio e ao calor. Nesse aspecto, eles podem ser divididos em dois tipos: homeotérmicos e pecilotérmicos.

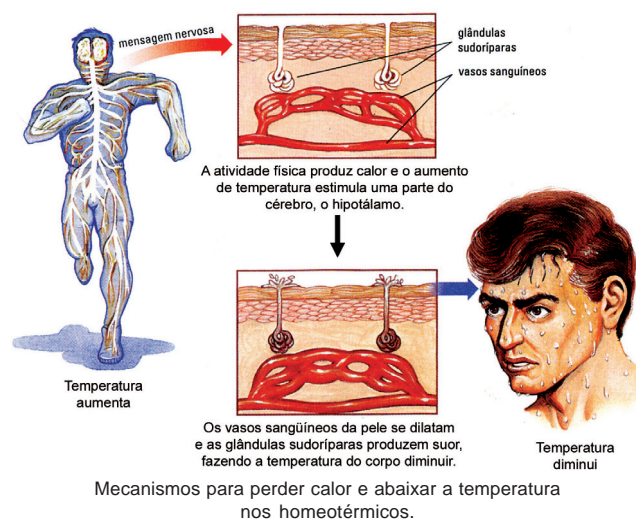
Os homeotérmicos

As aves e os mamíferos são dotados de mecanismos fisiológicos que mantêm praticamente constante a temperatura do corpo, apesar das variações térmicas do ambiente. Por isso, são chamados *Homeotérmicos chomeo* = o mesmo; *termo* = calor) ou, simplesmente, *animais de sangue quente*.

Nas aves, encontramos uma cobertura de penas e nos mamíferos, uma cobertura de pêlos. Ambas retêm uma camada de ar, funcionando como isolante térmico. Assim: no frio as penas e os pêlos ficam eriçados, aumentando a camada de ar e o isolamento térmico; no calor essas estruturas abaixam, diminuindo o isolamento térmico. Nos mamíferos, além dos pêlos

temos outro importante isolante térmico que é a camada de gordura da pele: quanto mais espessa é essa camada, maior é o isolamento, como ocorre nos animais de regiões muito frias.

Outra adaptação dos homeotérmicos é sua capacidade de aumentar ou diminuir a quantidade de sangue que passa pela pele. Se o volume de sangue que circula abaixo da pele aumentar, aumenta também a quantidade de calor que se perde por irradiação através da superfície da pele (figura abaixo). Isso ajuda a manter constante a temperatura dos órgãos internos quando a temperatura do corpo aumenta (devido ao aumento da temperatura do ambiente ou devido a exercícios físicos, que produzem calor). Em ambientes frios, ocorre o inverso: a circulação através da pele diminui.



A diminuição da circulação na pele pode ser acompanhada também de contrações involuntárias da musculatura (o animal treme de frio), o que aumenta a produção de calor.

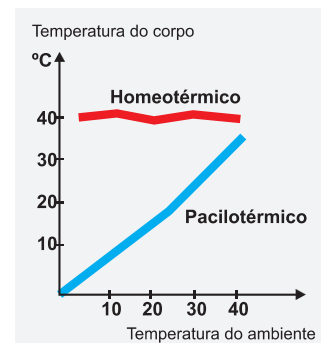
Em alguns mamíferos, como o homem, a perda de calor pela superfície é aumentada através da *sudorese* (produção de suor). Quando a temperatura do corpo aumenta, o suor é eliminado pelas glândulas sudoríparas. A água do suor, ao evaporar-se, absorve calor da pele fazendo o corpo esfriar (figura acima).

A velocidade de evaporação depende da umidade do ar: quanto menor a umidade do ar, mais rápida é a evaporação. Por isso, o calor em ambiente seco é mais suportável do que em ambiente úmido.

Outros mamíferos, como o cão, não possuem sudorese, mas compensam a falta com uma respiração ofegante, o que elimina grande quantidade de calor através da evaporação da água pelos pulmões.

Os pecilotérmicos

Excetuando as aves e os mamíferos, a maioria dos outros animais pode ser classificada como *pecilotérmicos*, também conhecidos como *poiquilotérmicos*, *heterotérmicos* ou simplesmente *animais de san-*



Enquanto os homeotérmicos mantêm sua temperatura constante, nos pecilotérmicos a temperatura do corpo varia de acordo com a do ambiente.

gue frio (poiquilo = variado). Um animal desse grupo não possui mecanismos fisiológicos tão eficientes quanto o dos homeotérmicos para o ajuste de sua temperatura interna. Neles, a temperatura varia de acordo com a do ambiente: se a temperatura cair muito, seu metabolismo pode cair a ponto de ele não conseguir energia para os movimentos (a velocidade das reações químicas da respiração celular, que fornecem energia ao organismo, diminui). Assim, o organismo permanecerá inativo, podendo até morrer.

Adaptações às regiões frias

Animais polares possuem uma série de adaptações ao frio. Além de suas camadas de pêlos ou penas serem mais espessas do que a dos animais de outras regiões, a camada de gordura sob a pele costuma ser bem mais grossa (nas focas ela chega a ter 7,5 cm de espessura). Isto permite um isolamento térmico também dentro da água, onde pêlos e penas não são eficientes (principalmente porque é a camada de ar retido entre eles que funciona como isolante).

Em muitos casos a migração serve como adaptação à vida nessas regiões: algumas aves e certos mamíferos que procriam nos pólos passam o inverno nas zonas temperadas, onde é mais fácil conseguir alimento.

O tamanho de um animal também pode representar uma adaptação a climas frios. Quanto maior o corpo de um animal, menor é a superfície relativa de perda de calor e vice-versa.

Por isso, animais homeotérmicos de pequeno porte, como o beija-flor, perdem muito calor através da pele e precisam gastar muito mais alimento e energia para manter sua temperatura.

Desta maneira, podemos concluir: quanto maior um animal homeotérmico, maior a sua capacidade de resistência ao frio. Isso explica por que animais que vivem no frio tendem a apresentar maior porte do que indivíduos da mesma espécie que vivem em ambiente quente.

Além disso, as “expansões” do corpo (orelhas e patas) nos representantes de clima frio são, em geral, menores, já que a maior superfície relativa dessas partes facilitaria a perda de calor do corpo, o que seria uma desvantagem em climas frios.

Ectotérmicos e endotérmicos

Os peilotérmicos podem usar recursos do ambiente para compensar, até certo ponto, as variações de temperatura do ambiente. Muitos deles se protegem do frio ou do calor escondendo-se em tocas ou permanecendo sob o solo nas horas mais quentes ou mais frias do dia; peixes e anfíbios mudam de águas mais profundas ou sombrias para águas mais rasas ou ensolaradas quando a temperatura abaixa; répteis mergulhadores concentram sangue no interior do corpo durante o mergulho e, com isso, diminuem a perda de calor pela superfície; muitos animais se enroscam ou se encolhem diminuindo a superfície de perda de calor; certas cobras incubam seus ovos com o calor produzido por contrações musculares semelhantes ao tremor dos mamíferos em momentos de frio

intenso; certas abelhas lacram a colméia em dias frios ou ficam batendo as asas para arejar o interior nos dias quentes. Finalmente, muitos répteis ficam se movimentando entre o Sol e a sombra, de forma a ganhar ou perder calor para o ambiente.

Por isso, atualmente é preferível classificar os animais em *ectotérmicos* - aqueles que usam a energia vinda de fora (do Sol) para controlar sua temperatura - e *endotérmicos* - que usam a energia de seu metabolismo, isto é, das reações químicas que ocorrem dentro do corpo para regular a temperatura corporal.

Observe que estamos diante de duas estratégias de sobrevivência diferentes. Os endotérmicos gastam mais energia que os ectotérmicos, já que uma parte do alimento é queimada apenas para fornecer calor ao corpo. Em compensação, estão sempre ativos em qualquer temperatura. Já os ectotérmicos conseguem sobreviver por longos períodos sem ingerir comida, uma vez que não precisam gastar energia do alimento para produzir calor. Em compensação, se a temperatura cair muito eles ficarão inativos.

A hibernação

Em épocas de muito frio, alguns mamíferos, como o morcego e a marmota, entram numa espécie de sono profundo. Enquanto dormem, seu metabolismo diminui muito: a frequência cardíaca e a respiratória ficam reduzidas e, embora sejam homeotérmicos, a temperatura do corpo cai bastante, podendo chegar a 2°C.

Através desse artifício - conhecido como *hibernação* - esses animais conseguem suportar as condições adversas do inverno, principalmente a escassez de comida. Com o metabolismo reduzido, o consumo de energia diminui e eles podem viver à custa da gordura armazenada em seu corpo.

Alguns mamíferos (como ursos, ouriços e esquilos) também dormem. Este “sono hibernal”, porém, não é considerado uma verdadeira hibernação, pois esses animais podem acordar de vez em quando para comer algum alimento armazenado. Além disso, a queda de temperatura de seu corpo é de apenas alguns graus e seu metabolismo continua mais alto do que o dos verdadeiros hibernantes.

Um fenômeno semelhante ao da hibernação - chamado de *estivação* - pode ocorrer durante o verão com alguns anfíbios e répteis.



Água

Além de dissolver substâncias orgânicas, facilitando as reações químicas do metabolismo dos seres vivos, a água participa de várias dessas reações. Ela é, por exemplo, a fonte principal de átomos de hidrogênio para a formação das moléculas orgânicas na fotossíntese.

A água é a substância mais abundante no corpo dos seres vivos, representando mais de 50% de sua constituição. Contribui inclusive para a estabilidade da temperatura interna do organismo.

Por isso, obter e manter um suprimento adequado de água é fundamental para qualquer organismo vivo, principalmente para os seres de vida terrestre.

A água e os animais terrestres

A vida teve início nos mares primitivos. A partir dos seres aquáticos surgiram novas formas de vida que invadiram a terra firme. Durante essa invasão, tiveram êxito apenas as formas capazes de resolver dois problemas fundamentais da vida no ambiente terrestre: obter água e não perdê-la.

A maioria dos animais resolve o problema de abastecimento de água simplesmente bebendo-a de rios, lagos e outras fontes de água doce, bem como aproveitando a água contida no próprio alimento.

No entanto, uma vez que os seres terrestres estão em contato com a atmosfera, eles tendem a perder água por evaporação através da superfície do corpo, o que pode provocar sua morte por desidratação. Por isso, a maioria dos animais terrestres possui algum tipo de proteção contra perda de água.

Nos invertebrados terrestres, a superfície do corpo está protegida da evaporação por um exoesqueleto impermeável, como o esqueleto de quitina dos artrópodes (insetos, crustáceos, aranhas, lacraias).

Alguns invertebrados terrestres não possuem exoesqueleto, mas vivem em lugares úmidos e mantêm a pele molhada com secreções produzidas por glândulas de muco, como em alguns platelmintos, anelídeos e moluscos.



Pele impermeável, respiração pulmonar e ovos com anexos embrionários: algumas adaptações que permitiram aos répteis evitar a perda de água e conquistar o meio terrestre.

No caso dos vertebrados terrestres, existe um tegumento impermeável de queratina com escamas (répteis), penas (aves) ou pêlos (mamíferos).

Na fase embrionária dos répteis e das aves, o embrião está protegido da desidratação pelo ovo terrestre com anexos embrionários, particularmente pelo âmnio (uma bolsa de água).

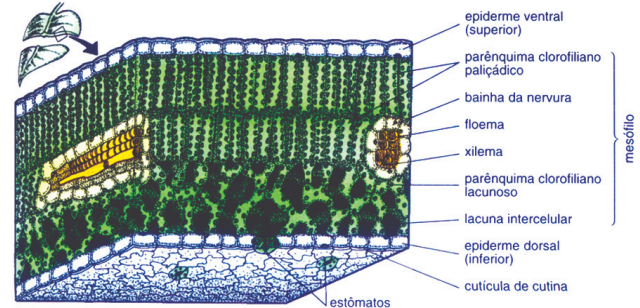
Com a impermeabilização da superfície, surge o problema da captura de oxigênio para a respiração. Esse problema é resolvido pela presença de um sistema respiratório formado por ramificações internas, protegidas da evaporação. É o caso das traquéias nos artrópodes e dos pulmões nos vertebrados.

Em relação aos anfíbios adultos, a pele é permeável e coberta por um muco que ajuda na obtenção de oxigênio. Por isso, geralmente esses animais vivem em lugares úmidos, o que evita a excessiva evaporação do muco.

A água e os vegetais terrestres

Os vegetais terrestres absorvem a água existente no solo através das raízes. Nesses vegetais, encontramos também uma superfície impermeável, que evita a desidratação. Nas plantas herbáceas, e também nas folhas e nos ramos terminais do caule de plantas lenhosas, existe uma camada impermeável de cutina. Nas partes mais antigas dos caules e das raízes de plantas lenhosas existe uma cobertura de várias camadas de células mortas, impregnadas de uma substância impermeável, chamada *suberina* (cortiça).

A impermeabilização das folhas dificulta a absorção de gás carbônico para a fotossíntese. O problema é resolvido com a presença de estruturas que se abrem de maneira controlada: são os *estômatos*, por onde entra gás carbônico e sai vapor de água (transpiração). Se a planta corre o risco de perder muita água (numa atmosfera quente e seca), os estômatos se fecham. Veja abaixo algumas adaptações das plantas à perda de água:



Uma epiderme com cutículas espessas, rica em substâncias impermeáveis ou com pêlos que retêm a umidade do ar, juntamente com a presença de estômatos dentro de cavidades contribuem para diminuir a perda de água por transpiração das plantas das regiões

Existem plantas – chamadas *higrófitas* (*higro* = úmido; *fito* = vegetal) – adaptadas a regiões úmidas, como a floresta Amazônica. E outras – chamadas *plantas xerófitas* ou *xerófitas* (*xero* = seco; *fito* = afinidade) – adaptadas a climas quentes e secos, como os desertos e as caatingas no Nordeste brasileiro.

As plantas xerófitas possuem: epiderme dotada de cutícula espessa, rica em ceras impermeabilizantes ou em pêlos que ajudam a reter a umidade do ar, diminuindo a transpiração; estômatos pequenos dentro de cavidades da folha (criptas), o que também diminui a perda de água por transpiração; raízes muito desenvolvidas, que aproveitam a água das chuvas; tecidos especiais que armazenam água (parênquimas aquíferos). Em alguns casos, como nos cactos, as folhas são transformadas em espinhos, diminuindo a superfície relativa da planta e, conseqüentemente, a perda de água por evaporação. Além disso, os espinhos protegem a planta dos animais que a procuram pelas suas reservas de água.

Populações naturais

O estudo da dinâmica das populações naturais é importante na ecologia, para que possamos compreender o que ocorre nos ecossistemas em equilíbrio.

Para avaliar o desenvolvimento de uma população, é preciso conhecer certos atributos que lhe são típicos: densidade, taxas de natalidade e mortalidade e taxas de imigração e emigração.

Aspectos de uma população

Vamos estudar os seguintes aspectos básicos de uma população: *densidade, taxas de natalidade e de mortalidade, taxas de imigração e emigração.*

Considera-se *densidade* a relação entre o número de indivíduos que compõem determinada população e o espaço ocupado por eles.

A título de exemplo, podemos considerar o censo de 1991 no Brasil, que revelou, para a espécie humana, uma densidade de cerca de 17 habitantes por km².

A *taxa de natalidade* indica a proporção de novos indivíduos adicionados à população através de nascimentos. A taxa de mortalidade, ao contrário, mostra a proporção de perda de indivíduos em razão de mortes.

As *taxas de imigração e emigração* indicam, respectivamente, a proporção de indivíduos que entram na população e a proporção de indivíduos que saem dela em direção a outras áreas.

A *natalidade* e a *imigração* são fatores que contribuem para o *aumento da densidade populacional*. Em contrapartida, a *mortalidade* e a *emigração* contribuem para a *diminuição da densidade populacional*.

Assim, uma população estará em crescimento quando os fatores que contribuem para o aumento da densidade (natalidade e imigração), somados, sobrepujarem os fatores que contribuem para a diminuição da densidade (mortalidade e emigração). Em caso contrário, a população estará em *declínio*. Quando os fatores mencionados se equivalem, a população é considerada em *equilíbrio*. Veja o esquema a seguir:

FATORES LIMITANTES DO CRESCIMENTO POPULACIONAL

natalidade + imigração > mortalidade + emigração

população em crescimento

natalidade + imigração < mortalidade + emigração

população em declínio

natalidade + imigração = mortalidade + emigração

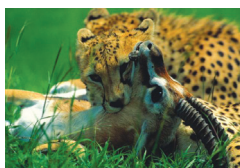
população em equilíbrio

Na natureza observa-se normalmente que o número de componentes de uma determinada população mantém-se mais ou menos constante. Acontece que, conforme veremos melhor adiante, todas as populações apresentam capacidade de aumentar numericamente, desde que as condições ambientais sejam favoráveis.

A constância numérica observada deve-se à ação conjunta dos chamados *fatores limitantes* do crescimento, como: predatismo; parasitismo; competição; disponibilidade de alimento e espaço; condições climáticas. Destacaremos, neste capítulo, a ação limitante do predatismo, do parasitismo e da competição.

Predatismo

O *predatismo* compreende a interação ecológica que se estabelece entre uma espécie *predadora* e outra espécie denominada *presa* (figura ao lado).



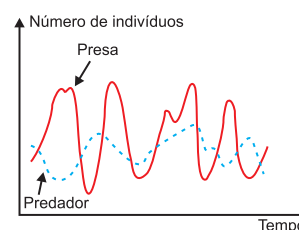
Os predadores caracterizam-se pela capacidade de capturar e destruir fisicamente as presas, com objetivos alimentares. Embora o predador possa exercer um efeito fortemente limitante sobre as presas, podendo levá-las à extinção,

é comum o predador atuar apenas como *regulador*, contribuindo para manter a população de presas num estado de equilíbrio. A ação dos predadores evita que as presas entrem em superpopulações, fato que poderia levá-las à morte pela fome, de forma mais significativa que a própria ação predadora. Além disso, os predadores também promovem uma *ação seletiva*, uma vez que as presas capturadas são, muitas vezes, aquelas que apresentam menor capacidade de fuga devido a estados de doença, velhice e outros fatores.

Em geral, o elevado número de presas propicia um aumento no número de predadores, que encontram farto alimento no ambiente. Em consequência, o número de presas diminui que acarreta uma redução na população predadora. Isso, por sua vez, permite a posterior recuperação da população de presas, que se eleva, e assim sucessivamente.

Dessa maneira, as duas populações – de predadores e de presas – geralmente não se extinguem e nem entram em superpopulação, permanecendo em *equilíbrio* no ecossistema.

O gráfico ao lado mostra como uma população de predadores e outra de presas podem manter-se em equilíbrio na natureza:



Diferenças entre presa e predador

De uma maneira geral, podemos estabelecer algumas diferenças entre predadores e presas, como você pode ver no quadro a seguir:

	Predador	Presa
Porte	Maior	Menor
Longevidade	Maior	Menor
Taxa de reprodução	Menor	Menor

Parasitismo

O *parasitismo* consiste na interação ecológica entre uma espécie denominada *parasita* e outra espécie denominada *hospedeiro*. Entende-se por parasita o indivíduo que se aloja em outro, externa ou internamente, causando-lhe lesões, deformações, intoxicações e eventualmente a morte.

Para a espécie humana, o predatismo, como fator limitante do crescimento populacional, tem efeito praticamente nulo. O *parasitismo*, porém, constitui um fator limitante principalmente em regiões subdesenvolvidas. De fato, são inúmeros os casos de protozooses, viroses, infecções bacterianas e verminoses, cujos efeitos são bem conhecidos e ocorrem em todas as faixas de idade.

Diferenças entre parasitas e predadores

Os parasitas são geralmente bastante específicos em relação a seus hospedeiros: um parasita normalmente ataca uma ou duas espécies apenas, não se instalando nas demais populações presentes no ecossistema.

Os predadores, ao contrário, geralmente utilizam várias espécies de presas como alimento. Além disso, enquanto as presas constituem para os predadores apenas fontes de alimen-

to, os hospedeiros em geral são, para os parasitas, fontes de alimento e habitat (no caso dos endoparasitas). Por isso, o sucesso de um parasita é normalmente tanto maior quanto menos incômodos ou prejuízos causa à espécie hospedeira, pois a morte do hospedeiro representa também a perda do habitat. Assim, os parasitas nem sempre matam seus hospedeiros, ao contrário do que normalmente ocorre na ação predadora.

Alguns parasitas provocam graves doenças no ser humano, como é o caso do *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas.

Competição

A competição compreende a interação ecológica em que indivíduos da mesma espécie ou indivíduos de espécies diferentes *disputam* alguma coisa, como, por exemplo, alimento, território, luminosidade, etc.

A competição favorece um *processo seletivo* que culmina, geralmente, com a *preservação* das formas de vida mais bem adaptadas ao ambiente e com a *extinção* dos indivíduos com baixo poder adaptativo.

Assim, a *competição constitui um fator regulador de densidade populacional*, contribuindo para evitar a superpopulação das espécies.

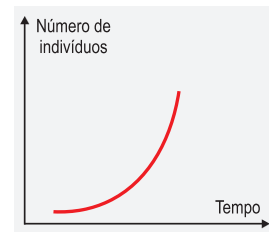
Vírus, bactérias, fungos, lagartas, pulgões, bicudos, gorgulhos, cigarrinhas e ervas daninhas. Essa lista inclui apenas alguns dos inúmeros hóspedes indesejáveis que comprometem a produtividade das plantas cultivadas e causam danos à pecuária. Esses seres são, portanto, exemplos de organismos que competem com os humanos no acesso aos alimentos.

Potencial biótico e resistência ambiental

Potencial biótico é a capacidade inata a uma população de aumentar o número de componentes, em condições ambientais ótimas.

O potencial biótico é bastante variável de uma espécie para outra, podendo ser muito elevado em algumas e extremamente baixo em outras. Estima-se, por exemplo, que um casal humano tem potencial para originar cerca de 200.000 descendentes (entre filhos, netos, bisnetos, etc.) ao final de um século; um casal de *Drosophila melanogaster* (moscas-das-frutas) tem potencial para originar 30.368 . 1052 indivíduos no espaço de um ano.

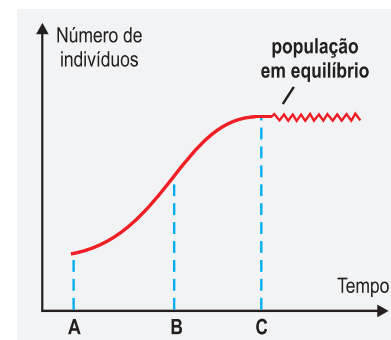
De qualquer maneira, uma população cujo crescimento dependa exclusivamente de seu potencial biótico apresentará a seguinte curva de crescimento (ao lado):



Na natureza, entretanto, as populações estão sujeitas à ação conjunta dos fatores limitantes do crescimento. A soma de todos os fatores que impedem uma população de se desenvolver na velocidade máxima é denominada *resistência ambiental*.

Participam da resistência ambiental a ação dos predadores, dos competidores, dos parasitas e a limitação de espaço, de território e de nutrientes, além das condições climáticas.

Em geral, o crescimento populacional limitado pelas resistências do ambiente pode ser expresso segundo uma curva sigmóide (parecida com um S), conforme se vê no gráfico ao lado:



No trecho AB do gráfico, a população cresce de forma acelerada, sem praticamente sofrer nenhuma limitação imposta pelo ambiente. O ponto B pode ser considerado como o instante em que se inicia efetivamente o processo de resistência ambiental. A partir desse ponto a população exibe um crescimento retardado, isto é, a taxa de crescimento torna-se cada vez menor. No ponto C, o potencial biótico da espécie equivale à resistência ambiental e o número de indivíduos da população mantém-se, a partir daí, mais ou menos constante. Diz-se, então, que a população está em *equilíbrio*.

Uma população em *equilíbrio* apresenta ligeiras flutuações, estando ora acima, ora abaixo do limite máximo de crescimento.

Isso se deve ao antagonismo existente entre o potencial biótico e a resistência ambiental.

Para exercitar

- 68) (UFF-RJ) Certos animais hibernam durante a estação fria, ocasião em que assumem um estado de letargia. No entanto, conseguem sobreviver durante este período porque:
- suspendem seu processo respiratório, o que evita a oxidação de suas reservas alimentares.
 - aceleram o catabolismo dos glicídeos armazenados no baço.
 - consomem lentamente suas reservas de proteínas.
 - obtem energia a partir de células fotossensíveis presentes na pele.
 - reduzem a velocidade de seus processos metabólicos, o que acarreta um lento consumo de suas reservas de gordura.
- 69) (Unirio-RJ) Muitos vegetais xerófitos (que vivem em lugares secos) são espinhosos porque os espinhos:
- defendem o vegetal de insetos herbívoros.
 - irradiam o calor, diminuindo a temperatura.
 - atraem insetos polinizadores.
 - diminuem a ação predadora do homem.
 - são adaptações de folhas que diminuem a transpiração.
- 70) (UFMG) Plantas xerofíticas ocorrem geralmente em regiões desérticas, assim como em caatinga e cerrado. Essas plantas estão intimamente relacionadas com fatores externos importantes ao seu desenvolvimento e que correspondem essencialmente a:

- a) baixo teor de água e condições atmosféricas que ocasionam rápida perda de água.
- b) alto teor de água que evapora pelo alto grau de insolação térmica.
- c) baixo teor de nutrientes inorgânicos no solo, ocasionado pela deficiência de chuvas.
- d) solo superficialmente bastante arenoso com embasamento de rochas impermeáveis.
- e) alto teor de água em grandes profundidades em solos deficientes de nutrientes inorgânicos.

- 71) (Unifor-CE) Considere os seguintes fatores:
I- Calor. II- Luz solar. III- Umidade.
O escurecimento da pele humana é provocado apenas pelo excesso de:
- a) I.
 - b) II.
 - c) III.
 - d) I e III.
 - e) II e III.

- 72) (PUCC-SP) A capacidade de uma população em aumentar seu número de indivíduos em condições ambientais ideais é considerada:
- a) seu potencial biótico.
 - b) sua densidade.
 - c) sua taxa de crescimento.
 - d) uma forma de competição intra-específica.
 - e) uma forma de competição interespecífica.

- 73) (PUCC-SP) O número de pombos nas grandes cidades vem aumentando. Provavelmente, os principais motivos são:
- a) regularidade do clima e falta de ambiente natural para reprodução.
 - b) ausência de inimigos naturais e regularidade do clima.
 - c) fartura de alimentos e falta de ambiente natural para reprodução.
 - d) fartura de alimentos e regularidade do clima.
 - e) fartura de alimentos e ausência de inimigos naturais.

- 74) (PUCC-SP) Considere as afirmações abaixo relativas a fatores de crescimento populacional.
- I- A competição intra-específica interfere na densidade da população.
 - II- A competição interespecífica não influi no crescimento das populações.
 - III- Um dos fatores limitantes do crescimento populacional é a disponibilidade de alimentos que diminui quando a densidade da população aumenta.
 - IV- Fatores climáticos influem no crescimento da população independentemente de sua densidade.

São verdadeiras apenas:

- a) I e II.
 - b) I e IV.
 - c) II e III.
 - d) I, III e IV.
 - e) II, III e IV.
- 75) (PUC-RJ) Em uma determinada região do Pantanal Mato-Grossense, observou-se um aumento acentuado na população de piranhas, enquanto havia uma diminuição na população de jacarés devido às atividades clandestinas dos “coureiros”.
Com relação ao equilíbrio ecológico na região, podemos concluir que:
- a) os jacarés são os controladores da população de piranhas.
 - b) jacarés e piranhas disputam os mesmos tipos de alimentos; portanto, a diminuição de uma população determina o aumento da outra.
 - c) houve uma alteração na seqüência da cadeia alimentar entre produtores (jacarés) e consumidores (piranhas).
 - d) os “restos” dos jacarés deixados pelos “coureiros” atraem piranhas de outros locais.
 - e) não são fatos inter-relacionados; a diminuição de uma população nada tem a ver com o aumento da outra.
- 76) (Cesgranrio-RJ) O equilíbrio biológico de uma comunidade depende da proporção existente entre produtores, consumidores e predadores. Assim, se
- a) o número de produtores e consumidores aumentar, o de predadores diminuirá.
 - b) o número de produtores diminuir, o de consumidores e predadores aumentará.
 - c) o número de consumidores diminuir, o de produtores aumentará e o de predadores diminuirá.
 - d) o número de predadores aumentar, o de produtores e consumidores aumentará.
 - e) o número de predadores aumentar, o de produtores e consumidores diminuirá.
- 77) (Vunesp-SP) Numa comunidade vivem cobras e ratos, estabelecendo uma relação predador-presa. Essa coexistência foi estabelecida há longo tempo, quando a população de predadores desenvolveu adaptações à predação e a população de presas desenvolveu estratégias pelas quais escapa aos predadores. Como se dá a regulação do tamanho dessas populações no decorrer do tempo?
- 78) (Fuvest-SP) As plantas xerófitas apresentam características que permitem sua sobrevivência em determinadas regiões climáticas. Cite duas dessas características e explique seu papel adaptativo.

Quadro síntese

- Densidade da população é o número de indivíduos por unidade de área ou volume. Ela aumenta através da natalidade e imigração e diminui através da mortalidade e emigração.
- No laboratório e em condições favoráveis, o crescimento da população é exponencial, de acordo com o potencial biótico. Quando surgem fatores limitantes, como a falta de espaço ou alimento ou a ação de predadores e parasitas (resistência do meio), a velocidade de crescimento diminui. O equilíbrio dinâmico é atingido quando a resistência do meio é igual ao potencial biótico, formando uma curva sigmóide.
- Na relação entre predador e presa podem surgir oscilações. Nesse caso, pode haver um controle mútuo entre o predador e a presa ou então esta ser controlada por algum outro fator ambiental.
- A queda na taxa de mortalidade na espécie humana vem determinando seu crescimento exponencial, principalmente nos países em desenvolvimento. Embora muitos defendam a necessidade de medidas governamentais para controlar a natalidade nesses países, a superpopulação não é a única causa da fome, da miséria, da poluição e de desequilíbrios ecológicos. Para resolver esses problemas, é fundamental diminuir o consumo excessivo dos países ricos, facilitar o acesso à tecnologia e educação aos países em desenvolvimento e elevar o padrão de saúde, de educação e de consumo básico da população mais pobre.
- Os euribiontes são seres que toleram bem grandes variações dos fatores físicos, ao contrário dos estenobiontes.
- Além de ser a fonte de energia para a fotossíntese, a luz possibilita a visão; a duração relativa do período claro do dia desencadeia diversos processos vitais (florescimento, migração, etc.). Além da luz, o Sol emite raios infravermelhos (aquecem o planeta) e raios ultravioleta (sintetizam vitamina D na pele).
- As aves e os mamíferos controlam a temperatura do corpo (seres homeotérmicos ou endotérmicos), ao contrário dos outros animais, que variam de temperatura de acordo com o ambiente (seres poicilotérmicos ou ectotérmicos). As penas, os pêlos e a sudorese, entre outros processos, contribuem para esse controle.
- Os organismos terrestres possuem uma série de adaptações que evitam a perda de água do corpo: coberturas impermeáveis, órgãos respiratórios internos, tipo de urina (nos animais), estômatos (nos vegetais), etc. Nas plantas de clima seco (xerófitas) há tecidos especiais para armazenar água, além da redução no tamanho das folhas.

Glossário

- **Adaptação.** Conjunto de características que permitem a sobrevivência e reprodução de uma espécie num determinado ambiente.
- **Anemia.** Condição em que o transporte de oxigênio através das hemácias acha-se comprometido. Existem várias formas de anemia. Na anemia falciforme, a porção protéica da hemoglobina encontra-se alterada; em consequência, as hemácias ficam deformadas e sujeitas a ruptura prematura. Na anemia perniciosa, a produção de hemácias é deficiente, devido à falta de vitamina B.
- **Angiospermas** (do grego *angeion* = vaso + *sperma* = semente). Grupo de plantas portadoras de sementes que ficam encerradas no interior de frutos.
- **Antíbiose.** Associação interespecífica desarmônica, em que uma espécie inibe o desenvolvimento de outra, através da liberação de substâncias tóxicas à espécie inibida; o mesmo que amensalismo.
- **Anticorpo.** Proteína específica produzida por um organismo, em resposta à presença de um antígeno que penetrou no corpo.
- **ARRHENIUS**, Svante August (1859-1927). Físico e químico sueco, recebeu o prêmio Nobel de Química em 1903. Foi o criador da teoria da ionização dos eletrólitos e da hipótese da panspermia cósmica.
- **Assoreamento.** Processo em que lagos e rios vão sendo aterrados pelos materiais neles depositados pelas águas das enxurradas ou por outros processos.
- **Autótrofo** (do grego *autos* = próprio + *trophos* = nutrir). Diz-se do organismo capaz de sintetizar seu próprio alimento. Como exemplo, podem ser citadas as plantas clorofiladas.
- **Bactéria** (do grego *bakteria* = bastonete). Termo criado pelo zoólogo alemão Christian G. Ehrenberg (1795-1876) para designar um grupo de microrganismos unicelulares e procariontes que, na sua maioria, exibe vida heterótrofa.
- **Bentos.** Conjunto dos seres vivos que vivem restritos ao fundo, nos ecossistemas aquáticos.
- **Biociclo.** Divisão maior da biosfera; a biosfera é formada pelos biociclos terrestre, dulcícola e marinho.
- **Bioma.** Grande ecossistema, com fauna, flora e clima próprios.
- **Biosfera.** Conjunto de todos os ecossistemas do planeta. Compreende a porção da Terra biologicamente habitada.
- **Colônia.** Associação intra-específica, em que os indivíduos acham-se unidos por um substrato comum.
- **Comensais.** Organismos que se associam a outros, obtendo deles restos alimentares; não prejudicam os seus hospedeiros.
- **Competição.** Associação intra ou interespecífica, em que ocorre sobreposição de nichos ecológicos, acarretando disputa por alimentos, espaço etc.
- **Comunidade.** Conjunto de populações que se acham instaladas numa determinada área.
- **Comunidade clímax.** Último estágio de uma sucessão ecológica; comunidade estável, em perfeito equilíbrio com o meio ambiente.
- **Comunidade pioneira.** Comunidade que inicia uma sucessão ecológica; as primeiras espécies que se instalam numa região despovoada. O mesmo que ecese.
- **Coníferas.** Plantas do grupo das gimnospermas, com flores unissexuadas reunidas em inflorescências denominadas cones, como os pinheiros.
- **Controle biológico.** Técnica que consiste em combater espécies nocivas através de inimigos naturais.
- **Decompositores.** Organismos que transformam a matéria orgânica morta em matéria inorgânica simples, passível de ser reutilizada pelo mundo vivo. Compreendem a maioria dos fungos e das bactérias; o mesmo que saprófitas.
- **Desnitrificação.** Etapa do ciclo do nitrogênio em que os nitratos são transformados em nitrogênio molecular.
- **DNA** (ácido desoxirribonucléico). Molécula longa, formada pela junção de um grande número de nucleotídeos, e que contém a informação genética codificada.

- **Ecossistema.** Unidade natural formada por componentes vivos e não vivos que, num determinado ambiente, trocam energia e matéria.
- **Ecótono.** Região de transição entre dois ecossistemas diferentes.
- **Efeito estufa.** Fenômeno em que a temperatura ambiental aumenta, em consequência do fato de a atmosfera, rica em gás carbônico, reter o calor irradiado pela Terra.
- **Enzima** (do grego *zyme* = fermento). Molécula de natureza protéica, com função catalisadora, capaz de produzir ou acelerar uma alteração num substrato específico.
- **Epífitas.** Plantas, como as orquídeas e bromélias, que vivem sobre outras, obtendo melhores condições de luminosidade.
- **Espécie** (do latim *specie* = tipo). Unidade de classificação taxionômica que abrange os indivíduos com grandes semelhanças físicas e fisiológicas e capazes de se cruzarem entre si, originando descendentes férteis.
- **Estenobionte.** Organismo que tolera apenas estreitos limites de variação de um determinado componente abiótico.
- **Euribionte.** Organismo capaz de tolerar amplos limites de variação de um determinado componente abiótico.
- **Eutrofização.** Enriquecimento de ecossistemas aquáticos por nutrientes diversos e que resulta na proliferação excessiva de microrganismos, com a consequente redução do nível de oxigênio molecular dissolvido na água.
- **Fitoplâncton.** Conjunto de plantas flutuantes, como as algas, de um ecossistema aquático.
- **Fleming,** Alexander (1881-1955). Médico inglês que, em 1929, descobriu a penicilina a partir de uma cultura do fungo *Penicillium notatum*. Recebeu o prêmio Nobel de Medicina em 1945.
- **Freon.** Composto volátil que contém carbono, cloro e flúor, usado como propelente dos aerossóis ou como refrigerante em aparelhos de ar condicionado ou geladeiras; tem efeito destrutivo sobre a camada de ozônio.
- **Habitat.** O lugar onde uma espécie vive; o “endereço” da espécie.
- **Haustórios.** Raízes sugadoras que ocorrem em plantas parasitas, como a erva-de-passarinho e o cipó-chumbo.
- **Heterótrofo** (do grego *hetero* = diferente + *trophos* = nutrir). Diz-se do organismo, como o dos animais, incapaz de produzir o seu próprio alimento.
- **Hibernação.** Estado letárgico em que se encontram certos animais no inverno; a atividade metabólica reduz-se, ocorrendo uma forte diminuição na atividade cardíaca e respiratória.
- **Homeotermos.** Animais cuja temperatura se mantém praticamente constante, mesmo que a temperatura do ambiente varie; é o caso das aves e dos mamíferos.
- **Inquilinismo.** Associação interespecífica harmônica em que os indivíduos de uma espécie alojam-se em outra, obtendo proteção ou suporte.
- **Líquens.** Associações mutualísticas entre algas e fungos.
- **Maré vermelha.** Fenômeno durante o qual certas algas unicelulares marinhas, em superpopulação, liberam substâncias tóxicas que podem provocar a morte de muitos componentes da fauna vizinha.
- **Micorrizas.** Associações mutualísticas entre fungos e raízes de certas plantas.
- **Mimetismo.** Capacidade de uma espécie em imitar certos componentes do meio ambiente em que vive, de maneira a passar despercebida.
- **Mutualismo.** Associação interespecífica harmônica em que as duas espécies envolvidas auferem benefícios mútuos.
- **Nécton.** Conjunto dos seres vivos que, nos ecossistemas aquáticos, deslocam-se ativamente.
- **Nicho ecológico.** O conjunto das atividades de uma espécie no ecossistema; a posição funcional, a “profissão” da espécie no ecossistema.
- **Nitratação.** Etapa do ciclo do nitrogênio em que o ácido nitroso (ou o nitrito) se converte em ácido nítrico (ou nitrato).
- **Nitrificação.** Etapa do ciclo do nitrogênio que engloba a nitrosação e a nitratação; conversão da amônia em ácido nítrico (ou nitrato).
- **Nitrosação.** Etapa do ciclo do nitrogênio em que a amônia é convertida em ácido nitroso (ou nitrito).
- **Parasita.** Organismo que se aloja em outro, causando-lhe desequilíbrio metabólico (lesões, deformações, intoxicações).
- **Parasitismo.** Associação interespecífica desarmônica, em que indivíduos de uma espécie, denominada parasita, alojam-se em outros, de outra espécie, denominada hospedeira, causando-lhes um desequilíbrio metabólico.
- **Partenogênese.** Fenômeno em que um óvulo não fecundado se desenvolve, originando um novo indivíduo.
- **Pneumatóforos.** Raízes respiratórias que absorvem oxigênio molecular da atmosfera; são freqüentes em plantas de mangue.
- **Predatismo.** Associação ecológica interespecífica desarmônica em que indivíduos de uma espécie, denominada predadora, destroem fisicamente os indivíduos de outra espécie, denominada presa, com finalidades alimentares.
- **Proteínas.** Macromoléculas orgânicas formadas pela junção de inúmeros aminoácidos; constituem as substâncias orgânicas mais abundantes da matéria viva.
- **Protocooperação.** Associação interespecífica harmônica, com benefícios mútuos, mas sem interdependência metabólica.
- **Saturnismo.** Doença que resulta do acúmulo do chumbo no organismo; em consequência, o indivíduo pode apresentar paralisia cerebral, nefrite, confusão mental, etc.
- **Simbiose.** Termo que, segundo alguns autores, designa os casos de associações interespecíficas harmônicas, com benefícios mútuos e interdependência metabólica.
- **Sociedades.** Associações intra-específicas harmônicas, como ocorre entre as abelhas, em que os indivíduos apresentam uma relativa independência física e geralmente se organizam em castas nitidamente diferenciadas.
- **Sucessão ecológica.** Seqüência de comunidades que se substituem, de forma gradativa, num determinado ambiente, até o surgimento de uma comunidade final, estável, denominada comunidade de clímax.
- **Taiga.** Bioma que se localiza ao sul da tundra; a vegetação é constituída principalmente por coníferas; o mesmo que floresta boreal.
- **Tundra.** Bioma situado ao norte do Círculo Polar Ártico, com vegetação rasteira, destacando-se os musgos, os líquens e gramíneas diversas.
- **Velame.** Epiderme pluriestratificada de raízes de orquídeas, que absorve vapor de água da atmosfera.
- **Zooplâncton.** Contingente de animais, geralmente microscópicos, que flutuam nos ecossistemas aquáticos.

Ciclos biogeoquímicos

Os organismos estão retirando constantemente da natureza os elementos químicos de que necessitam. No entanto, de uma forma ou de outra esses elementos acabam sempre voltando ao ambiente, ou seja, realizam um ciclo.

O processo contínuo de retirada e devolução de elementos químicos à natureza constitui os chamados **ciclos biogeoquímicos**, pois envolve a participação de organismos vivos (“bio”), etapas abióticas de escala planetária (“geo”) e diversas transformações ou reações químicas.

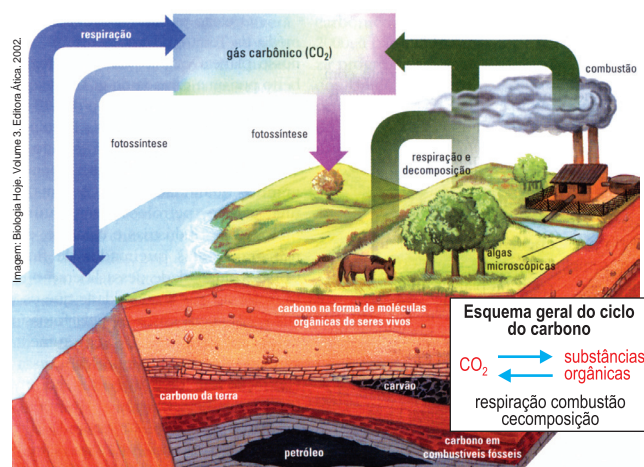
Ainda que o ecossistema necessite de energia fornecida pelo Sol, essa reciclagem de elementos – como o carbono, nitrogênio, oxigênio e a água – confere uma certa auto-suficiência à biosfera, permitindo a manutenção da vida ao longo dos tempos.

Os principais ciclos são: do carbono (C), do oxigênio (O), da água (H₂O), do nitrogênio (N) e do fósforo (P).

• O ciclo do carbono

O carbono é o elemento essencial na composição da matéria orgânica. Depois da água, é o elemento que entra em maior quantidade na constituição dos organismos vivos. O ciclo do carbono envolve um estágio sólido e um gasoso.

O estágio sólido representa o carbono encerrado nas rochas (pedras calcárias) e nos combustíveis fósseis, como hulha e petróleo, fixados pela fotossíntese durante milhões de anos. Quando estes são queimados, ou através de atividades vulcânicas, o carbono, sob a forma de CO₂ (dióxido de carbono), é transferido para a atmosfera. A respiração dos organismos vivos, a decomposição de organismos mortos, a queima de combustíveis dos veículos automotivos e das máquinas a motor também contribuem com CO₂ para a atmosfera. Nos vegetais, o carbono entra na forma de CO₂ pelas folhas, através dos estômatos, no processo fotossintético. Também na forma de CO₂ sai pela respiração dos vegetais, dos animais e dos decompositores.



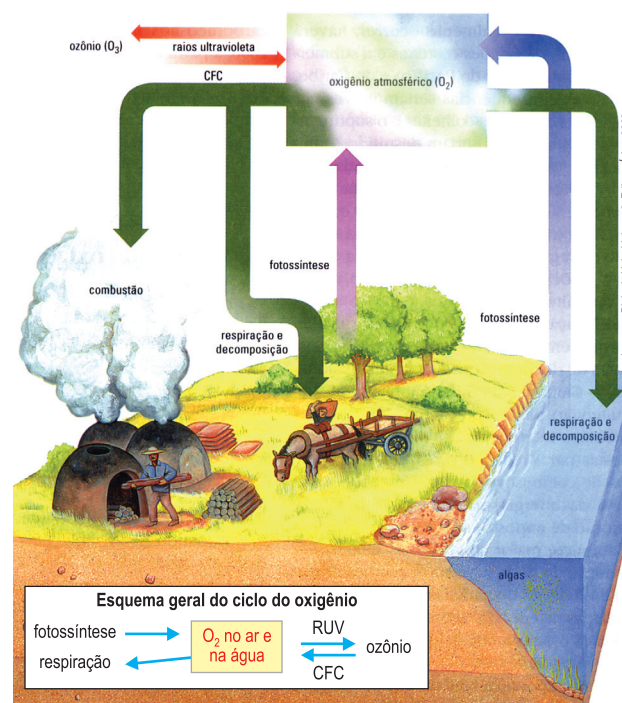
Ciclo do carbono: a respiração, a decomposição e a combustão lançam gás carbônico no ambiente, que é então retirado pela fotossíntese.

• O ciclo do oxigênio

O oxigênio representa cerca de 21% do ar atmosférico, sendo de vital importância para os seres vivos, quer usado nos processos energéticos, quer nos processos respiratórios.

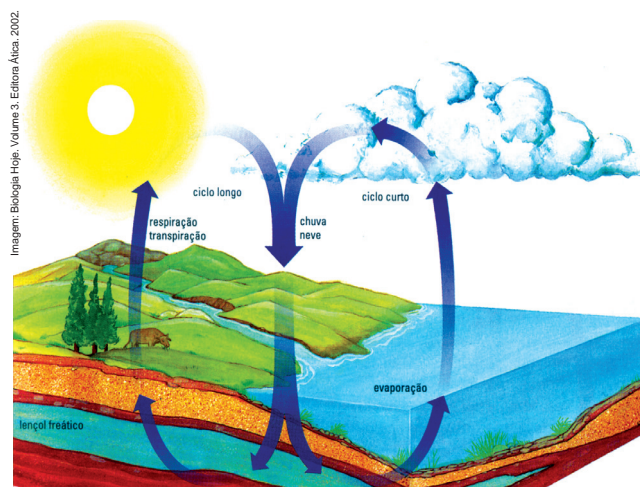
As únicas fontes que convertem o CO₂ em O₂ (oxigênio) são os vegetais clorofilados realizadores de fotossíntese.

Desse O₂ livre produzido, uma parte é absorvida pelos seres vivos através do processo da respiração e devolvida à atmosfera sob a forma de CO₂ e H₂O, isto é, oxigênio combinado. Outra parte é dissolvida nas águas que também possuem O₂ livre proveniente da atividade fotossintetizadora de algas e de outros vegetais aquáticos. Quando a temperatura da água se eleva ou ocorre saturação de O₂, ela começa desprendê-lo, retornando à atmosfera parte desse oxigênio dissolvido.



Ciclo do oxigênio.

• O ciclo da água



O ciclo da água é movido pela energia solar. Esta energia faz evaporar a água dos oceanos, dos lagos, dos rios e das superfícies úmidas do solo e provoca transpiração das folhas e dos corpos de outros organismos vivos.

As moléculas de água vão da superfície terrestre para a atmosfera, onde, junto com outros compostos moleculares, dão origem às nuvens. O retorno dessa água para a superfície se dá na forma líquida (chuva) ou na forma de neve ou granizo, constituindo o **pequeno ciclo**.

Quando a chuva ou a neve atingem o chão, uma parte é absorvida pelo solo, onde forma os lençóis subterrâneos, ou é absorvida pelas plantas. O restante forma a água de escoamento que se junta às nascentes e às fontes de lençóis freáticos para formar os lagos e os rios que alimentam os oceanos, formando o **grande ciclo** e assim, fechando o ciclo da água.

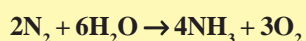
• **O ciclo do nitrogênio**

O nitrogênio é fundamental para qualquer ser vivo, pois entra na constituição das **proteínas** e dos **ácidos nucleicos**. Entretanto, apesar de constituir 79% de nossa atmosfera, os organismos vivos, exceto se algumas bactérias e algas, não conseguem fixá-lo diretamente na forma como o encontram no ar (N₂), uma vez que este gás é muito estável.

Assim os vegetais só podem utilizá-lo na forma de amônia (NH₃) ou nitrato NO₃⁻ ao passo que os animais o aproveitam na forma de aminoácidos. Por isso, o ciclo é dividido em etapas: a fixação, a amonificação, a nitrificação e desnitrificação.

• **Fixação**

É a transformação do N₂ em amônia e nitrato, antes de serem incorporadas pelos seres vivos. A fixação é feita por algumas bactérias que utilizam o nitrogênio atmosférico, fazendo-o reagir com o hidrogênio produzindo amônia. Esta, por sua vez, é utilizada na síntese de aminoácidos. Para isso, utilizam uma enzima especial chamada de **nitrogenase**.

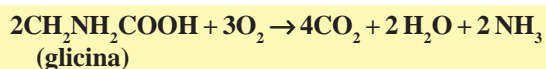


Entre as cianobactérias fixadoras, destaca-se as do gênero *Nostoc* e a *Anabaena*, entre outras bactérias, temos a *Azotobacter* e a *Clostridium*. Há também as bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem em uma associação mutualística com as raízes de leguminosas como o feijão, por exemplo, onde parte do nitrogênio fixado é fornecido ao vegetal e o excesso é liberado no solo na forma de amônia, funcionando como um adubo natural.

• **Amonização**

Uma parte da amônia é formada a partir da fixação do nitrogênio, enquanto que outra parcela é formada a partir da decomposição de proteínas, dos ácidos nucleicos e dos resíduos nitrogenados presentes em cadáveres e excretas. Este processo, realizado por bactérias, fungos e outros decompositores, é chamado de **amonização**.

Essa decomposição é o processo pelo qual fungos e bactérias obtêm energia, ou seja, a decomposição é consequência da respiração celular desses organismos.

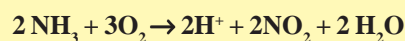


• **Nitrificação**

Consiste na transformação do amoníaco em nitratos. Este processo ocorre em duas etapas: **nitrosação** e **nitração**.

Nitrosação: a maior parte da amônia não é absorvida pelos vegetais, sendo oxidadas em nitritos pelas **bactérias nitrosas**, pertencentes aos gêneros *Nitrosomonas*, *Nitrococcus* e *Nitrosolobus*. Essas bactérias usam a energia liberada

na oxidação da amônia para produzir compostos orgânicos. São, portanto, **bactérias quimiossintetizantes**.



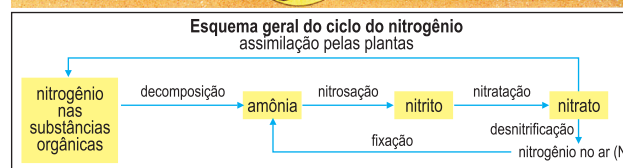
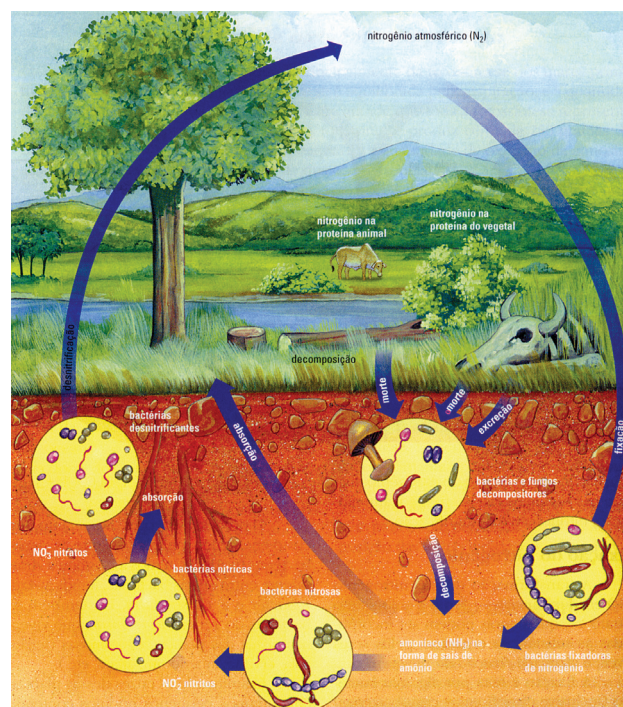
Nitração: nitritos liberados são transformados em nitratos por bactérias quimiossintetizantes do gênero *Nitrobacter*, essas bactérias são chamadas de **bactérias nítricas**.



• **Desnitrificação**

No solo, além das bactérias nitrificantes, existem outros tipos como a *Pseudomonas denitrificans* que, na ausência de oxigênio atmosférico, utilizam o nitrato para oxidar compostos orgânicos (respiração anaeróbica) e produzir energia. Através desse processo, uma parte dos nitritos é transformada novamente em nitrogênio molecular.

A desnitrificação devolve para a atmosfera o nitrogênio que foi fixado, fechando o ciclo e estabilizando a taxa de nitrato do solo.



Ciclo do nitrogênio.

Adubação

Os compostos nitrogenados são fundamentais para a produtividade do solo por isso, uma das maneiras de devolvê-los ao solo, sem a utilização de fertilizantes sintéticos, é a utilização da prática agrícola conhecida como **rotação de culturas**. Nesta, alternam-se o plantio de arroz, milho, trigo, etc.,

com plantas leguminosas, as quais são responsáveis pela fixação do nitrogênio.

Após a colheita, folhas e ramos das leguminosas, podem ser enterrados no solo para servir de adubo natural (**adubo verde**). A decomposição de restos das leguminosas enriquece o solo com compostos nitrogenados.

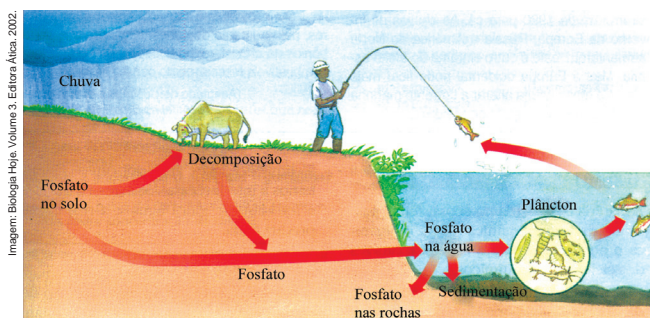
• O Ciclo do Fósforo

O fósforo constitui um importante componente da substância viva, além de estar ligado ao metabolismo respiratório e fotossintético. Daí seu uso como adubo.

Na natureza é um elemento encontrado em pequena quantidade em relação às necessidades dos seres vivos e seu grande reservatório são as rochas fosfatadas.

A erosão do solo pelas águas ou pelos ventos desagrega essas rochas e esse fósforo mineral é levado para os oceanos. Uma grande parte é sedimentada nas profundezas e não será aproveitada. A pequena parte aproveitada pelos seres marinhos, entre eles certas aves marinhas, é restituída ao solo, de onde pode novamente ser retirado pela plantas.

O organismo animal entra no ciclo ao se alimentar desses vegetais. Após sua morte ou por excreções (fezes, urina) lançadas por esses organismos durante sua vida, os compostos contendo fósforo retornam ao solo onde são decompostos por bactérias e fungos, fechando assim seu ciclo.



Ciclo do fósforo.

Quadro síntese

- A matéria é reciclada no ecossistema, passando da forma orgânica para a inorgânica e novamente para a orgânica, através dos ciclos biogeoquímicos.
- No ciclo do carbono, a forma inorgânica de gás carbônico é transformada em orgânica através da fotossíntese. O retorno à forma de gás carbônico é obtido por respiração, decomposição e também pela combustão de moléculas orgânicas fósseis.
- O oxigênio livre é transformado em moléculas de água pela respiração. A fotossíntese devolve o oxigênio da molécula de água. Além disso, o oxigênio é importante também na formação do ozônio da atmosfera, que funciona como um filtro protetor contra a radiação ultravioleta.
- No ciclo da água, além da passagem vapor – líquido e vice-versa, por causas físicas, temos a interferência dos seres vivos, pois a fotossíntese gasta água e a respiração produz água.
- Algumas bactérias que vivem no solo ou nas raízes das leguminosas transformam o gás nitrogênio em amônia (fixação do nitrogênio). A partir da amônia as plantas produzem substâncias orgânicas com nitrogênio. A decomposição de cadáveres ou excretas volta a transformar essas substâncias em amônia, que é então transformada por bactérias do solo em nitritos e nitratos (nitrificação). Uma parte do nitrato é absorvida pelas plantas e incorporada às substâncias orgânicas. Outra parte é transformada por bactérias em gás nitrogênio (desnitrificação).
- Os sais de cálcio dissolvidos no solo ou na água são absorvidos por animais e plantas e usados na fabricação de esqueletos, conchas e carapaças de seres aquáticos. Depois de mortos, esses seres formam as rochas sedimentares e o ciclo recomeça.
- A partir do fósforo, vindo da dissolução das rochas, os vegetais produzem substâncias orgânicas e, pela excreção e decomposição, o fósforo é devolvido à terra ou ao mar.

Imagem: Biologia Hoje, Volume 3, Editora Alisa, 2002.