

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CURSO DE GRADUAÇÃO A DISTÂNCIA EM  
AGRICULTURA FAMILIAR E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**



# **FUNDAMENTOS DA AGROECOLOGIA**

**1º semestre**



**PROGRAD**



Ministério  
da Educação



**Presidente da República Federativa do Brasil**

**Luiz Inácio Lula da Silva**

**Ministério da Educação**

**Fernando Haddad**

Ministro do Estado da Educação

**Ronaldo Mota**

Secretário de Educação Superior

**Carlos Eduardo Bielschowsky**

Secretário da Educação a Distância

**Universidade Federal de Santa Maria**

**Clóvis Silva Lima**

Reitor

**Felipe Martins Muller**

Vice-Reitor

**João Manoel Espina Rossés**

Chefe de Gabinete do Reitor

**Alberi Vargas**

Pró-Reitor de Administração

**José Francisco Silva Dias**

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis

**Aílo Valmir Saccol**

Pró-Reitor de Extensão

**Jorge Luiz da Cunha**

Pró-Reitor de Graduação

**Nilza Luiza Venturini Zampieri**

Pró-Reitor de Planejamento

**Helio Leães Hey**

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

**João Pillar Pacheco de Campos**

Pró-Reitor de Recursos Humanos

**Fernando Bordin da Rocha**

Diretor do CPD

**Coordenação de Educação a Distância**

**Cleuza Maria Maximino Carvalho Alonso**

Coordenadora de EaD

**Roseclea Duarte Medina**

Vice-Coodenadora de EaD

**Roberto Cassol**

Coordenador de Pólos

**José Orion Martins Ribeiro**

Gestão Financeira

**Centro de Ciências Rurais**

**Dalvan José Reinert**

Diretor do Centro de Ciências Rurais

**Ricardo Dalmolin**

Coordenador do Curso de Graduação Tecnológica em

Agricultura Familiar e Sustentabilidade a Distância

**Elaboração do Conteúdo**

**Elena Blume**

**Lia Reiniger**

Professoras pesquisadoras/conteudistas

**Equipe Multidisciplinar de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Educação - ETIC**

**Carlos Gustavo Matins Hoelzel**

Coordenador da Equipe Multidisciplinar

**Ana Cláudia Siluk**

Vice- Coordenadora da Equipe Multidisciplinar

**Luciana Pellin Mielniczuk**

Coordenadora da Comissão de Revisão de Estilo

### **Ana Cláudia Siluk**

Coordenadora da Comissão de Revisão Pedagógica

### **Ceres Helena Ziegler Bevilaqua**

### **Silvia Helena Lovato do Nascimento**

Coordenadoras da Comissão de Revisão de Português

### **André Dalmazzo**

Coordenador da Comissão de Ilustração

### **Carlos Gustavo Matins Hoelzel**

Coordenador da Comissão do Design de Interface

### **Edgardo Fernandez**

### **Marcos Vinícius Bittencourt de Souza**

Coordenadores da Comissão de Desenvolvimento da Plataforma

### **Ligia Motta Reis**

Gestão Administrativa

### **Flávia Cirolini Weber**

Gestão do Design

### **Evandro Bertol**

Designer

## ETIC - Bolsistas e Colaboradores

### Revisão de Estilo

### **Anaqueli Rubin**

**Renata Córdova da Silva**

## Revisão Pedagógica

**Angélica Cirolini**

## Revisão de Português

**Andressa Souza Martins**

**Luciana Dalla Nora dos Santos**

## Projeto de Ilustração

### **Bruno da Veiga Thurner**

Figuras E9, E10, e E27

### **Camila Rizzatti Marqui**

Figuras D6, E1, E4, E7, E11 e E12

### **Daniela Montano Cadore**

Figuras E22, E23, E24, E25 e E26

### **Franciani de Camargo Roos**

Figuras C1 e C2

### **Guilherme Da Cas**

Figuras D9, E2, E3, E13, E14, E15, E16 e E17

### **Letícia Zancan Rodrigues**

Figuras B1, B3, B4, D1, D7, D8, E18, E19, E20, E21, Ativ1, Ativ2 e Ativ3

### **Lucas Müller Schmidt**

Figuras C7 e C8

### **Ricardo Winter Bess**

Figuras E5, E6 e E8

### **Sara Spolti Pazuch**

Figuras A1, B2, B5, D2, D3, D4 e D5

### **Sonia Três**

Figuras C3, C4, C5 e C6

## Design de Interface

**Bruno da Veiga Thurner**

**Evandro Bertol**

**Isac Corrêa Rodrigues**

**Lucas Müller Schmidt**

## Diagramação

**Camila Rizzatti Marqui**

**Cleber Righi**

## Desenvolvimento da Plataforma

**Adílson Heck**

**Cleber Righi**

**Diego Friedrich**

## SUMÁRIO

Apresentação da disciplina.....	5
UNIDADE A - Introdução à agroecologia	
1. Conceitos, objetivos e princípios da agroecologia .....	6
1.1. Princípios da agroecologia.....	6
1.2. Diferentes abordagens da agricultura segundo princípios ecológicos .....	7
1.3. Sustentabilidade .....	8
1.4. Agroecologia .....	8
1.5. Elementos técnicos básicos de uma estratégia agroecológica ...	9
2. Bibliografia consultada .....	12
UNIDADE B - Ecossistemas naturais e agroecossistemas	
1. Classificação, recursos e processos dos sistemas .....	13
1.1. Estrutura do ecossistema .....	14
1.2. Função do ecossistema .....	16
1.3. Agroecossistema .....	17
1.4. Como construir um sistema de produção agroecológico? .....	22
2. Bibliografia consultada .....	24
UNIDADE C - A energética nos agroecossistemas	
1. Fluxo energético e estrutura trófica .....	25
1.1. As leis da termodinâmica .....	25
1.2. O fluxo energético: cadeias e teias alimentares .....	27
1.3. As pirâmides ecológicas .....	31
1.4. Produtividade nos ecossistemas .....	34
1.5. Classificação dos ecossistemas de acordo com as fontes de energia .....	36
1.6. O fluxo energético nos ecossistemas naturais e nos agroecossistemas convencionais .....	37
1.7. O impacto dos agroecossistemas convencionais nas cadeias alimentares.....	38
2. Bibliografia consultada .....	40
UNIDADE D A matéria nos agroecossistemas	
1. Ciclos biogeoquímicos .....	41
1.1. Ciclo da água .....	43
1.2. Ciclo do carbono .....	44
1.3. Ciclo do nitrogênio .....	46
1.4. Ciclo do fósforo .....	48
1.5. Ciclo do enxofre .....	49
2. Reciclagem de nutrientes .....	51
3. Descarte de resíduos .....	54
4. Bibliografia consultada .....	56
UNIDADE E - A biota nos agroecossistemas	
1. As populações .....	57
1.1. Dinâmica populacional .....	58
1.2. Formas de crescimento populacional .....	65
2. As comunidades .....	67
2.1. Interações .....	67
2.2. Sucessão ecológica .....	78
3. Bibliografia consultada .....	80
4. Sites consultados .....	80
5. Lista Crédito de Imagens .....	84

## **Apresentação da disciplina**

Em Fundamentos de Agroecologia, serão estudados conceitos e princípios de ecologia necessários para a compreensão da agroecologia. Esses conceitos serão discutidos comparando-se ecossistemas naturais e agroecossistemas convencionais. A disciplina, com carga horária de 7 aulas, terá uma avaliação parcial prevista para a 11ª semana, e a avaliação final, presencial, na 15ª semana.

## **UNIDADE A**

### **Introdução à agroecologia**

#### **Introdução**

Nesta primeira unidade da Disciplina de Fundamentos de Agroecologia, abordaremos os princípios básicos e os conceitos que serão utilizados durante todo o desenvolvimento do Curso. São conceitos teóricos, porém fundamentais para um bom entendimento dos conhecimentos das demais unidades dessa Disciplina e das demais disciplinas do Curso.

#### **Objetivos da Unidade**

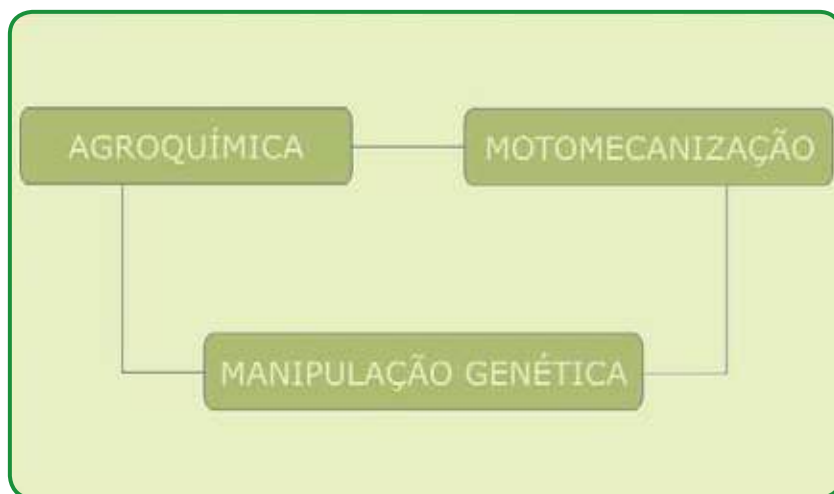
- Conhecer os conceitos básicos da Agroecologia;
- compreender os objetivos da Agroecologia;
- entender os princípios da Agroecologia.

### **1. Conceitos, objetivos e princípios da agroecologia**

#### **1.1. Princípios da Agroecologia**

Em escala global, a agricultura tem sido muito bem sucedida, satisfazendo uma demanda crescente de alimentos durante a última metade do século XX. O rendimento de grãos básicos, como trigo e arroz, aumentou enormemente e os preços dos alimentos caíram. Esse impulso na produção de alimentos deve-se, principalmente, aos avanços científicos e às inovações tecnológicas, incluindo o desenvolvimento de novas variedades de plantas, ao uso massivo de fertilizantes e agrotóxicos e ao crescimento de grandes infra-estruturas de irrigação. Apesar do sucesso, o sistema de produção global de alimentos apresenta-se, hoje, como insustentável do ponto de vista energético e ecológico. As técnicas e inovações, que permitiram o aumento de produtividade, também minaram a base do sistema: retiraram excessivamente e degradaram os recursos naturais de que a agricultura depende (solo, reservas de água e a diversidade genética natural). Também criaram dependência de combustíveis fósseis não renováveis e ajudaram a forjar um sistema que, cada vez mais, retira a responsabilidade de produzir alimentos das mãos dos pequenos agricultores e assalariados rurais

e passa essa responsabilidade para grandes propriedades e empresas rurais que visam, basicamente, o lucro financeiro, sem considerar os aspectos sociais e ecológicos.



**Figura A1** - Os três pilares tecnológicos da agricultura convencional (Fonte: Adaptado de AQUINO, Adriana Maria; ASSIS, Renato Linhares de., 2005, p.24)

### 1.2. Diferentes abordagens da agricultura segundo princípios ecológicos

**Agricultura Orgânica – AO** - Baseada nos ensinamentos de Albert Howard, que trabalhou por 40 anos com agricultores na Índia. Segundo as pesquisas realizadas por esse professor, a verdadeira fertilidade do solo deve estar assentada em um amplo suprimento de matéria orgânica e, principalmente, na manutenção de elevados níveis de húmus no solo. Howard foi pioneiro em dar atenção para a existência de **micorrizas**, que, só 50 anos mais tarde, seriam estudadas.

**Agricultura Biodinâmica – ABD** - Baseada nos estudos de Steiner, que almejava uma abordagem integrada da propriedade rural, procurando manejá-la como um organismo vivo, relacionando o solo, as plantas e o homem como um todo. Ao consumir vegetais e animais, resultantes de uma equilibrada composição dos agentes nutricionais e energéticos, também o homem adquire equilíbrio.

**Agricultura biológica – AB** - Baseada no trabalho do francês Claude Aubert, que demonstra a irracionalidade dos métodos agrícolas propostos pela moderna ciência agrícola. É muito difícil diferenciar a agricultura biológica (AB) da agricultura orgânica (AO), pois seus princípios são muito semelhantes. A diferenciação é apenas de nomenclatura.

**Agricultura Ecológica – AE** - Baseada no trabalho de José Lutzenberger e de Ana Primavesi, contrariando frontalmente as recomen-

#### **AE** GLOSSÁRIO

**Micorrizas** são fungos presentes naturalmente no solo, que têm a capacidade de liberar nutrientes minerais e torná-los disponíveis para as plantas. As micorrizas liberam Fósforo (P) do solo, para que as plantas possam melhor assimilá-lo.

dações emanadas da agricultura moderna. Foram eles os primeiros a denunciar o manejo irracional do solo tropical ao se praticar nele a mesma agricultura de clima temperado. A agricultura ecológica (AE) procura maior equilíbrio com o ambiente, buscando desenhos agrícolas mais integrados e um manejo de solo mais racional, mas é menos restritiva em relação ao uso de insumos que a agricultura biológica (AB) e que a agricultura orgânica (AO). É dirigida às propriedades médias e grandes e não apenas às pequenas propriedades.

### 1.3. Sustentabilidade

Considerando o questionamento mundial sobre as mudanças climáticas e o aquecimento global, a agricultura deverá repensar seu modelo produtivo, pois a **sustentabilidade** dos sistemas agrícolas será questionada pela população.

A agricultura sustentável teria as seguintes características básicas:

- causaria **efeitos negativos mínimos no ambiente** e não liberaria substâncias tóxicas ou nocivas na atmosfera, água superficial ou subterrânea;
- preservaria e recomporia a fertilidade, preveniria a erosão e manteria a saúde ecológica do solo;
- usaria a **água** de maneira que permitisse a recarga dos depósitos aquíferos e satisfizesse as necessidades hídricas do ambiente e das pessoas;
- dependeria, principalmente, de **recursos de dentro do agroecossistema**, incluindo comunidades próximas, ao substituir insumos externos por ciclagem de nutrientes, melhorando a conservação dos nutrientes e ampliando a base do conhecimento ecológico;
- trabalharia para **conservar e valorizar a diversidade biológica**, tanto em paisagens silvestres quanto em paisagens domesticadas;
- garantiria **igualdade de acesso** às práticas, conhecimentos e tecnologias agrícolas adequados e possibilitaria o controle local dos recursos agrícolas.

### 1.4. Agroecologia

Se a agricultura deve ser tanto sustentável quanto altamente produtiva, isso significa que não é possível abandonar as práticas convencionais. Então, o que se preconiza é uma nova abordagem da agricultura e do desenvolvimento agrícola, que se construa sobre aspectos de con-

#### + SAIBA MAIS

Em um sentido amplo, a **sustentabilidade** é uma versão do conceito de produção sustentável: condição de ser capaz de colher biomassa de um sistema agrícola no decorrer do tempo, sem que sua capacidade de se renovar ou de ser renovado seja comprometida.

**Agroecologia** é aplicação de conceitos e princípios ecológicos no desenho e no manejo de agroecossistemas sustentáveis. A Agroecologia utiliza os agroecossistemas como unidade de estudo, ultrapassando a visão unidimensional (genética, agronomia, etc.), incluindo dimensões ecológicas, sociais e culturais. Então, a produção sustentável em um agroecossistema deriva do equilíbrio entre plantas, solo, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes.



servação dos recursos da agricultura tradicional local, enquanto explora conhecimentos e métodos ecológicos modernos.

Os princípios e métodos ecológicos formam a base da **Agroecologia**. Eles são essenciais para determinar: a) se uma prática, insumo ou decisão de manejo agrícola é sustentável b) a base ecológica para o funcionamento, a longo prazo, da estratégia de manejo escolhida. Uma vez que esses princípios estejam identificados, podem ser desenvolvidas práticas que reduzam o uso de insumos externos comprados, diminuam os impactos de tais insumos quando usados e estabeleçam uma base para desenhar sistemas que ajudem os agricultores a sustentar seus cultivos e suas comunidades produtoras.

### 1.5. Elementos técnicos básicos de uma estratégia agroecológica

#### a. Conservação e regeneração dos recursos naturais:

- **solo**: controle da erosão, da fertilidade e da saúde das plantas;
- **água**: captação/coleta, conservação, manejo e irrigação;
- **germoplasma**: espécies nativas de plantas e animais, espécies locais, germoplasmas adaptados;
- **fauna e flora benéficas**: inimigos naturais, polinizadores, vegetação de múltiplo uso.

#### b. Manejo dos recursos produtivos:

##### - **diversificação:**

- temporal: rotações e sequências de culturas;
- espacial: policultivos, agroflorestas, sistemas mistos de plantios e criações de animais;
- genética: utilização de multilinhas;
- regional: zoneamento agroclimático para diferentes culturas, bacias hidrográficas.

##### • **reciclagem dos nutrientes e matéria orgânica:**

- biomassa de plantas: adubo verde, resíduo das colheitas, fixação de nitrogênio;
- biomassa animal: esterco, urina.

- **reutilização de nutrientes e recursos internos e externos à propriedade.**

- **regulação biótica (proteção de cultivos e saúde animal):**

- controle biológico natural: aumento dos agentes de controle natural;

- controle biológico artificial: importação e aumento de inimigos naturais, inseticidas botânicos, produtos veterinários alternativos.

O potencial dos sistemas orgânicos é, sem dúvida, decisivo na formatação da agricultura do futuro, uma agricultura verdadeiramente sustentável. De um lado, esse potencial pode ser materializado pela oferta de uma diversidade de sistemas de produção com abordagens integradas, que resgatam mecanismos e processos naturais milenares que substituem totalmente os agrotóxicos e os fertilizantes industrializados, processos esses, básicos para a sustentabilidade em longo prazo. Ou seja, produtos saudáveis produzidos por processos que não poluem ou degradam o meio ambiente. De outro lado, o potencial dos sistemas orgânicos pode se desenvolver pela capacidade dos sistemas orgânicos de revolucionar os sistemas convencionais de agricultura, pela via da concorrência nos mercados, como também pela oferta de seus diferentes componentes tecnológicos para adaptação e uso naqueles sistemas, mesmo dentro de outras lógicas e abordagens de produção.

As possibilidades dessa revolução são ilimitadas. Cabe lembrar que, nos dias atuais, os sistemas orgânicos já romperam os limites de escala, ultrapassando as críticas de um sistema restrito a pequenas áreas e da produção de hortigranjeiros, somente hortaliças e algumas frutas, ampliando as fronteiras da agricultura do futuro. Para se ter uma idéia desse potencial, ressalta-se que, atualmente, o Brasil possui sistemas orgânicos certificados de produtos "in natura" ou de derivados processados de soja, milho, citrus, cana-de açúcar, café, dendê, cacau, bovinos, leite, suínos, aves e ovos, totalizando mais de 50 produtos, na maioria dos casos com grandes aumentos de área a cada ano. Diferentemente do contexto mundial, os desafios da agricultura orgânica no Brasil são bastante peculiares. Por um lado, a busca da certificação orgânica, ainda um esforço privado com o apoio do terceiro setor, é extremamente importante ao estabelecer elos diretos entre grupos específicos de agricultores e grupos específicos de consumidores (nichos de produção e consumo). Por outro lado, esse processo traz características bastante excludentes para a certificação orgânica, como qualquer tipo de certificação, tendo em vista a falta de organização dos pequenos produtores e custos envolvidos na certificação.

Finalmente, há milhares de agricultores que ainda praticam sistemas quase-naturais de agricultura, muito semelhantes aos sistemas orgânicos certificados, simplesmente por que permanecem à margem das políticas públicas voltadas, para a agricultura da revolução verde, de intensificação do uso de insumos químicos, de mecanização e de sementes e mudas melhoradas. São potenciais produtores orgânicos que a própria trajetória de construção da nova agricultura colocou novamente em seu curso.

#### **A AGRICULTURA ORGÂNICA NO FUTURO PRÓXIMO:**

##### *Desafios*

O primeiro desafio é o de tornar-se um sistema de produção expressivo em termos de produção do mercado (muito além de 1% que representa atualmente no mercado mundial) com preços competitivos para os consumidores. O segundo desafio é o de tornar-se um sistema de produção de referência em termos de sustentabilidade, ao apresentar-se como uma efetiva opção para estratégias de inclusão social com a agregação de renda e a oferta de emprego para milhares de agricultores familiares brasileiros que atualmente praticam sistemas quase-naturais, mas ainda marginalizados dos benefícios oriundos dos avanços da agricultura orgânica no Brasil.

#### **ATIVIDADE**

**Atividade A1** - Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

### 3. Bibliografia Consultada

ALTIERE, M. Agroecologia – **A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110 p.

AQUINO, A. M. de; ASSIS, R.L. **Agroecologia – Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: EMBRAPA, 2005. 517 p.

FRANCO, H.M.; TAGLIARI, P.S. **A agricultura que não envenena**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.7, n. 3, p. 6-13, 1994.

GLEISSMAN, S. R. Agroecologia – **Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653 p.

## UNIDADE B

### Ecosistemas naturais e agroecossistemas

#### Introdução

Nesta unidade, faremos uma abordagem sobre os sistemas agrícolas, unindo os conceitos já estudados na Unidade A, sobre os princípios gerais da Agroecologia e da Sustentabilidade.

#### Objetivos da Unidade

- Conhecer a classificação dos ecossistemas naturais e dos agroecossistemas;
- identificar os recursos dos ecossistemas naturais e agroecossistemas;
- entender os processos dos ecossistemas naturais e dos agroecossistemas.

#### 1. Classificação, recursos e processos dos sistemas

##### O QUE É UM ECOSISTEMA?

Ecossistema é um sistema funcional, delimitado, em que se dão relações complementares entre os organismos vivos e seu ambiente. É constituído de organismos vivos que interagem no seu ambiente, de fatores bióticos e de componentes físicos e químicos não-vivos do ambiente, como luz, solo, temperatura, que constituem os fatores abióticos. As relações entre ambos formam a estrutura do sistema e os processos dinâmicos de que participam constituem a função do sistema.

O estudo de um ecossistema pode ser feito em diversos níveis de organização. Em determinados níveis, pode-se estudar um organismo individual, como uma planta ou um animal e seu comportamento em resposta aos fatores do ambiente e seu grau de tolerância aos estresses no ambiente em que vive.

Outro nível de estudo de um ecossistema é o que constitui o estudo das populações. Nesse nível, procura-se determinar e entender os fatores que controlam o crescimento e o tamanho das populações e a capacidade do ambiente de sustentar uma população ao longo do tempo.

O conjunto das populações, convivendo e interagindo no mesmo

ambiente, compreende a comunidade. Nesse nível o estudo procura entender como as interações de organismos afetam a distribuição e a abundância das diferentes espécies dentro da comunidade.

O conjunto de todas as comunidades de todos os organismos e de todos os fatores bióticos, que ocorrem em uma determinada área, constitui o nível de organização mais abrangente, que é o **ECOSSISTEMA**.



**Figura B1** - Organização dos ecossistemas (Fonte: Adaptado de GLEISMAN, S., 2005, p. 63)

### 1.1. Estrutura do ecossistema

A estrutura do ecossistema está baseada na estrutura das comunidades que compõem o sistema. A comunidade é o resultado das interações entre as diferentes populações que a constituem, que, por sua vez, são o resultado da adaptação das diferentes espécies aos fatores abióticos e suas variações, que condicionam o ambiente local.

As propriedades das comunidades são:

- **diversidade de espécies** - é o número de espécies que existe numa comunidade. Dependendo das condições ambientais, algumas comunidades podem possuir grande diversidade enquanto que outras po-

dem possuir pouca diversidade;

- **abundância** - é a quantidade de indivíduos de uma espécie dentro de uma comunidade. Existem espécies muito abundantes e outras pouco abundantes dentro da comunidade;

- **espécie dominante** - é aquela espécie que causa maior impacto tanto nos componentes bióticos como nos componentes abióticos da comunidade. Os ecossistemas podem ser denominados de acordo com a espécie dominante. Exemplo: mata de araucária no sul do Brasil;

- **estrutura da vegetação** - pode ser vertical ou horizontal. A estrutura vertical diz respeito à existência de um conjunto de espécies vegetais que formam um perfil com diferentes camadas, enquanto a estrutura horizontal diz respeito ao padrão e à distribuição de agrupamento ou associações de populações vegetais pela superfície do solo;

- **estrutura trófica** - é a forma como se organiza o atendimento das necessidades nutricionais das diferentes espécies dentro da comunidade. Nos ecossistemas terrestres, as plantas são a base da estrutura trófica (nutricional) da comunidade, pela capacidade de captar e converter energia solar em energia química armazenada na biomassa, por meio da fotossíntese. Por não dependerem de outros organismos para atender suas necessidades de energia, as plantas são consideradas como **autotróficas**.

Os demais organismos da comunidade dependem da biomassa produzida pelas plantas para atender suas necessidades de energia e nutrientes, sendo, então, os **heterotróficos**, que constituem os consumidores da comunidade. Os consumidores incluem os herbívoros, que convertem a biomassa vegetal (plantas) em biomassa animal (carne, leite), os predadores e parasitas, que sobrevivem a partir de herbívoros e predadores, e ainda, os parasitas, que se alimentam de predadores e parasitas. Por fim, existem os decompositores, fechando o ciclo de transformações da cadeia trófica (alimentar).

Organismos	Transformação
Herbívoros	Início do ciclo: transformação de biomassa vegetal (plantas) em biomassa animal (carne, leite, ovos).
Predadores e parasitas	Alimentam-se a partir de Herbívoros
Decompositores	Alimentam-se de predadores e de parasitas - final do ciclo

Figura B2 - Esquema da transformação de nutrientes na cadeia alimentar

## 1.2. Função do ecossistema

A função dos ecossistemas refere-se aos processos dinâmicos que ocorrem dentro do ecossistema: o movimento, o desenvolvimento, a conversão e o fluxo de matéria e energia e as relações dos organismos e componentes bióticos do sistema. São dois os componentes fundamentais da função dos ecossistemas:

- **fluxo de energia em ecossistemas.** Os organismos necessitam de energia para desenvolver-se e executar seus processos fisiológicos. Então, a reserva de energia deve ser renovada constantemente. Ao longo de cada etapa da cadeia trófica (alimentar), cerca de 90 % da energia obtida a partir do nível anterior são consumidos e apenas 10 % são transferidos para o nível seguinte. Além disso, uma boa parte da biomassa é acumulada no sistema como biomassa morta, que é consumida lentamente pelos organismos decompositores.

- **ciclagem de nutrientes nos ecossistemas.** Além de energia, os organismos vivos necessitam de matéria para formar os seus corpos e manter suas funções vitais. Essa matéria é constituída por uma série de elementos indispensáveis à vida, conhecidos como nutrientes, e com os quais são construídas macromoléculas orgânicas, células e tecidos que constituem os organismos. O movimento de nutrientes no ecossistema está associado ao fluxo de energia. Enquanto o fluxo de energia flui apenas numa direção, os nutrientes se movem em ciclos, mudando continuamente de forma, passando dos componentes bióticos aos abióticos e, nesse processo, necessitam de organismos para desenvolver seus ciclos. Como tanto os fatores bióticos (com vida) quanto os abióticos (sem vida) estão envolvidos, recebem o nome de seus ciclos geoquímicos. Os ciclos da água, do Carbono (C), do Nitrogênio (N)



e do Oxigênio (O) possuem seu reservatório principal na atmosfera, assumindo um caráter mais global. Outros, menos móveis, como o do Fósforo (P), do Enxofre (S), Potássio (K), Cálcio (Ca) e a maioria dos micronutrientes são ciclados mais localmente, sendo o solo seu reservatório abiótico principal.

### 1.3. Agroecossistema

A modificação de um ecossistema natural, pelo homem para produção de bens necessários a sua sobrevivência forma o agroecossistema. Com a interferência humana, os mecanismos e controles naturais são substituídos por controles artificiais. São sistemas ecológicos alterados, manejados de forma a aumentar a produtividade de um grupo seletivo de produtores e de consumidores. Para fins práticos, o agroecossistema pode ser considerado equivalente ao sistema de produção. Nesse caso, é o conjunto de explorações e de atividades realizadas por um agricultor, com um sistema de gestão próprio.

#### a. Diferenças entre ecossistema e agroecossistema

A ação humana modifica o ecossistema natural, procurando direcionar a produção primária do ecossistema para a obtenção de produtos que atendam às necessidades básicas e culturais das diferentes sociedades humanas. Nessas variedades, há diferentes concepções de vida, o que implica diferentes padrões de consumo. Como consequência, há relações diversas com a natureza e com diferentes graus de pressão sobre os recursos naturais.

A conversão de um ecossistema natural em agroecossistema implica algumas modificações, sendo as principais:

- **fluxo de energia mais aberto.** Enquanto nos ecossistemas naturais a principal fonte é a energia direta do sol, nos agroecossistemas há fontes auxiliares de energia, como a força humana, a tração animal e os combustíveis fósseis (petróleo), cuja energia é aplicada diretamente ao agroecossistema ou indiretamente, por meio da produção de insumos industriais. As perdas de energia são maiores, tanto da energia potencial biológica, armazenada nos tecidos colhidos ou na matéria orgânica quanto das perdas diretas de calor, por meio da aceleração de processos biológicos e da decomposição acelerada das reservas de matéria orgânica.

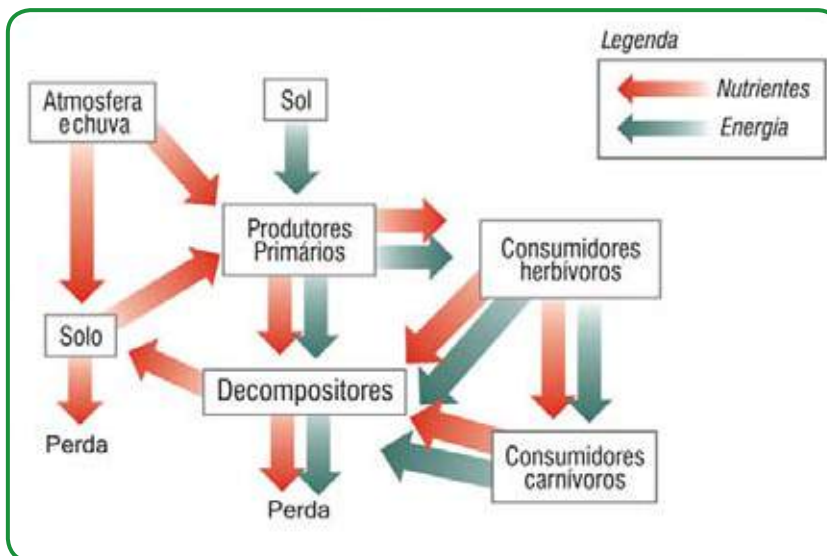
- **ciclagem de nutrientes mais aberta.** Nos agroecossistemas, ocorre a entrada de nutrientes pela adição de fertilizantes orgânicos ou industriais e maiores saídas desses nutrientes devido à intensificação dos

processos de perda (erosão, lixiviação, volatilização, fixação aos minerais do solo) e pela exportação de nutrientes por meio dos produtos colhidos.

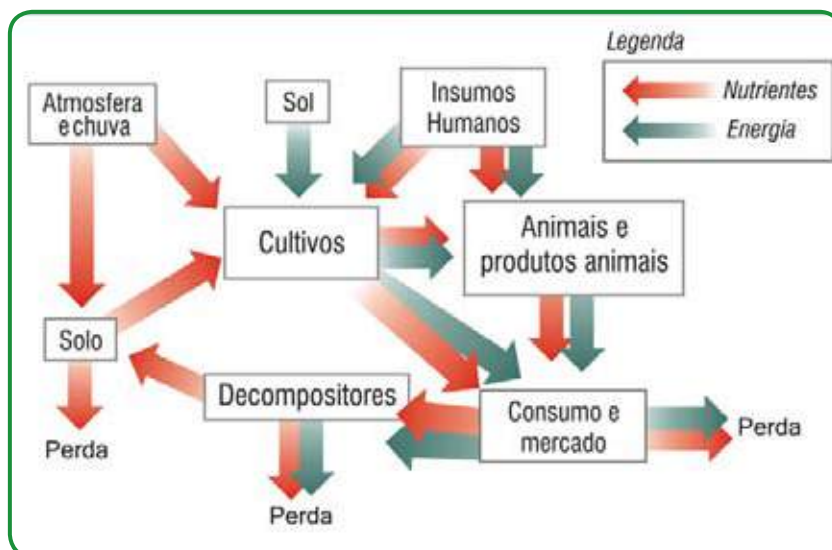
- **menor diversidade.** A grande diversidade encontrada nos ecossistemas é suprimida, dando lugar a poucas espécies cultivadas, a poucas espécies consideradas invasoras e aos organismos associados a essas espécies.

- **pressão de seleção artificial** - Os organismos remanescentes, no agroecossistema, deixam de estar submetidos à seleção natural para serem submetidos à pressões artificiais de seleção.

- **diminuição dos níveis tróficos.** Devido à redução da biodiversidade, ocorre uma redução dos níveis tróficos que, em geral, se reduzem aos seus produtores e aos seus consumidores diretos (no caso de culturas vegetais), consumidores primários e seus predadores e parasitas (no caso da produção animal).



**Figura B3-** Componentes funcionais de um ecossistema natural (Fonte: Adaptado de GLEISMAN, S., 2005. p. 77)



**Figura B4-** Componentes funcionais de um agroecossistema (Fonte: Adaptado de GLEISMAN, S. , 2005. p. 77)

## b) Tipos de ecossistemas

- **Agroecossistemas modernos ou tecnificados.** Os agroecossistemas modernos ou tecnificados caracterizam-se por um alto grau de artificialização das condições ambientais, sendo altamente dependentes de insumos produzidos industrialmente e adquiridos no mercado. Esses insumos são baseados em recursos não renováveis e importados de outras regiões, implicando gasto de energia com transporte.

Há pouca preocupação com a conservação e a reciclagem de nutrientes dentro do agroecossistema. Procura-se adaptar as condições locais às necessidades de exploração, por meio de práticas como a correção da acidez do solo, fertilização, irrigação e drenagem. Assim, homogeneiza-se a diversidade de microambientes, aplicando-se um tratamento médio de situações diversificadas. Por isso, impactam fortemente o ambiente dentro e fora da propriedade. Além disso, reduz-se a diversidade e elimina-se a continuidade espacial e temporal. Reduz-se a diversidade genética local pela introdução de espécies e de cultivares "melhoradas" e se desestruturam os conhecimentos e a cultura local. Geralmente, os rendimentos são proporcionais à aplicação de insumos e dependem pouco do ecossistema original; o objetivo principal da produção é a obtenção de lucro; e o tipo de produção é determinado pelas demandas do mercado global, independentemente das necessidades das comunidades locais.

- **Agroecossistemas tradicionais.** Geralmente, os agroecossistemas tradicionais não dependem de insumos comerciais, pois usam recursos renováveis e disponíveis no local e dão grande importância à reciclagem de nutrientes, além de manterem um alto grau de continuidade espacial e temporal. Como estão adaptados às condições locais, conseguem aproveitar, ao máximo, os microambientes e beneficiam o ambiente dentro e fora da propriedade, ao invés de impactá-lo. Os rendimentos são proporcionais à capacidade produtiva do ecossistema original, pois esse não sofre alterações drásticas. Prioriza-se a produção para se satisfazer as necessidades locais e se depende da diversidade genética, dos conhecimentos e da cultura local ; por isso, a cultura local é preservada.

Os **dois tipos de agroecossistemas**, naturais e artificiais, apresentam algumas **limitações e problemas** na sua organização. Explicaremos, a seguir, alguns desses problemas:

#### ***Problemas dos agroecossistemas modernos ou tecnificados***

Em geral, os agroecossistemas tecnificados usam aração intensiva como forma de preparo do solo, o que determina problemas, como degradação da estrutura do solo, redução da matéria orgânica, compactação do solo, redução da infiltração da água, formação de impedimentos à penetração radicular e, em conseqüência, menor capacidade de armazenamento de água no perfil do solo, menor susceptibilidade ao déficit hídrico, maior intensidade de escoamento superficial e da erosão hídrica e eólica.

Esses agroecossistemas são baseados em monocultivos que permitem ganhos de escala de produção e maior eficiência na utilização dos equipamentos, mas isso resulta em susceptibilidade a pragas, doenças, erosão genética e perda do conhecimento agrícola tradicional, esse, muitas vezes, fundamental para o entendimento das condições de ambientes locais.

O uso de fertilizantes sintéticos, provenientes de fontes não renováveis, eleva os custos de produção e ameaça a continuidade do modelo a longo prazo. Além disso, esses fertilizantes se perdem facilmente por lixiviação, volatilização e fixação permanente nas argilas do solo, podendo contaminar os alimentos e os aquíferos.

A utilização do controle químico para o combate a pragas, doenças e plantas espontâneas promove a resistência desses aos produtos aplicados, por meio da pressão de seleção exercida por esses produtos, devido à eliminação de inimigos naturais, à contaminação dos alimentos e do ambiente.

### Problemas dos ecossistemas naturais

O fato de muitos agroecossistemas tradicionais estarem em degradação evidencia que, apesar de suas vantagens ecológicas, esses agroecossistemas apresentam uma série de problemas, como não responder a muitas das realidades socioeconômicas atuais. A escassez da força de trabalho é um dos problemas sérios para esses sistemas, que são altamente demandadores dessa força. Esse problema é derivado das migrações de populações pobres, que não conseguem sobreviver a escassez de terras, conseqüência da concentração fundiária. Assim, esses agricultores não conseguem competir com os agricultores capitalizados, que utilizam tecnologias da “revolução verde”. A escassez de terras e o aumento da população pobre causam uma pressão muito forte sobre os recursos naturais, ultrapassando os limites da sustentabilidade, reduzindo a produtividade e levando as populações à extrema pobreza.

CLASSES DE ECOSISTEMAS				
Propriedade ecológica emergente	Ecossistema natural	Tradicional	Convencional	Sustentável
Produtividade	Média	Média	Baixa/Média	Média/Alta
Diversidade de espécies	Alta	Média/Alta	Baixa	Média
Diversidade estrutural	Alta	Média/Alta	Baixa	Média
Diversidade funcional	Alta	Média/Alta	Baixa	Média/Alta
Estabilidade de colheita	Média	Alta	Baixa/Média	Alta
Acúmulo de biomassa	Alta	Alta	Baixa	Média/Alta
Reciclagem de nutrientes	Alta	Alta	Baixa	Alta
Relações tróficas	Alta	Alta	Baixa	Alta
Regulação natural das populações	Alta	Alta	Baixa	Média/Alta
Resistência	Alta	Alta	Baixa	Média
Dependência de insumos humanos externos	Baixa	Baixa	Alta	Média
Autonomia	Alta	Alta	Baixa	Alta
Sustentabilidade	Alta	Média/Alta	Baixa	Alta

**Figura B5** - As propriedades emergentes dos ecossistemas naturais, agroecossistemas tradicionais, agroecossistema convencional e agroecossistema sustentável. (Fonte: Adaptado de GLEISMAN, S., p.118. 2003)

#### 1.4. Como construir um sistema de produção agroecológico?

Salientamos que não há receitas prontas, nem é possível desenvolver pacotes tecnológicos agroecológicos, para desenvolver o sistema. Então, apontamos alguns caminhos para a construção desse novo sistema.

- **Reduzir a dependência de insumos comerciais.** Substituir o uso de insumos por práticas que permitam melhorar a qualidade do solo com o uso da fixação biológica de nitrogênio e de espécies que estimulem microrganismos, como micorrizas (lembrar Unidade A).
- **Utilizar recursos renováveis e disponíveis no local.** Aproveitar ao máximo os recursos locais, que freqüentemente são perdidos e se tornam poluentes, como restos culturais, esterco, cinzas, resíduos caseiros e agroindustriais “limpos”.
- **Enfatizar a reciclagem de nutrientes.** Evitar ao máximo, perdas de nutrientes, com práticas eficientes de controle da erosão e a utilização de espécies de plantas capazes de recuperar os nutrientes levados para as camadas mais profundas do perfil do solo.
- **Introduzir espécies que criem diversidade funcional no sistema.** Cada espécie introduzida no sistema atrai diversas outras espécies às quais está associada. No entanto, não nos interessa qualquer tipo de diversidade, mas uma diversidade que proporcione uma série de avanços ecológicos capazes de dispensar o uso de insumos. Essa diversidade deve incluir espécies fixadoras de nitrogênio, estimuladoras de predadores e parasitas de pragas, de polinizadores, estimuladoras de micorrizas, etc.
- **Manter a diversidade, a continuidade espacial e temporal da produção.** Em condições tropicais, os solos devem permanecer cobertos por todo o ano, para evitar a erosão e a lixiviação e, conseqüentemente, a perda do próprio solo e de nutrientes. Assim, nos sistemas agroecológicos, o uso do solo acaba sendo mais intenso que nos sistemas convencionais. Nos períodos em que não é possível cultivar espécies de utilidade econômica direta, são cultivadas espécies melhoradoras do solo ou do ambiente.
- **Otimizar e elevar os rendimentos sem ultrapassar a capacidade produtiva do ecossistema original.** O objetivo não é atingir produtividade máxima de uma única cultura, mas conseguir produtividade



ótima do sistema como um todo, garantindo a sustentabilidade dessa produtividade ao longo do tempo.

- **Resgatar e conservar a diversidade genética local.** As espécies e cultivares desenvolvidas em cada local estão adaptadas às condições ambientais locais. Na maioria das vezes, as cultivares locais, quando colocadas em competição com as cultivares melhoradas, em centros de pesquisa, apresentam produtividades inferiores às melhoradas. Mas essa situação pode se inverter quando as cultivadas melhoradas são colocadas em competição no meio real dos agricultores. Essas mesmas variedades, mesmo menos produtivas, podem ser importantes fontes de resistência a pragas e doenças.

- **Resgatar e conservar os conhecimentos e a cultura local.** No seu contato dia a dia com o ambiente, os agricultores realizam observações de muitos fenômenos que ocorrem em seus sistemas de produção e, apesar de não as descreverem em termos científicos, possuem uma gama de informações a que apenas eles têm acesso. O conhecimento dos agricultores pode fornecer rapidamente uma série de informações que técnicos e pesquisadores levariam anos de pesquisa para obter. Entretanto, não devemos superestimar o conhecimento local, pois ele pode, também, ter seus erros.

Para concluirmos a Unidade B, são importantes algumas considerações: apesar dos inúmeros problemas causados pela agricultura convencional, ela ainda é dominante, devido a sua facilidade e respostas imediatas. Apesar do intenso bombardeio de informações que sofrem os agricultores, por parte dos agentes de mercado, que lucram com esse modelo de agricultura, ele ainda é mais difundida.

A implantação de sistemas agroecológicos ainda gera muitas dúvidas e são necessários muitos esforços para solucioná-la; porém a agroecologia vem ganhando respeitabilidade e mais adeptos que buscam a produção de alimentos limpos e que não agredam o ambiente.

## ATIVIDADE

**Atividade Final Unidade B.** Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

### 3. Bibliografia consultada

ALTIERE, M. Agroecologia – **A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110p.

AQUINO, A. M. de; ASSIS, R.L. **Agroecologia – Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: EMBRAPA, 2005. 517p.

FRANCO, H.M.; TAGLIARI, P.S. **A agricultura que não envenena**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.7, n. 3, p. 6-13, 1994.

GLEISSMAN, S. R. **Agroecologia – Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653p.



## UNIDADE C

### A ENERGÉTICA NOS AGROECOSSISTEMAS

#### Introdução

Os ecossistemas e, por conseguinte, os seres vivos que os integram são sistemas abertos, isto é, trocam energia e matéria com o meio ambiente. Nesta unidade, vamos estudar especificamente a energia e suas transformações (conversões) nos ecossistemas naturais e nos agroecossistemas convencionais.

A **energia** é considerada um conceito primitivo pela Física, isto é, não é possível defini-la, apenas caracterizá-la. Energia é a capacidade de realizar trabalho ou produzir calor e, como tal, é necessária para todos os processos vitais que ocorrem nos ecossistemas, como a construção do organismo e a realização de suas atividades (movimentos, manutenção de temperatura, reações químicas e outros), incluindo a reprodução.

#### Objetivos da Unidade

- Compreender as três leis da energia;
- conhecer as unidades de energia: quilocaloria e joule;
- entender o modelo de fluxo energético;
- diferenciar cadeias de teias alimentares;
- contrastar o fluxo energético em ecossistemas naturais e em agroecossistemas convencionais;
- compreender que os agroecossistemas convencionais interferem nas cadeias alimentares.

#### 1. Fluxo energético e estrutura trófica

##### 1.1. As Leis da Termodinâmica

O trabalho é a energia gasta durante o deslocamento de uma força, por exemplo, deslocar uma pedra no ambiente gravitacional requer trabalho. O calor é a energia que flui dos objetos quentes para os objetos frios; por exemplo, uma comida à temperatura ambiente esfria, dando seu calor ao ambiente quando colocada no interior de um refrigerador.

#### + SAIBA MAIS

A **energia** possui várias unidades, usadas de acordo com a conveniência. Por exemplo, a energia calorífica é medida em calorias, a energia de movimento é medida em joules e a energia elétrica que consumimos é medida em quilowatts-hora. Mas é sempre possível passar de uma unidade para outra por uma relação simples. Por exemplo, uma caloria é igual a 4,18 joules e podemos falar, por exemplo, de quantos joules tem um dado alimento. A caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água em um grau centígrado. Mil calorias equivalem a uma quilocaloria. Uma quilocaloria é igual a 4186,8 joules.

A energia da comida, então, diminuiu.

Toda a energia disponibilizada para os seres vivos é proveniente do sol, na forma de radiação solar ou, mais especificamente, de radiação eletromagnética. A radiação solar supre a atmosfera terrestre com  $1,5 \times 10^{18}$  kWh (quilowatts hora) de energia por ano.

Em média, da radiação recebida pelo sistema terrestre, 47% atinge a Terra e, desse percentual, apenas 1 a 2% são utilizados na fotossíntese e passam a entrar nos ecossistemas. A energia solar é responsável pela luminosidade da Terra quando vista do espaço. A energia absorvida, principalmente sob a forma de calor, promove o aquecimento e a circulação da atmosfera, gerando os ventos, frentes frias e outros fenômenos atmosféricos e climáticos.

A termodinâmica é a parte da física que estuda os fenômenos relacionados com trabalho, calor, energia e entropia, bem como as leis que governam os processos de transformação de energia. A termodinâmica estuda as leis pelas quais os corpos trocam (cedendo e recebendo) trabalho e calor com o ambiente que o circunda. As observações experimentais permitiram a formulação de leis ou princípios da termodinâmica, descritas na seqüência, cujo conhecimento é essencial para a compreensão do fluxo de energia nos ecossistemas.

- **Lei Zero da Termodinâmica:** estabelece que, quando dois corpos têm igualdade de temperatura com um terceiro corpo, eles têm igualdade de temperatura entre si. É com base nessa lei que se efetua a medição de temperatura.

- **1ª Lei da Termodinâmica ou Lei da conservação da energia:** considera que, no decorrer de um processo qualquer, a energia pode se transformar, mas não pode ser criada nem destruída. Assim, a energia que entra para um sistema é igual à energia armazenada mais aquela que é perdida, na forma de calor, para fora do sistema. Essa lei fornece, portanto, o aspecto quantitativo dos processos de transformação de energia.

- **2ª Lei da Termodinâmica ou Lei da entropia:** considera que a parcela da energia perdida é sempre maior que aquela depositada ou armazenada. Dizendo de outra forma, durante qualquer processo, aumenta a desordem (entropia) do universo.

Essa segunda lei da energia é também conhecida como lei da entropia. De acordo com essa lei, toda alteração que acontece tende, natural e espontaneamente, a sair de um estado ordenado para um estado desordenado, do complexo para o simples, de um estado de energia alta para um estado de energia baixa. A quantidade total de

casualidade ou desordem no universo (a entropia é uma medida dessa casualidade) está constante e inevitavelmente aumentando.

Essa lei fornece o aspecto qualitativo dos processos de transformação de energia, isto é, o fluxo de energia é unidirecional (ou de mão única), ocorre em um único sentido e não pode ocorrer no sentido oposto. Dizendo de outra forma, a energia que entra no sistema é convertida em trabalho e calor, mas o calor não pode ser convertido em energia. Como exemplo, temos os seguintes processos: copos que quebram ao cair no chão, gelo que se derrete dentro de um copo de água. O que todos esses processos têm em comum é que podem ocorrer em um sentido, mas não ocorrem, espontaneamente, no sentido oposto. Em termos mais técnicos, eles são chamados de processos irreversíveis, pois não reverterem espontaneamente.

## 1.2. O fluxo energético: cadeias e teias alimentares

O fluxo de energia dentro do ecossistema é unidirecional, isto é, não há reciclagem de energia; o que pode ser entendido pelas leis da termodinâmica. Em todos os degraus da cadeia alimentar, parte da energia que entra no sistema via fotossíntese é convertida em calor e parte é usada para incrementar a **biomassa** dentro do sistema ou sai do sistema na forma de biomassa animal ou vegetal. A energia que entra e sai de um ecossistema é necessária ao fluxo cíclico de matéria dentro do ecossistema (esse assunto será abordado em uma próxima unidade).

Uma das relações mais complexas e necessárias à vida nos ecossistemas é a alimentação. Tanto as plantas quanto os animais precisam obter energia para sobreviver e se reproduzir. Os vegetais obtêm sua energia através da fotossíntese, ou seja, sintetizam seu próprio alimento, sendo denominados autótrofos ou produtores. Já os animais obtêm sua energia de fontes externas, ou seja, consumindo vegetais e outros animais, sendo denominados heterótrofos ou consumidores. Há, ainda, os organismos que se alimentam de matéria em decomposição: são os detritívoros ou decompositores.

Essa inter-relação entre os seres vivos é denominada cadeia alimentar. A reunião de várias cadeias alimentares, por sua vez, forma uma teia alimentar, que compartilha um único produtor e se inter-relaciona com uma série de organismos pertencentes a duas ou mais cadeias alimentares. As teias alimentares existem porque, freqüentemente, um organismo se alimenta de mais de um tipo de animais ou plantas, tornando mais complexas as relações alimentares (ou **tróficas**).

Assim, a única fonte de energia num ecossistema são os seres autotróficos; conseqüentemente, todos os seres vivos dependem dessa

### **AE** GLOSSÁRIO

**Biomassa** é a quantidade total da matéria orgânica, incluindo todas as partes do corpo do organismo, bem como os seus restos (folhas secas, excrementos) e a matéria de decomposição (cárcaças, frutos podres). Ela pode ser expressa em termos de peso seco, gramas (g) ou quilogramas (kg) ou em termos de peso/área (g/m<sup>2</sup> ou kg/m<sup>2</sup>).

A cadeia alimentar ou **trófica** consiste, portanto, em um processo de transferência de energia e de nutrientes a partir dos produtores através de uma série de organismos consumidores e detritívoros. É uma forma de expressar as relações de alimentação entre os organismos de uma comunidade, iniciando-se nos produtores e passando pelos herbívoros, predadores e detritívoros. Entretanto, a transferência de nutrientes fecha-se com o retorno dos nutrientes aos produtores, possibilitado pelos detritívoros que transformam a matéria orgânica em compostos mais simples. A energia, por outro lado, é utilizada por todos os seres que se inserem na cadeia alimentar para sustentar as suas funções, sendo parcialmente consumida em cada nível trófico e não sendo reaproveitável. Esse processo é conhecido como fluxo de energia.

energia para realizar as suas funções vitais. Como apenas uma parte da energia que chega a um determinado nível trófico passa para o nível seguinte (apenas 10% da energia de um nível é produzido a partir do próximo), isso restringe o número de níveis a não mais do que cinco, pois em determinado nível, a energia disponível é insuficiente para permitir a subsistência.

Nem toda a energia obtida através da alimentação será integralmente usada: parte dessa energia não será absorvida e será eliminada com as fezes e outra parte será perdida em forma de calor. Assim, grande parte da energia será dissipada no decorrer de uma cadeia alimentar diminuindo sempre a cada nível. Pode-se, então, dizer que o fluxo de energia num ecossistema é unidirecional, começando sempre com a luz solar, incidindo sobre os produtores e diminuindo a cada nível alimentar dos consumidores.

As algas cianofíceas (verde-azuladas ou azuis), algumas bactérias clorofiladas e os vegetais superiores sintetizam matéria orgânica a partir de substâncias minerais, fixando a energia luminosa sob a forma de energia química, através da fotossíntese e disponibilizam essa matéria orgânica aos organismos heterotróficos.

Os organismos autotróficos ou produtores constituem, portanto, o primeiro nível trófico (nível trófico é o nível de nutrição). Na seqüência, os produtores são fonte de energia para a sobrevivência de pequenos animais herbívoros, denominados consumidores primários, e pertencem ao segundo nível trófico. Logo após, há os animais de maior porte, que se alimentam de animais menores, são os carnívoros ou predadores, consumidores secundários, que pertencem ao terceiro nível trófico. Depois, temos os animais de grande porte, que se alimentam de animais de pequeno e médio porte, constituindo os consumidores terciários e pertencentes ao quarto nível trófico. A cadeia alimentar termina com os organismos detritívoros ou decompositores (bactérias e fungos) que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, devolvendo à cadeia alimentar essa matéria transformada em sais minerais e outros produtos, que serão reutilizados pelos produtores para sua nutrição.

Alguns animais podem ter uma alimentação mista, ou seja, constituída tanto por vegetais como por animais, o que diversifica a cadeia alimentar.

O equilíbrio do ecossistema depende da realização de cada uma das etapas da cadeia alimentar. A drástica redução dos animais predadores, por exemplo, pode resultar na proliferação dos animais herbívoros e, com isso, na escassez ou extinção de algumas espécies vegetais.

Exemplificando: a alface é a base da cadeia, por isso é chamada de produtor. Os gafanhotos consomem os produtores e são chamados de

consumidores primários. Os pintos são os consumidores secundários e assim por diante, até chegar ao topo da cadeia, onde está o gato. Para compreender essa idéia, vamos retirar um dos elos, a cobra, por exemplo. O que irá acontecer?

Sem a cobra para comer, a população de corujas diminuirá e, conseqüentemente, diminuirá a comida do gato, que, por sua vez, diminuirá também. Sem as cobras que os comiam, os pintos proliferam e comem muito mais gafanhotos, que, por isso, diminuem. Mas acabam diminuindo a tal ponto que deixam sem alimento os pintos, que, por sua vez, diminuem. Diminuindo a população de pintos, voltam a aumentar os gafanhotos, agora sem predadores para manter seu equilíbrio. Aumentando os gafanhotos, acaba a alface.

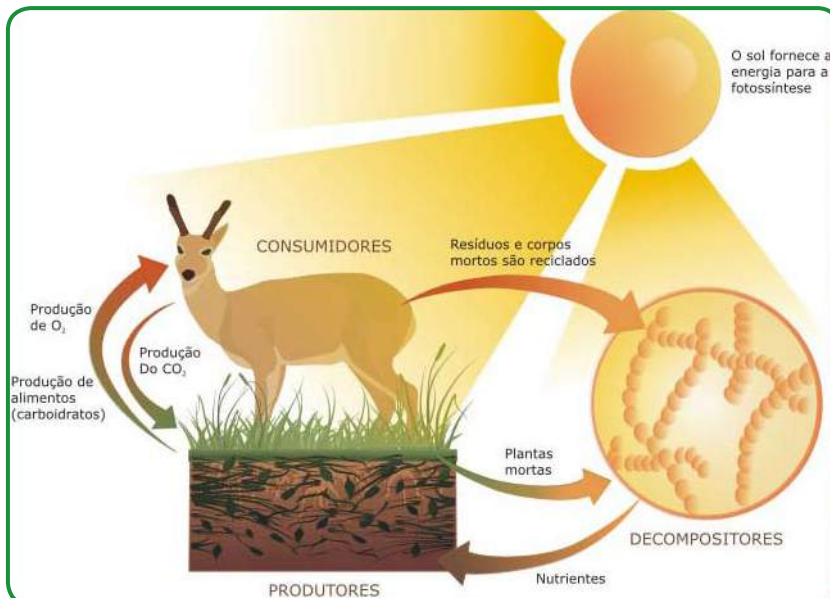
### **Exemplos de cadeia alimentar:**

#### **Terrestre:**

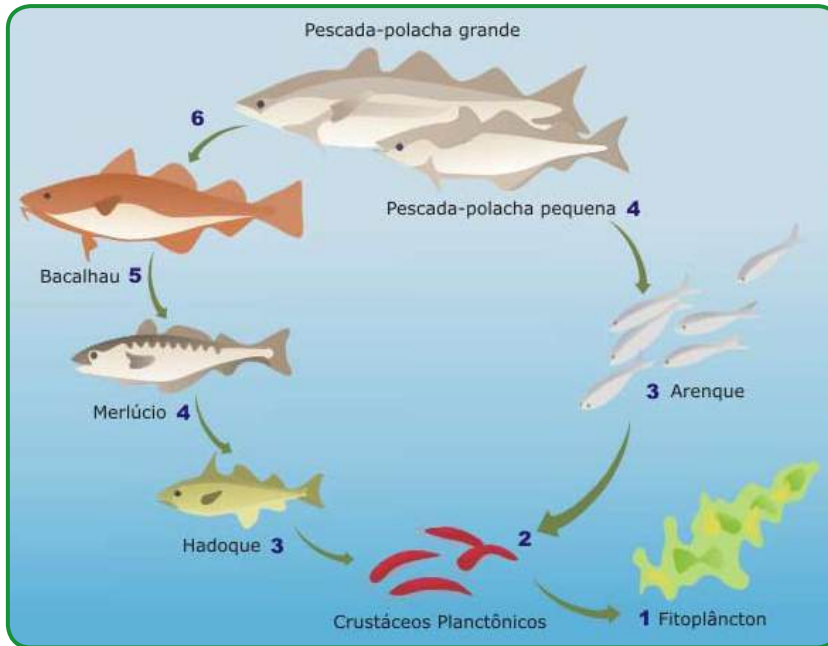
**Folhas de uma árvore -> gafanhoto -> ave -> jaguatirica -> detritívoros**

#### **Aquática:**

**Algas -> caramujos -> peixes -> carnívoros -> Aves aquáticas -> detritívoros.**



**Figura C1** - Cadeia alimentar terrestre. (Fonte: adaptado de <http://www.herbario.com.br/cie/ecol/eco6.htm>)



**Figura C2** - Cadeia alimentar aquática do norte do oceano atlântico. (Fonte: adaptado de [http://www2.uol.com.br/sciam/conteudo/materia/materia\\_27.html](http://www2.uol.com.br/sciam/conteudo/materia/materia_27.html))

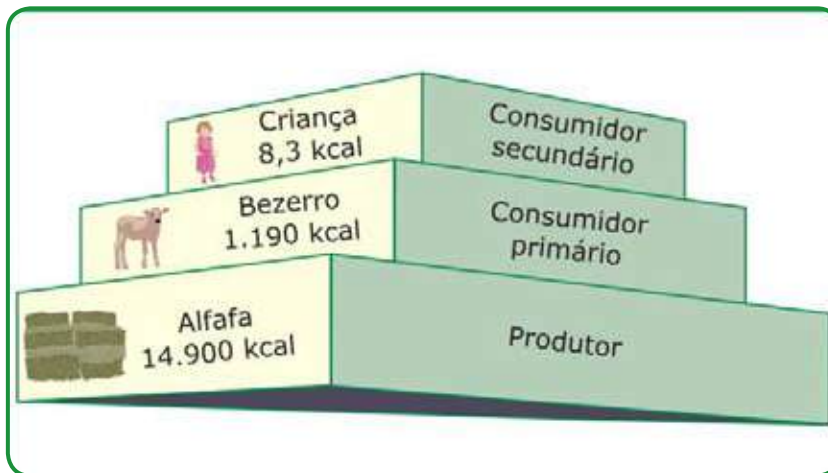
Cadeias alimentares contêm poucos níveis tróficos quando há pesca excessiva. Depois que grandes peixes predadores, como a pescada-polacha, são capturados no topo da cadeia alimentar, começa a demanda por espécies menores que ainda não atingiram o tamanho máximo. Ao contrário das pescadas-polachas mais velhas, os peixes mais jovens não são grandes o suficiente para comer o bacalhau, que geralmente consome merlúcio. Os peixes mais jovens se alimentam habitualmente de hadoque (esquerda). Já as pequenas pescadas-polachas recorrem a peixes menores, como o arenque, que se alimenta diretamente de crustáceos planctônicos (direita). Portanto, a captura de pescadas-polachas maiores reduz a oferta de alimento da cadeia a quatro níveis, ao invés dos seis já citados, corrompendo ecossistemas. Os níveis tróficos atuais raramente alcançam seis, porque os peixes maiores se alimentam de uma variedade de outros peixes.



### 1.3. As pirâmides ecológicas

As transferências de matéria e de energia nos ecossistemas são, com freqüência, representadas graficamente, mostrando as relações entre os diferentes níveis tróficos em termos de quantidade. Como há perda de matéria e de energia em cada nível trófico, as representações adquirem a forma de pirâmides. As pirâmides ecológicas podem ser de energia, de biomassa ou de número.

A pirâmide de energia (Figura C3) expressa a quantidade de energia acumulada em cada nível trófico da cadeia alimentar.

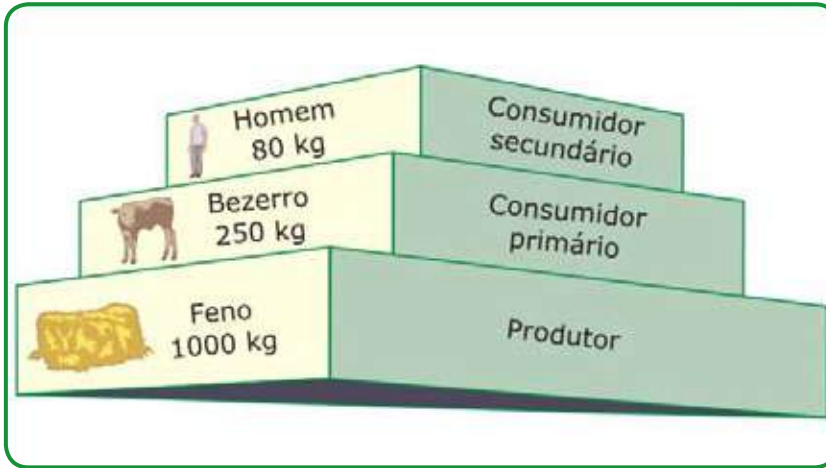


**Figura C3** - Pirâmide de energia de uma cadeia alimentar terrestre. (Fonte: adaptado de [http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao\\_ambiental/Tecnologias\\_Ambientais2005/Ecologia/CONC\\_BASICOS\\_ECOLOGIA\\_V1.pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Ecologia/CONC_BASICOS_ECOLOGIA_V1.pdf))

O fluxo decrescente de energia da cadeia alimentar é o responsável pela pirâmide apresentar o vértice voltado para cima. O comprimento do retângulo da figura 3 indica o conteúdo de energia presente em cada nível trófico da cadeia. É estimado que cada nível trófico transfira apenas 10% da energia para o nível trófico seguinte. Em consequência, dificilmente uma pirâmide apresentará mais de cinco níveis tróficos. Para ilustrar, vamos imaginar que uma área ocupada com uma lavoura de grãos seja capaz de alimentar 100 pessoas durante o ano. Se for utilizada para engordar bovinos, poderá alimentar apenas cinco pessoas durante o mesmo período de tempo. Observa-se, assim, que foi perdida uma quantidade de energia muito grande de um nível trófico para outro. Pode-se concluir que os consumidores primários têm mais energia disponível que os de demais níveis tróficos: consumidores secundários e terciários.

A pirâmide de biomassa (Figura C4) expressa a quantidade de ma-

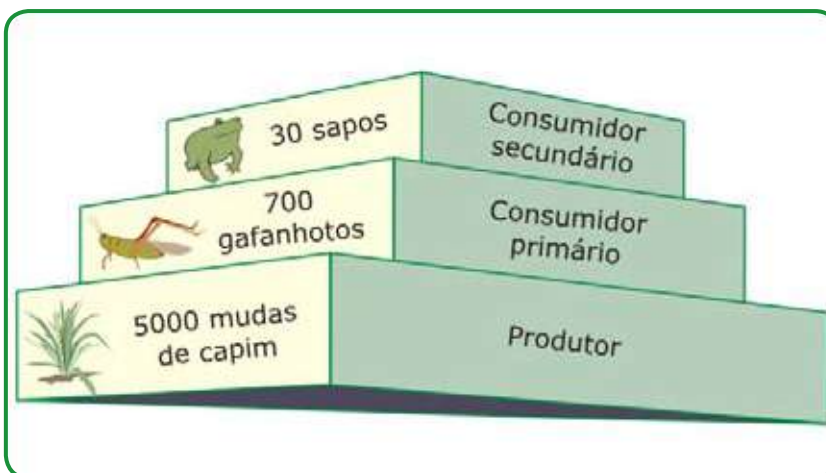
téria orgânica acumulada em cada nível trófico da cadeia alimentar.



**Figura C4** - Pirâmide de biomassa de uma cadeia alimentar terrestre. (Fonte: adaptado de [http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao\\_ambiental/Tecnologias\\_Ambientais2005/Ecologia/CONC\\_BASICOS\\_ECOLOGIA\\_V1.pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Ecologia/CONC_BASICOS_ECOLOGIA_V1.pdf))

Apenas uma pequena quantidade de biomassa adquirida é utilizada na formação de matéria orgânica de um dado nível trófico. A maior parte da biomassa é utilizada como fonte de energia e depois eliminada para o meio ambiente na forma de resíduos respiratórios (gás carbônico e água) e excreções (urina e fezes). Da mesma maneira que na pirâmide de energia, apenas 10% dessa matéria é transferida para o nível trófico seguinte.

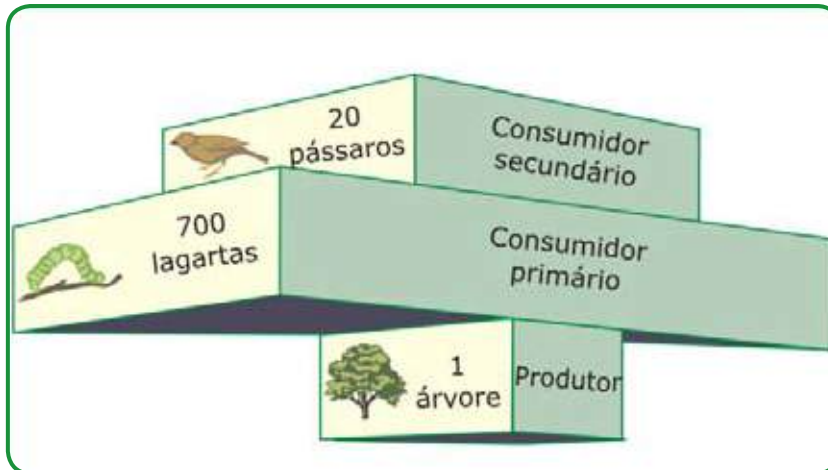
A pirâmide de números (Fig. C11) expressa a quantidade de organismos presente em cada nível trófico da cadeia alimentar.



**Figura C5** - Pirâmide de números com o vértice voltado para cima. (Fonte: adaptado de [http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao\\_ambiental/Tecnologias\\_Ambientais2005/Ecologia/CONC\\_BASICOS\\_ECOLOGIA\\_V1.pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Ecologia/CONC_BASICOS_ECOLOGIA_V1.pdf))



Como o número de indivíduos diminui ao longo dos níveis tróficos de uma cadeia alimentar, a pirâmide de números tem o vértice voltado para cima. Entretanto, há muitos exemplos de pirâmides de números com o vértice voltado para baixo, como podemos observar na Figura C6.



**Figura C6** - Pirâmide de números com o vértice voltado para baixo. (Fonte: adaptado de [http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao\\_ambiental/Tecnologias\\_Ambientais2005/Ecologia/CONC\\_BASICOS\\_ECOLOGIA\\_V1.pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Ecologia/CONC_BASICOS_ECOLOGIA_V1.pdf))

As plantas clorofiladas podem ser terrestres, marinhas ou de água doce (rios, lagos, lagoas). Então, esses seres ficam na base da pirâmide alimentar. O degrau seguinte é representado por pequenos animais que se alimentam exclusivamente de plantas (animais herbívoros). Esses herbívoros, por sua vez, vão servir de alimento para pequenos animais que se alimentam de outros (animais carnívoros). Constituem o terceiro degrau. Os degraus seguintes são representados por carnívoros cada vez maiores. Esses degraus são cada vez menores, pois representam o número de indivíduos que nele ocorrem, e é evidente que é preciso um grande número de indivíduos menores para construirmos um menor número de indivíduos maiores.

Como exemplo, temos certos peixes pequenos que são comidos em grande número por peixes maiores, que devem existir em menor número. É por esse motivo que os elos sucessivos de uma cadeia alimentar podem ser representados por degraus sucessivos, cada vez menores, que assumem, pois, a forma de uma pirâmide. Na terra, no mar ou em água doce, há sempre mais matéria orgânica constituindo organismos vivos em degraus mais próximos da base da pirâmide. Em certa área geográfica, podem ocorrer várias pirâmides ao mesmo tempo.

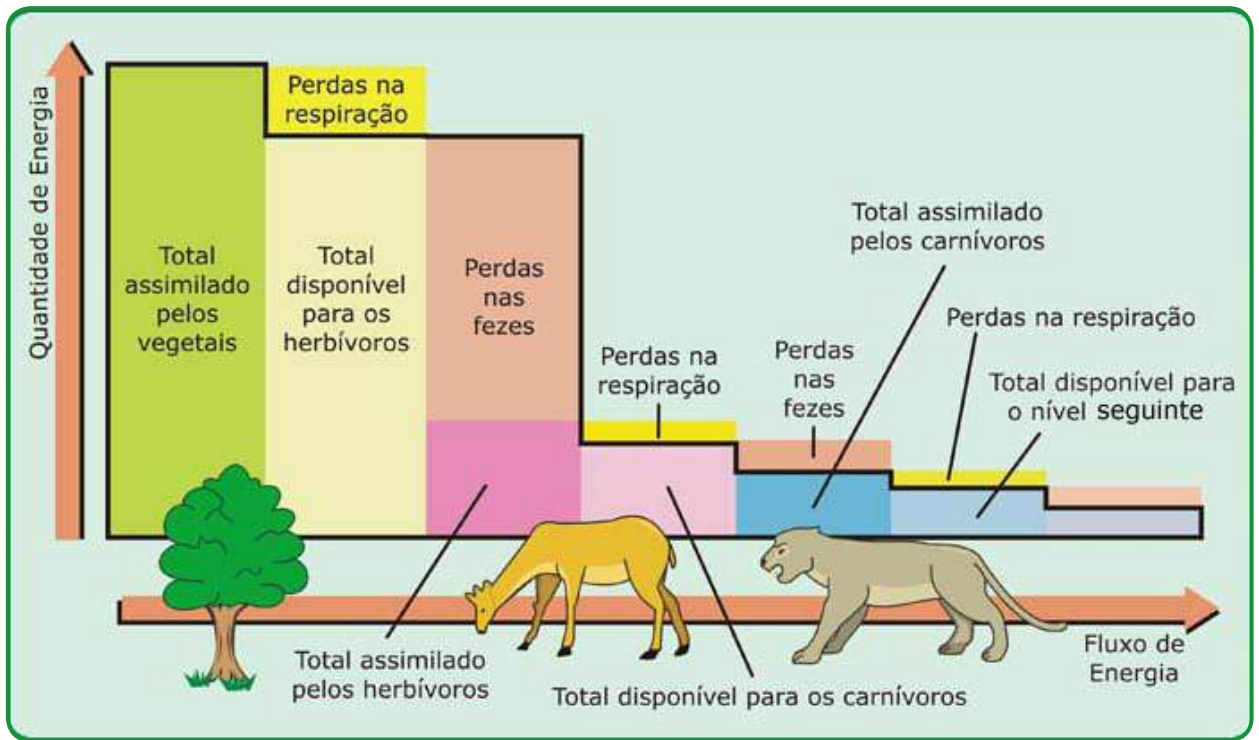
Algumas pirâmides encontradas no mesmo local podem mostrar

uma interpenetração de seus degraus inferiores, porque os seres que constituem esses degraus ocupam a mesma área. Isso levará a pirâmides com uma base comum, mas com dois ou mais ápices independentes.

#### 1.4. Produtividade nos ecossistemas

A produtividade consiste na quantidade de energia (ou de biomassa) que flui (é produzida ou transferida) em função do tempo. Pode ser expressa nas seguintes unidades:  $\text{kcal m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ , quando se refere à transferência de energia entre os níveis tróficos;  $\text{kg m}^{-2} \text{ano}$  ou  $\text{gC m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ , quando se refere à conversão de biomassa entre os níveis tróficos. A unidade  $\text{gC m}^{-2} \text{ano}^{-1}$  indica a quantidade de carbono, em gramas, que foi incorporada às moléculas orgânicas em cada metro quadrado por ano.

A produtividade pode ser classificada em primária ou secundária e em bruta ou líquida, conforme pode ser observado nas Figuras 7 e 8. A produtividade primária é aquela realizada pelos produtores, o primeiro nível trófico. A produtividade secundária é efetuada pelos demais níveis tróficos. A produtividade bruta está relacionada ao ganho total de energia ou biomassa. Já a produtividade líquida é a quantidade de energia ou de biomassa que sobra da produtividade bruta depois de descontados os gastos com a respiração (que inclui todas as atividades voltadas à sobrevivência e à reprodução). Essa produtividade corresponde, portanto, ao total de energia ou de biomassa disponível para o nível trófico seguinte.



**Figura C7-** Produtividade em um ecossistema terrestre. (Fonte: adaptado de [http://www.rainhadapaz.com.br/projetos/ciencias/ecologia/bonito/Cap%20III/eco\\_Energia%20e%20Biomassa%20nas%20cadeias%20alimentares.htm](http://www.rainhadapaz.com.br/projetos/ciencias/ecologia/bonito/Cap%20III/eco_Energia%20e%20Biomassa%20nas%20cadeias%20alimentares.htm))

Essas relações podem ser expressas matematicamente. Assim:

$$PPL = PPB - R$$

em que:

PPL = produtividade primária líquida

PPB = produtividade primária bruta

R = respiração

Caso o consumidor primário faça uso integral do produtor:

$$PSB = PPL \text{ e } PSL = PSB - R$$

em que:

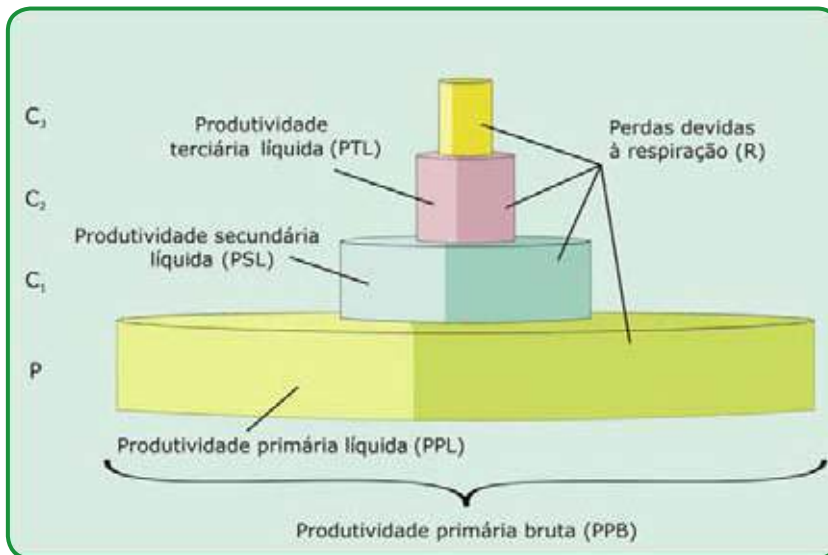
PSB = produtividade secundária bruta

PSL = produtividade secundária líquida

É possível observar (Fig. C7) que, em cada nível trófico, a produtividade líquida é igual à produtividade bruta menos a respiração, e que a biomassa disponível diminui a cada nível trófico que se avança. Em consequência, a produtividade líquida de um nível trófico é igual à produtividade bruta do nível trófico subsequente.

Outro aspecto importante a destacar é que o total de biomassa

anual perdido para o ambiente, se somado à produtividade líquida do último nível trófico, é igual à biomassa que entrou no ecossistema ao longo de um ano, ratificando a primeira lei da termodinâmica.



**Figura C8** - Relação entre as produtividades primária e secundária, líquida e bruta. Fonte: adaptado de [www.rainhadapaz.com.br/projetos/ciencias/ecologia/bo-nito/Cap%20III/eco\\_Energia%20e%20Biomassa%20nas%20cadeias%20alimentares.htm](http://www.rainhadapaz.com.br/projetos/ciencias/ecologia/bo-nito/Cap%20III/eco_Energia%20e%20Biomassa%20nas%20cadeias%20alimentares.htm))

### 1.5. Classificação dos ecossistemas de acordo com as fontes de energia

Os ecossistemas podem ser classificados de acordo com sua dependência, em maior ou menor grau, a outras fontes de energia além da energia solar em:

- ecossistemas naturais: dependem da energia solar sem outros subsídios. Exemplos: oceanos abertos, florestas de altitude;
- ecossistemas que dependem da energia solar, mas que recebem subsídios naturais. Exemplos: estuário de marés, algumas florestas úmidas;
- ecossistemas que dependem da energia solar, mas que recebem subsídios antropogênicos. Exemplos: agricultura, aquicultura;
- sistemas urbano-industriais em que os combustíveis fósseis substituem a energia solar. Exemplos: cidades, zonas industriais.

## 1.6. O fluxo energético nos ecossistemas naturais e nos agroecossistemas convencionais

Todos os ecossistemas são considerados sistemas mais ou menos abertos, que trocam energia e matéria com o meio biótico e abiótico que os circunda. Entretanto, os agroecossistemas são manejados para ser muito abertos, com entradas e saídas de energia de muito maior magnitude que as entradas e saídas de energia dos sistemas naturais.

Nos agroecossistemas, além da radiação solar, que é transformada em biomassa por intermédio da fotossíntese, é introduzida energia através de insumos (fertilizantes, produtos fitossanitários, energia humana e animal, combustíveis fósseis para movimentar as máquinas agrícolas, etc.) aumentando a entrada ou o “input” energético.

A saída ou exportação é, também, maximizada nesses sistemas, uma vez que a retirada da biomassa, no momento da colheita, é o objetivo principal de um agroecossistema.

Muitas vezes, a relação entre a entrada e a saída de energia em um agroecossistema resulta em um balanço energético negativo, com muito mais aporte que saída de energia do sistema. Em função disso, muitos pesquisadores vêm estudando o balanço energético nos sistemas agrícolas e suas implicações para a **sustentabilidade** e **eficiência ecológica** dos agroecossistemas.

Em muitos cultivos agrícolas, investe-se mais energia do que se retira como produto, ou seja, para que o processo produtivo ocorra, é necessário um grande montante de energia que é dissipado na forma de calor, não estando, portanto, disponível para realizar trabalho. Uma parte ainda se converte em contaminação ou em resíduos acumulados no meio ambiente. Assim, uma forma de agricultura com uso intensivo de energia externa, proveniente de fontes não renováveis, não pode ser sustentável às gerações futuras.

Os aportes energéticos adicionais na agricultura podem ser divididos em ecológicos (da energia solar) e culturais (derivados de fontes humanas). Os culturais são divididos em biológicos e industriais que são, respectivamente, a energia proveniente de organismos (incluindo o trabalho humano, animal e esterco) e a energia proveniente de combustíveis fósseis, fissão radioativa e fontes geotérmicas e hidrológicas.

O ponto-chave para se entender a sustentabilidade de um agroecossistema é a forma como a energia cultural (biológica e industrial) é utilizada para direcionar a conversão de energia ecológica em biomassa. Para manter um agroecossistema com baixa diversidade, é necessário gastar energia para que se controlem as condições ótimas de crescimento e desenvolvimento dos cultivos. Quanto maior o aporte energético cultural, maior pode ser a produtividade. Porém, essa rela-

### **AE** GLOSSÁRIO

**A sustentabilidade** é definida como a capacidade de um agroecossistema em manter a produtividade quando está submetido à perturbações. O ataque de pragas e doenças e os efeitos decorrentes de secas e inundações são exemplos dessas perturbações.

**Eficiência ecológica** é a relação entre a energia que sai pela energia que entra. Corresponde à razão entre duas taxas de fluxo de energia, isto é, a medida de quanto de energia é retida no fluxo.

ção não é de um para um, ou seja, quando o aporte de energia para um agroecossistema é muito alto (como na agricultura intensivamente industrializada) o retorno da energia “investida” geralmente é bem menor.

Para ilustrar esse balanço energético desfavorável vamos considerar os seguintes números: em sistemas não-mecanizados (uma pastagem natural com aportes culturais biológicos), o retorno varia de 5 a 40 calorias de alimento produzido para cada caloria cultural investida. Em lavouras mecanizadas de trigo e milho, essa relação cai para 1 a 3 calorias; enquanto, na produção de hortaliças e frutíferas, o balanço é negativo ou, no máximo, igual à entrada de energia cultural investida.

Na produção animal, isso é ainda mais grave: cada caloria de proteína de leite, carne bovina ou suína produzida em confinamento requer 30 a 80 calorias de energia; cultural enquanto uma caloria de proteína vegetal, na forma de grãos, necessita o aporte de apenas 3 calorias de energia cultural.

### **1.7. O impacto dos agroecossistemas convencionais nas cadeias alimentares**

Em um sistema agrícola convencional moderno (aquele que se baseia no emprego maciço de energia fóssil, na utilização de variedades de alta produção e de resistência às pragas e às doenças e no emprego intensivo de capital), o homem reduz drasticamente a biodiversidade, simplifica fortemente a estrutura alimentar, e o que é mais grave ainda, interfere e modifica abruptamente a ciclagem de materiais.

As práticas e tecnologias empregadas na agricultura moderna brasileira têm levado a uma redução da biodiversidade do espaço rural, principalmente ao alterar as cadeias tróficas.

Em uma lavoura de milho, por exemplo, só é permitido crescer a planta de milho. Se aparecerem as chamadas ervas daninhas, será efetuada a sua eliminação através de capinas ou aplicação de herbicidas. A cadeia alimentar, nesse caso, resume-se à própria planta de milho (com suas sementes) e ao homem, se for para a sua alimentação, ou aos animais domésticos, se o destino for a alimentação animal.

A fauna predominante nos agroecossistemas é pobre e formada por animais domésticos, muitos insetos herbívoros (severamente combatidos) e aves que vêm em busca de sementes e frutos.

A redução da biodiversidade nos agroecossistemas gera desequilíbrio e desestabilidade, tornando necessária a freqüente intervenção do homem para que seja alcançado o objetivo, a maximização da produção. O uso de inseticidas, por exemplo, reduz populações e povoaamentos de insetos herbívoros e carnívoros e, por conseqüência, toda a cadeia de animais insetívoros, quando não os prejudica diretamente

por toxidez de contato ou ingestão.

 **ATIVIDADE**

**Atividade C1** -Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.



## **2. Bibliografia Consultada**

AQUINO, A.M; ASSIS, R.L. (Eds.) **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 517p.

EPAMIG. **Agricultura alternativa. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, 2001. 88 p.

EPAMIG. **Agroecologia**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, 2003. 97 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. 653p.

ODUM, E. **Fundamentos de ecologia**. 7 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2004. 928 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110 p.

## **3. Bibliografia complementar**

TEIXEIRA, O.A.; LAGES, V.N. **Do produtivismo à construção da agricultura sustentável: duas abordagens pertinentes à questão**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.13, n.3, p.347-368, 1996.

LIMA, R.G.; WIZNIEWSKY, J.G.; MARTINS, S.R. **Os desafios da sustentabilidade para o desenvolvimento rural da região do vale do rio pardo**, RS. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 613-650, 2005.

MIRANDA, J.R.; MIRANDA, E.E. **Biodiversidade e sistemas de produção orgânicos: recomendações no caso da cana-de-açúcar**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004, 94 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 27).

MOREIRA, R.M.; CARMO, M.S. **Agroecologia na construção do desenvolvimento rural sustentável**. Agricultura São Paulo, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 37-56, 2004.

## UNIDADE D

### A MATÉRIA NOS AGROECOSSISTEMAS

#### Introdução

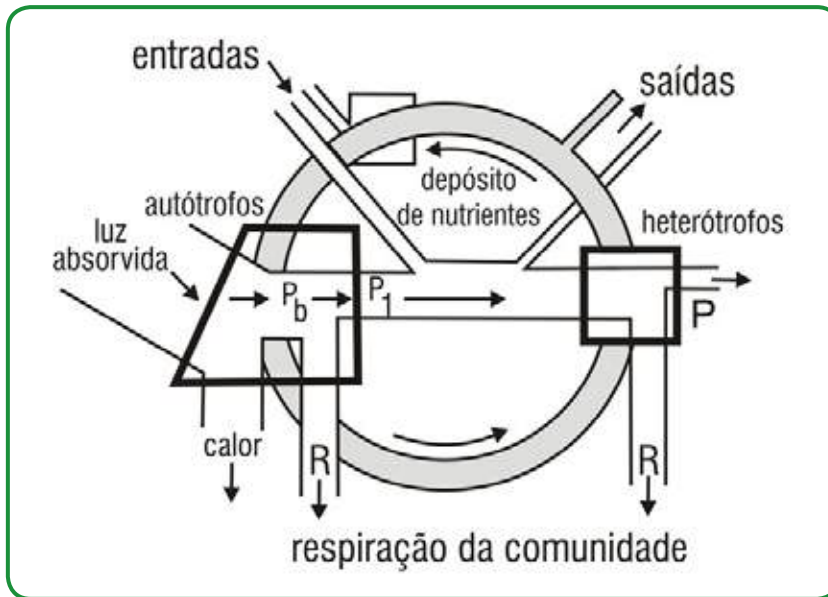
Na unidade anterior, vimos que os organismos requerem energia para manter suas funções vitais e que o fluxo da energia nos agroecossistemas é unidirecional. Além da energia, os organismos necessitam da entrada de matéria, ou seja, nutrientes que contêm elementos essenciais para a construção de células, tecidos e moléculas complexas que farão funcionar o corpo. O fluxo da matéria está intimamente relacionado ao fluxo da energia, já que a biomassa transferida entre níveis tróficos contém energia em ligações químicas e matéria que serve de nutriente. Nesta unidade, estudaremos o fluxo da matéria nos agroecossistemas.

#### Objetivos da Unidade

- Entender o fluxo da matéria nos agroecossistemas;
- conhecer os ciclos biogeoquímicos da água, do carbono, do nitrogênio, do fósforo, do enxofre e de outros elementos;
- discutir a reciclagem de nutrientes em agroecossistemas;
- analisar o descarte de resíduos nos agroecossistemas.

#### 1. Ciclos biogeoquímicos

Como vimos na introdução, o fluxo da matéria está intimamente relacionado ao fluxo da energia, já que a biomassa transferida entre níveis tróficos contém energia em ligações químicas e matéria que serve de nutriente. No entanto, o fluxo de energia é unidirecional, enquanto o fluxo de nutrientes se dá de forma cíclica, conforme ilustrado na figura D1.



**Figura D1** - Fluxo da matéria sobreposto ao fluxo da energia. (Fonte: adaptado de Odum, 2004)

Os organismos produtores transformam a energia do sol em alimentos para si e depois alimentam os consumidores que compõem os níveis tróficos superiores. Quando esses organismos morrem, a matéria orgânica é decomposta pelos microrganismos decompositores e os nutrientes retornam ao solo na forma de minerais, podendo ser aproveitados por outros organismos. Portanto, os nutrientes movem-se dos componentes bióticos (aqueles que têm vida) de um agroecossistema para os componentes abióticos (aqueles que não têm vida) e, novamente, para os bióticos. Esses ciclos, devido ao envolvimento de componentes bióticos e abióticos, são chamados de ciclos biogeoquímicos. Muitos nutrientes são ciclados dessa forma.

Os ciclos biogeoquímicos constituem os caminhos percorridos ciclicamente pela água e elementos químicos, como o carbono (C), o nitrogênio (N), o fósforo (P), o enxofre (S), o oxigênio (O), o cálcio (Ca) e outros, através da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera da Terra, sendo, portanto, afetados por processos geológicos, hidrológicos e biológicos. Embora cada elemento tenha um ciclo específico, pode-se agrupá-los em dois tipos: o tipo gasoso, no qual se enquadram o C, N e O, cujo grande reservatório está na atmosfera; e o tipo sedimentar, envolvendo o P, S, K ou o Ca, cujo reservatório principal é o solo.

Os ciclos do tipo gasoso se ajustam rapidamente, por si só, às perturbações locais por causa do grande depósito atmosférico. Aumentos locais da concentração de  $CO_2$  tendem a ser dissipados na atmosfera pelo movimento do ar e compensados com maior absorção pelas plantas e formação de carbonatos no mar. No entanto, recentemente temos

visto que há limites para essa capacidade de ajustamento automático da atmosfera.

### ATIVIDADE

**Atividade D1** - Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

Os ciclos do tipo sedimentar são mais facilmente rompíveis por perturbações locais, haja vista que a grande massa de material encontra-se em um depósito relativamente inativo e imóvel na crosta terrestre, sendo que os mecanismos de ciclagem são, em muitos casos, principalmente bióticos.

O conhecimento dos ciclos biogeoquímicos é de suma importância para avaliar o impacto que um material potencialmente perigoso possa causar no ambiente e nos seres vivos que dependem direta ou indiretamente dele para sua sobrevivência. Começaremos discutindo os ciclos da  $H_2O$  e do C, uma vez que esses têm uma abrangência global e são provavelmente, os mais importantes no que diz respeito à espécie humana.

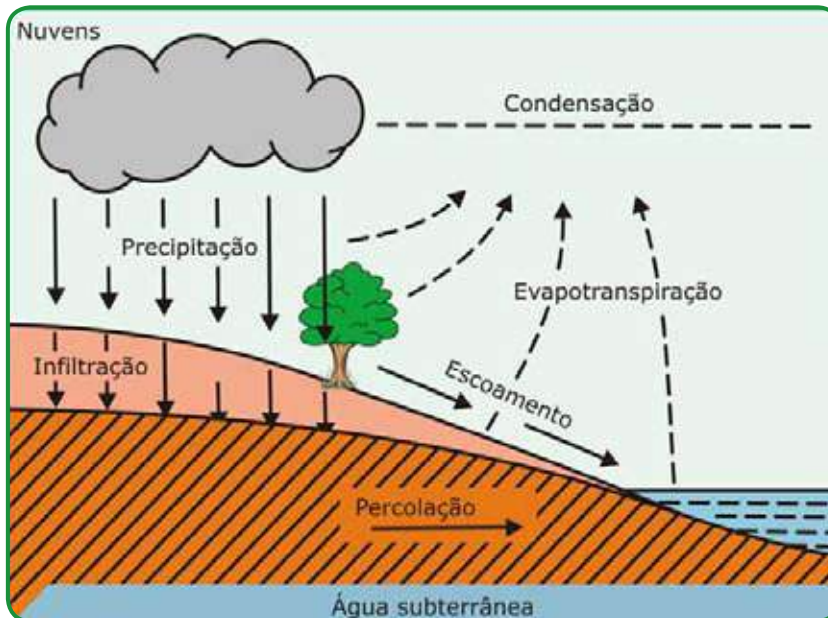
## 1.1. Ciclo da água

Dados recentes revelados pela Organização das Nações Unidas (ONU) mostram que 2 bilhões de pessoas sofrem com a escassez de água e que, até o ano 2025, deverão ser 4 bilhões de pessoas, ou seja, 50% da população mundial. Isso nos mostra o desafio que a humanidade tem pela frente em um futuro bem próximo.

Você deve lembrar que na natureza, a água pode ser encontrada na forma sólida, líquida ou gasosa e está em constante interação com a atmosfera, o solo, a vegetação e a fauna. Da água presente na crosta terrestre, 97,6% é salgada e 2,4% é água doce. 79% da água doce existente está na forma de geleira, 20,96% são águas subterrâneas e apenas 0,04% se encontra em rios e lagos, esses constantemente ameaçados por diferentes formas de poluição.

Na figura D2, podemos observar o ciclo da água no planeta. A quantidade de água na forma gasosa encontrada na atmosfera é muito pequena se comparada com as quantidades encontradas nos estados sólido e líquido. A forma gasosa da água é proveniente da **evapotranspiração**, que é a soma da transpiração dos seres vivos e da evaporação da água no estado líquido. A evapotranspiração é um processo que requer a energia proveniente da ação do sol, de forma direta, sobre a evaporação e, de forma indireta, sobre a transpiração; pois, como vimos na unidade C, durante a transpiração os organismos liberam calor para

o ambiente. Na atmosfera, a água gasosa sofre **condensação** e pode se precipitar na forma líquida (chuva) ou sólida (granizo ou neve), caso haja um resfriamento rápido.



**Figura D2** - Ciclo da água. (Fonte: adaptado de <http://www.geofisica.com.br/cicloa.gif>)

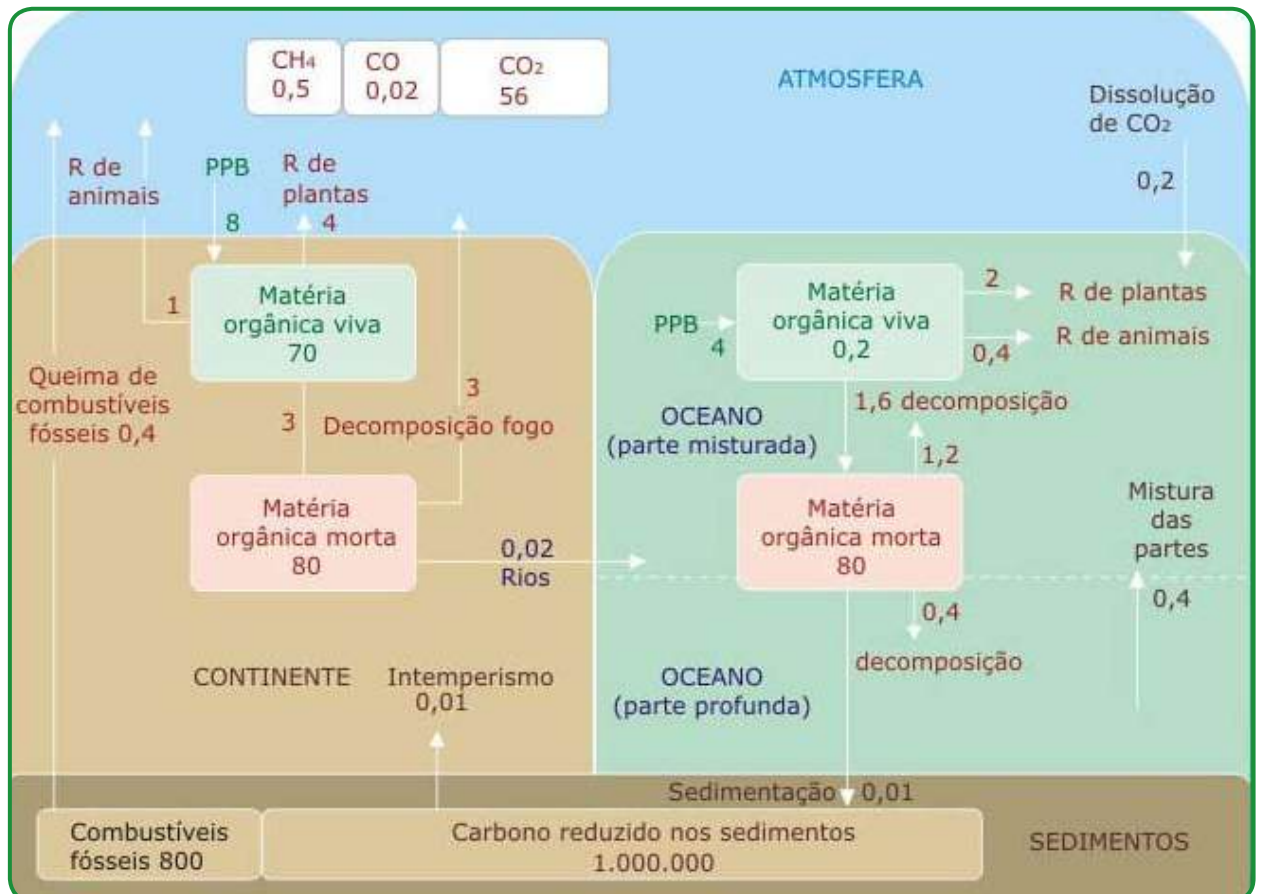
A água que atinge a superfície terrestre como chuva pode escorrer pelo terreno, infiltrar no solo ou evaporar. A água de escoamento superficial vai diretamente aos lagos, riachos, rios e desses para os oceanos. A água que infiltra é levada, por percolação, através do solo até a zona saturada, preenchendo os espaços entre as partículas do solo e das rochas, constituindo a água subterrânea. Na zona de aeração, a água se encontra nos poros do solo e é absorvida pelo sistema radicular das plantas. Portanto, para a maioria das plantas, o solo é a principal fonte de água. O volume de água incorporada às plantas durante seu crescimento é infinitesimal quando comparado ao volume que flui através da planta na transpiração. Mesmo assim, ela é um recurso crítico e fortemente associado ao uso dos nutrientes utilizados pelas plantas.

## 1.2. CICLO DO CARBONO

O **carbono** é um elemento químico presente em todos compostos orgânicos e em muitos inorgânicos, o que evidencia sua importância para os seres vivos. Movendo-se facilmente entre sua forma abiótica, na atmosfera (dióxido de carbono -  $\text{CO}_2$ ) e nas águas de mares, oceanos, rios e lagos, e sua forma biótica (carboidratos complexos), em tecido

vegetal e animal, caracteriza-se por ser prontamente disponível para os organismos.

Na figura D3, podemos examinar o ciclo do carbono com seus depósitos e fluxos.



**Figura D3** - Ciclo do carbono com seus depósitos e fluxos - Depósitos:  $10^5$  mol; fluxos:  $10^5$  mol . ano<sup>-1</sup> (Fonte: adaptado de [www.ib.usp.br/.../ciclo\\_bio-geoquimicos\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/.../ciclo_bio-geoquimicos_print.htm))

O  $\text{CO}_2$  é removido da atmosfera através da fotossíntese realizada pelas plantas e bactérias fotossintetizantes e é utilizado na síntese de compostos orgânicos como carboidratos (açúcares), proteínas e lipídeos, que servem de alimento para outros organismos.

O carbono presente nas plantas pode retornar à atmosfera durante a respiração e após a morte e decomposição das plantas, retorna na forma de  $\text{CO}_2$  e passa para animais superiores via cadeia alimentar. Os animais herbívoros recebem o carbono dos vegetais de forma direta, alimentando-se deles, e os animais carnívoros, de forma direta ou indireta, alimentando-se dos animais herbívoros. Assim como nas plantas, o carbono presente nos animais pode retornar à atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ , seja pela respiração dos animais, seja por sua morte e decomposi-



ção. Da mesma forma, a decomposição dos dejetos produzidos pelos animais libera  $\text{CO}_2$  durante sua decomposição.

O carbono permanece na matéria orgânica viva ou morta, ou mesmo como húmus no solo, por períodos de tempo variáveis, dependendo inclusive de outros nutrientes, como veremos mais adiante. Entretanto sempre retorna ao reservatório atmosférico como  $\text{CO}_2$  antes de ser reciclado novamente.

O  $\text{CO}_2$  atmosférico também se dissolve facilmente na água, resultando em ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) que ataca os silicatos das rochas e produz íons bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), que são levados pelas águas até os oceanos, onde são assimilados pelos animais para formação de tecidos e depositados nos sedimentos após a sua morte. A matéria orgânica nesses sedimentos constitui-se-á, ao longo de milhares de anos, nos depósitos fósseis (carvão, petróleo, gás natural). Através da combustão desses combustíveis fósseis nas atividades industriais e de transporte, esse carbono é devolvido à atmosfera. No entanto, a grande discrepância entre a velocidade de produção de  $\text{CO}_2$  nessas atividades e sua utilização pelas plantas, associada com a queimada das florestas e mares tem causado problemas que você já foi convidado a descrever. Vamos descrever mais alguns?

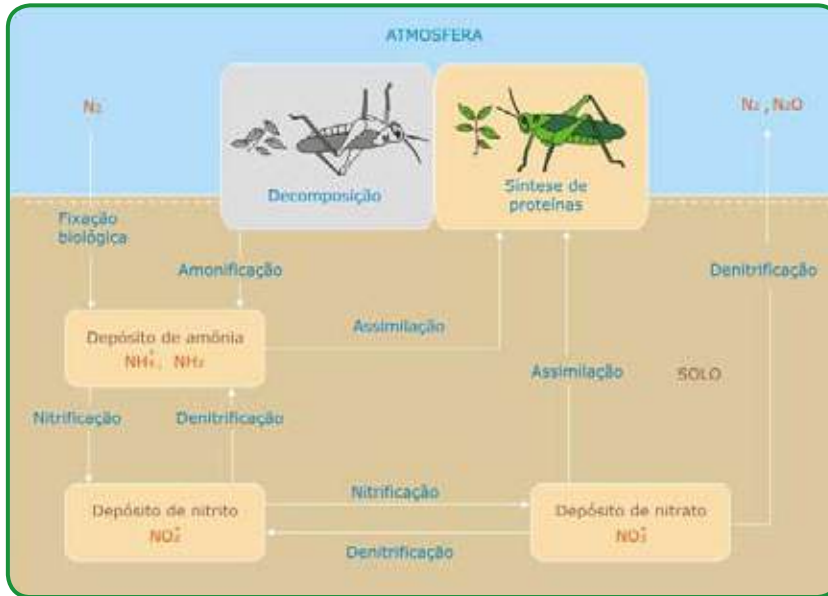
#### ATIVIDADE

**Atividade D2** - Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

### 1.3. Ciclo do nitrogênio

O nitrogênio (N) é um elemento químico constituinte das proteínas, dos ácidos nucléicos e do ATP, um nucleotídeo essencial para todos os seres vivos. Como podemos ver na figura D4, o nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) é fixado por um grupo específico de bactérias, e o nitrogênio orgânico passa para a forma inorgânica pela ação de uma série de bactérias decompositoras, especializadas em um papel específico nessa tarefa.





**Figura D4** - Ciclo do nitrogênio. (Fonte: adaptado de [www.ib.usp.br/.../ciclo\\_biogequimicos\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/.../ciclo_biogequimicos_print.htm))

Na forma de  $N_2$ , presente em grande quantidade no ar (cerca de 79%), o nitrogênio é assimilado apenas por algumas bactérias, que o utilizam na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas. A forma utilizável pela maioria dos organismos é a amônia ( $NH_3$ ), resultante do processo de conversão do nitrogênio atmosférico chamado fixação. A fixação pode ser física, através de relâmpagos e raios elétricos, com quantidades negligenciáveis diante da necessidade dos seres vivos; a fixação pode ser também industrial, realizada pelas indústrias de fertilizantes e biológica, realizada por microrganismos.

Vamos examinar a fixação biológica. Bactérias, especialmente do gênero *Rhizobium*, através de uma relação de **simbiose** com plantas leguminosas, como o feijão e a soja, fixam o nitrogênio molecular ( $N_2$ ) e o convertem em  $NH_3$ , a forma disponível para as plantas. Uma vez incorporado à biomassa das plantas, esse nitrogênio orgânico pode fazer parte do reservatório de nitrogênio do solo. A fixação biológica também pode se dar por bactérias de vida livre.

No solo, a atuação dos decompositores sobre as formas orgânicas do nitrogênio dos dejetos animais, de resíduos vegetais, da matéria orgânica, etc., libera, entre outros resíduos, a amônia, que em combinação com a água do solo, resulta no íon amônio ( $NH_4^+$ ). Esse processo é chamado de mineralização ou amonificação.

No processo de nitrificação, o  $NH_4^+$  é transformado em nitrito ( $NO_2^-$ ) pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas*; e o nitrito em nitrato ( $NO_3^-$ ) pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*, que é a principal forma assi-

**+ SAIBA MAIS**

**Simbiose:** relação mutuamente vantajosa entre dois ou mais organismos vivos de espécies diferentes.

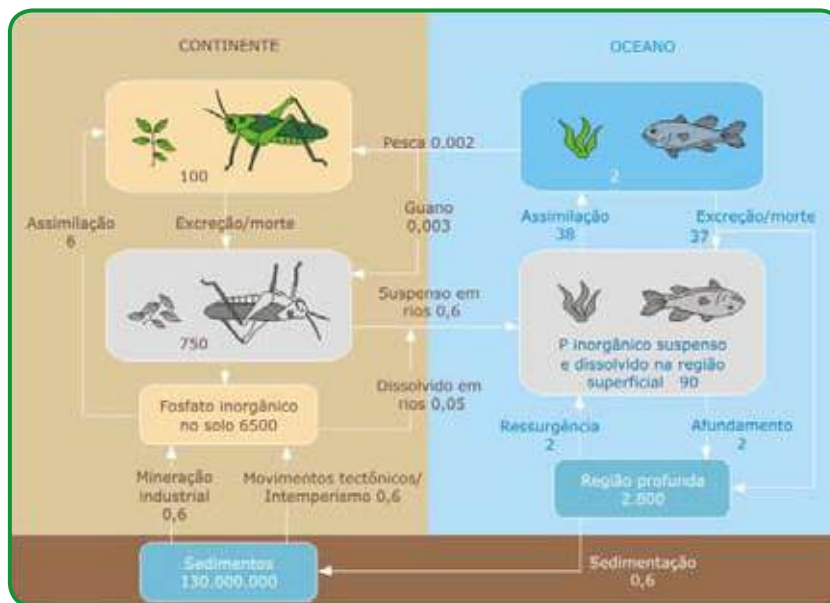
milável pelas plantas. O nitrogênio, tanto na forma  $\text{NH}_4$  quanto  $\text{NO}_3^-$ , quando assimilado pelos microrganismos, fica imobilizado nos tecidos desses, até sua morte e decomposição e, portanto, temporariamente indisponível à absorção pelas plantas.

O  $\text{NO}_3^-$  pode, ainda, ser perdido no perfil do solo por **lixiviação**, ou, como  $\text{N}_2$  ou óxidos gasosos de nitrogênio, por **desnitrificação**.

#### 1.4. Ciclo do fósforo

Passaremos agora a examinar os ciclos do tipo **sedimentar**.

O fósforo é um elemento químico integrante da estrutura de moléculas importantes no metabolismo celular, como os fosfolipídeos, ácidos nucléicos e coenzimas. Diferentemente do carbono e do nitrogênio, o fósforo não tem forma gasosa significativa, sendo que seu grande reservatório são as rochas formadas durante eras geológicas passadas. Examinemos a figura D5.



**Figura D5** - Ciclo do fósforo com seus depósitos e fluxos - Depósitos:  $10^{12}$  mol; fluxos:  $10^{12}$  mol . ano<sup>-1</sup> (Fonte: adaptado de [www.ib.usp.br/.../ciclo\\_biogeoquimicos\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/.../ciclo_biogeoquimicos_print.htm))

Através da **intemperização** da rocha, o fósforo é transferido lentamente aos ecossistemas, onde é absorvido pelas plantas e transferido para animais superiores, via alimentação.

O fósforo orgânico contido em dejetos animais, restos vegetais e na matéria orgânica do solo é transformado em fósforo inorgânico ( $\text{PO}_4^-$ ) pelos microrganismos decompositores, uma forma solúvel que pode ser absorvida pelas plantas ou ligada quimicamente. A parcela que não

#### + SAIBA MAIS

**Lixiviação:** Processo que ocorre no solo quando nutrientes são levados até ao lençol freático pelo movimento descendente da água da superfície (chuva ou irrigação) ao longo das camadas do perfil do solo.

**Desnitrificação:** Processo pelo qual o  $\text{NO}_3^-$  é reduzido a formas gasosas de N, como  $\text{N}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$

#### ! ALERTA

Recorde que a diferença entre os ciclos do tipo gasoso e sedimentar é que o **sedimentar** é mais facilmente rompível por perturbações locais devido à grande massa de material encontrar-se em um depósito relativamente inativo e imóvel na crosta terrestre.

#### AE GLOSSÁRIO

**Intemperização** - Conjunto de processos devidos à ação de agentes atmosféricos e biológicos que geram a destruição física e a decomposição química dos minerais das rochas.

é absorvida ou ligada é facilmente transportada pela chuva para lagos, rios e oceanos, fazendo desses o grande reservatório de fósforo solúvel. A restituição do fósforo se dá pelas aves marinhas, quando se alimentam de peixes marinhos e excretam em terras firmes. Prova disso são os imensos depósitos de **guano** em ilhas, na costa do Peru (Figura D6).

**+ SAIBA MAIS**

Leia mais sobre o guano acessando: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Guano>



**Figura D6** - Depósito de guano em ilha do Peru. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 01)

### 1.5. Ciclo do enxofre

O enxofre (S), que também tem um ciclo do tipo sedimentar, é um constituinte importante de alguns aminoácidos e faz parte de moléculas estimuladoras de reações químicas promovidas por enzimas.

Na figura D7, podemos ver que há sedimentos de enxofre, assim como um grande reservatório desse elemento no solo e sedimentos e um depósito menor na atmosfera.

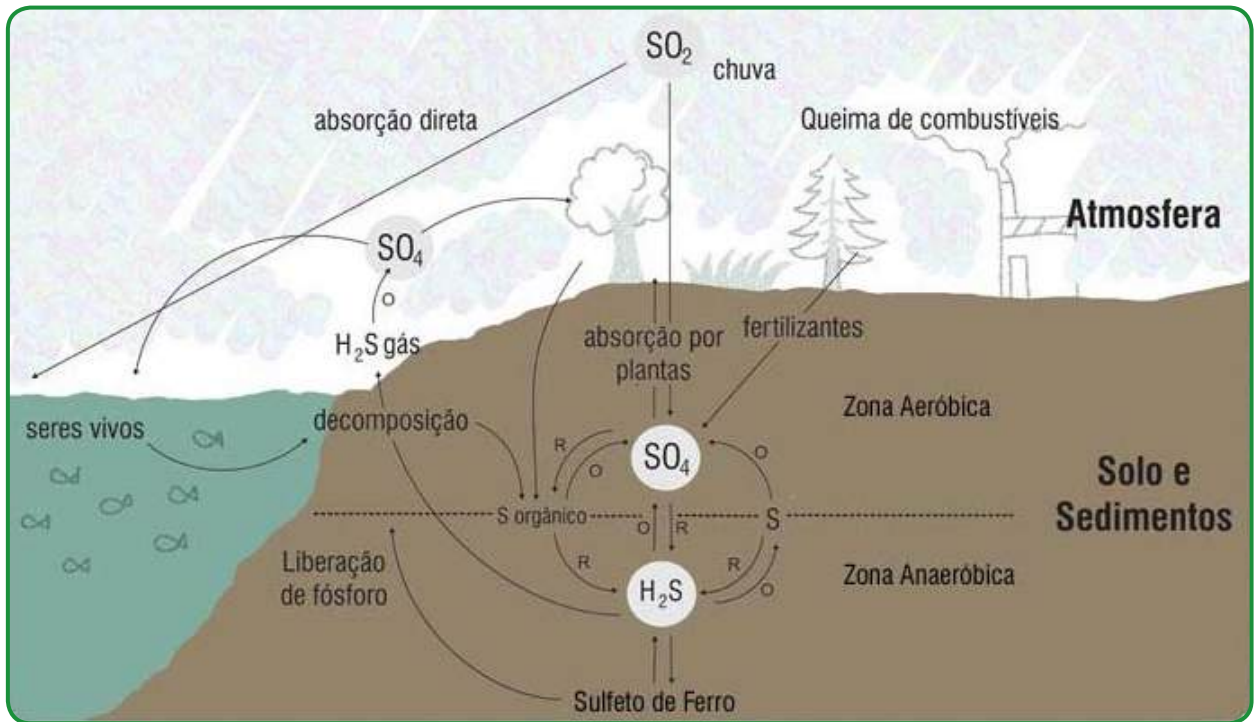


Figura D7 - Ciclo do enxofre. (Fonte: adaptado de Odum, 2004)

No reservatório maior, reações de oxidação e redução realizadas por grupos específicos de bactérias produzem alterações entre o depósito de sulfato ( $SO_4$ ), disponível na **zona aeróbica**, e o depósito de reserva de sulfeto de ferro, disponível na **zona anaeróbica**. O enxofre orgânico, presente em dejetos animais, restos culturais e na matéria orgânica, é convertido à forma disponível, assimilável pelas plantas, por microrganismos decompositores aeróbicos.

No reservatório menor, a atmosfera, o enxofre encontra-se como dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e anidrido sulfídrico ( $SO_3$ ), que são incorporados ao solo através das chuvas e transformados em íons de sulfato, ou capturados pelas folhas das plantas para a produção de aminoácidos. Com a queima de combustíveis fósseis, especialmente carvão, os níveis de óxidos de enxofre liberados na atmosfera têm aumentado a ponto de se tornarem tóxicos aos seres vivos.

Ainda que o enxofre seja requerido em quantidades menores que o nitrogênio e o fósforo, seu ciclo desempenha papel central no padrão global da produção e da decomposição. Isso está demonstrado pela seta "liberação do fósforo" na figura D7, pois, quando se formam sulfetos de ferro nos sedimentos, o fósforo é convertido de uma forma insolúvel numa forma solúvel, ficando disponível para os seres vivos. Esta é uma constatação de como um ciclo regula outro, assim como o tempo que o carbono permanece na matéria orgânica do solo, e o nitrogênio

## AE GLOSSÁRIO

**Zona Aeróbica:** Onde há presença de oxigênio.

**Zona Anaeróbica:** Onde há ausência de oxigênio.

imobilizado nos tecidos microbianos é função de suas concentrações nos materiais e/ou no solo.

Os ciclos que examinamos acima apresentam, com pequenas variações, as características principais dos ciclos biogeoquímicos de uma maneira geral:

- grande reservatório de depósito no solo e sedimentos;
- papel principal desempenhado por microrganismos especializados em determinadas funções;
- ação integrada de processos geoquímicos, meteorológicos (chuva, erosão, sedimentação, lixiviação, etc.) e biológicos (produção e decomposição);
- interdependência do solo, da água e do ar na regulação do ciclo em nível global.

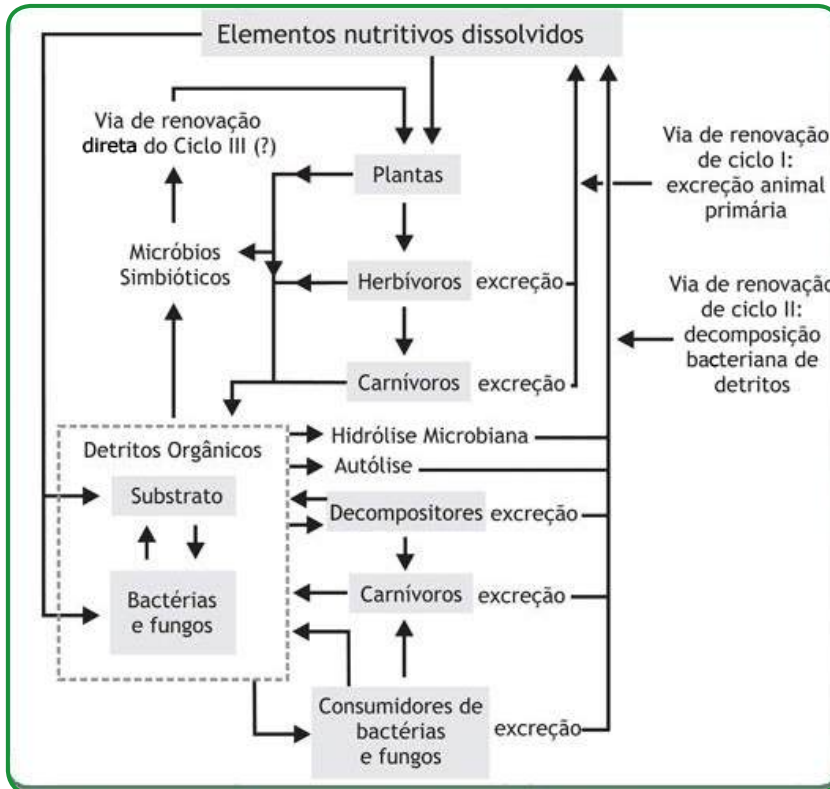
Podemos concluir a subunidade de ciclos biogeoquímicos dizendo que eles são responsáveis pela ciclagem dos nutrientes necessários à vida no planeta e que o padrão de ciclagem dos trópicos difere, em aspectos importantes, do padrão da zona temperada. Nas regiões mais frias, a maior parte dos nutrientes disponíveis está no solo ou nos sedimentos, enquanto que, nos trópicos, a parcela maior está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema. Por essa razão, precisamos reavaliar em especial a agricultura tropical caso queiramos corrigir erros passados e atuais, como a estratégia da monocultura, e evitar desastres futuros. Nesse sentido, fazer agricultura dentro dos preceitos da agroecologia tornará os agroecossistemas sustentáveis.

## 2. Reciclagem de nutrientes

Considerando que os ciclos biogeoquímicos são responsáveis pela renovação dos nutrientes em escala local e global, nesta subunidade, focaremos nossa atenção unicamente na regeneração biológica dos nutrientes, uma vez que a reciclagem é cada vez mais um imperativo para a sociedade.

Na figura D8, visualizamos as vias de reciclagem básicas. Como já vimos na subunidade anterior, formas solúveis dos nutrientes, portanto dissolvidos no meio, são absorvidas por plantas e assimiladas por bactérias e fungos. Após a alimentação, herbívoros e carnívoros produzem excrementos constituídos de nutrientes solúveis, como compostos de fósforo e nitrogênio inorgânico e orgânico dissolvidos, diretamente utilizáveis pelos produtores, sem a necessidade de decomposição anterior pelos decompositores. Essa forma de reciclagem constitui-se na via de reciclagem I e é predominante onde os produtores estão limitados ao fitoplâncton da água, como acontece nos ecossistemas de águas profundas.





**Figura D8** - Principais vias biológicas de reciclagem de nutrientes. (Fonte: adaptado de Odum, 2004)

A via de reciclagem II, caracterizada pela decomposição microbiana dos detritos orgânicos (representados pelas linhas tracejadas na figura D8, envolve uma gama de organismos e uma complexa rede de trocas, fazendo com que essa via ainda não seja compreendida na sua totalidade. Alguns dos processos que melhor são conhecidos foram descritos na subunidade anterior. Essa via predomina no ecossistema solos, especialmente naqueles da zona temperada, onde os ciclos de reciclagem têm sido amplamente estudados.

Estudos, ainda que incipientes, em solos tropicais têm indicado a possibilidade de uma via direta de regeneração de nutrientes nesses ecossistemas, indicada como via III na figura D8. A reciclagem se dá de planta a planta, possivelmente mediada por ligações microbianas.

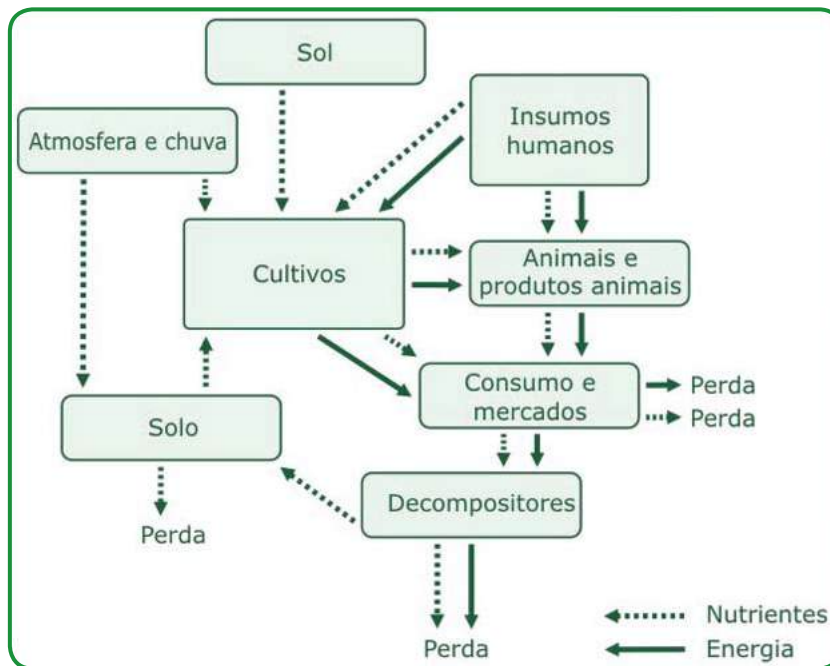
Uma possível quarta via (indicada na figura D8 como autólise), que não envolve energia metabólica, pode ocorrer em ambientes aquáticos ou úmidos, quando nutrientes são liberados da matéria morta de plantas e animais, antes de serem atacadas por microrganismos. Isso se observa especialmente quando as partículas mortas são pequenas, aumentando a relação superfície-volume.

Devemos destacar que a decomposição física ou mecânica, de maneira geral, acelera a decomposição microbiana exatamente por au-

mentar a relação superfície-volume; isso deve ser considerado quando o produtor vai projetar sistemas de distribuição de resíduos. Esse processo será examinado na subunidade sobre descarte de resíduos.

A reciclagem que acabamos de examinar acontece em ecossistemas naturais. No entanto, os agroecossistemas são muito diferentes dos ecossistemas naturais devido à manipulação e à alteração humana que procuram estabelecer uma produção agrícola. Paralelamente, os processos, estruturas e características dos ecossistemas naturais podem ser observados nos agroecossistemas.

Os agroecossistemas diferem de ecossistemas naturais em diversos aspectos-chave, tais como o fluxo de energia, a ciclagem de nutrientes, os mecanismos reguladores de população e a estabilidade, mostrados na figura D9.



**Figura D9** - Componentes funcionais de um agroecossistema. (Fonte: adaptado de Gliessman, S.R., 2000)

Além dos insumos naturais fornecidos pela atmosfera e pelo sol, um agroecossistema possui um conjunto de insumos humanos, que vêm de fora do sistema, além de um conjunto de saídas identificadas, na figura D9, como consumo e mercados.

Portanto, a ciclagem de nutrientes é mínima na maioria dos agroecossistemas, e o sistema perde quantidades consideráveis com a colheita ou como resultado de lixiviação ou erosão, devido à uma grande redução nos níveis de biomassa permanente, mantida dentro do sistema. A exposição freqüente de solo nu entre plantas cultivadas



e, temporariamente, entre épocas de cultivo também cria perdas de nutrientes do sistema. Para repor essas perdas, ultimamente, os produtores têm contado intensamente com nutrientes de insumos externos, fabricados a partir do uso de petróleo.

### ATIVIDADE

**Atividade D3** - Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

O desafio, portanto, está em criar agroecossistemas com características semelhantes às de ecossistemas naturais, mantendo uma produção para ser colhida. Dessa forma, deve haver um esforço para desenvolver e manter os ciclos de nutrientes o mais fechados possível, buscando reduzir as perdas de nutrientes do sistema e encontrar formas de fazer retornar à propriedade os nutrientes exportados.

## 3. Descarte de resíduos

Como discutimos na subunidade anterior, a reciclagem de nutrientes é um importante elemento para garantir a sustentabilidade da agricultura, diminuindo, simultaneamente, a necessidade de insumos externos e provendo matéria orgânica e cobertura ao solo. Isso compreende retornar ao solo os nutrientes que foram absorvidos pelas plantas, consumidos pelos animais e armazenados em produtos domésticos e industriais. Nesse processo, há considerável produção de resíduos, cujo descarte correto é fundamental na reciclagem de nutrientes de um agroecossistema.

Os três principais resíduos e, portanto, fontes de nutrientes a serem devolvidos ao solo são:

- resíduos culturais;
- dejetos de animais;
- lixo doméstico e industrial.

A adição de um resíduo orgânico ao solo modifica a dinâmica de nutrientes, uma vez que aumenta a biomassa e a atividade dos microrganismos. Além da participação nos ciclos do N, P e S, que vimos nas subunidades anteriores, os microrganismos decompõem os compostos orgânicos, reduzem microrganismos patogênicos, diminuem problemas potenciais do lodo de esgoto, como resíduos de detergentes, pesticidas e hidrocarbonetos de petróleo, e atuam nas reações que influenciam a solubilidade e mobilidade de íons orgânicos.

Resíduos culturais, quando mantidos na superfície do solo, como no sistema de plantio direto, são decompostos pelos microrganismos, devolvendo ao solo os nutrientes neles contidos. Quanto menor o ta-

manho dos resíduos maior é a superfície de contato com a população microbiana e, conseqüentemente, mais rápida sua decomposição. Além disso, a deposição dos resíduos, na superfície reduz os problemas com erosão do solo e aumenta a infiltração de água no solo.

Dejetos de animais constituem uma fonte de vários nutrientes, especialmente N, P e K, os quais são liberados quando esses dejetos são incorporados ao solo, mantendo os nutrientes no sistema. Os dejetos podem, ainda, ser utilizados na prática da **compostagem** para acelerar a decomposição de resíduos culturais.

Os resíduos orgânicos dos lixos doméstico e industrial constituem importante fonte de nutrientes e seu descarte correto é a realização de compostagem para aproveitamento nos agroecossistemas, sempre que considerada a quantidade de materiais potencialmente tóxicos nesses materiais. Uma maneira integrada de abordar o descarte desses resíduos fará com que eles não se percam em aterros sanitários ou acabem em rios, comprometendo a vida dos seres aquáticos e dos que dependem deles. Essa abordagem também deverá prever a separação e reciclagem dos resíduos inorgânicos, como plástico, papel, vidro, etc., dos lixos doméstico e industrial, encaminhando-os às respectivas indústrias.

#### SAIBA MAIS

Aprenda sobre compostagem no site <http://www.amalga.pt/?link=downloads>

#### ATIVIDADE

**Atividades D3 e D4** - Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

#### 4. Bibliografia consultada

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 240p.

EPAMIG. **Agroecologia**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, 2003. 97 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. 653p.

ODUM, E. **Fundamentos de ecologia**. 7ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2004. 928 p.

ODUM, H.T. et al. (1987) **Ecosistemas e Políticas Públicas Versão em português na Internet** (1997): Laboratório de Engenharia Ecológica Unicamp, Campinas-SP, Brasil. URL: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm>

## UNIDADE E

### A BIOTA NOS AGROECOSSISTEMAS

#### Introdução

Iniciaremos esta unidade recordando o conceito de ecologia, que é uma ciência que estuda as relações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente.

Uma das maneiras de delimitar a ecologia moderna é a partir dos níveis que compõem o espectro biológico: genes, células, tecidos, órgãos, aparelhos ou sistemas, indivíduos, populações, comunidades, ecossistemas e biosfera. Dessa forma, o estudo da ecologia restringe-se aos níveis de indivíduos, populações, comunidades e ecossistemas. Nesta unidade, nos deteremos aos níveis de populações e comunidades em **agroecossistemas**, que correspondem à **biota** destes ecossistemas.

#### CONTEÚDO RELACIONADO

Lembra-se do conceito de agroecossistema visto na Unidade B?

#### AE GLOSSÁRIO

**Biota:** Conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam um determinado ambiente.

#### Objetivos da Unidade

- Conceituar populações e comunidades;
- definir a densidade e o potencial biótico das espécies;
- distinguir densidade absoluta de densidade relativa;
- compreender os métodos para estimar a densidade relativa;
- definir as fases do crescimento populacional;
- diferenciar as possíveis interações inter e intra específicas;
- conceituar sucessão ecológica.

#### 1. As populações

Uma **população** pode ser definida como “**um grupo de indivíduos da mesma espécie ocupando um espaço particular, num momento particular**”. Portanto, refere-se a quaisquer organismos: animais ou vegetais. Porém, vamos concentrar nosso estudo em **populações de insetos**, que são organismos bastante estudados quanto à população e importantes num **agroecossistema**.

Para entendermos melhor o conceito de população, consideremos uma lavoura de milho com lagarta-do-cartucho (Figura E1): é uma po-

#### + SAIBA MAIS

Todos conhecem ou ouviram falar da importância das lagartas numa lavoura de soja!

pulação de indivíduos de '*Spodoptera frugiperda*' (espécie da lagarta-do-cartucho) ocupando um espaço particular (uma lavoura de milho), num momento particular (durante o ciclo da cultura do milho).



**Figura E1** - Lavoura de milho com ocorrência da lagarta-do-cartucho. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 02)

## 1.1. Dinâmica populacional

Através do estudo da “**dinâmica populacional**”, as populações são avaliadas numericamente, ou seja, é determinado o **tamanho, abundância e a distribuição** dos indivíduos numa área.

Para determinar:

- o **tamanho da população**, estima-se o número de indivíduos pelo cálculo da **densidade**;
- a **abundância** da população, avalia-se o **potencial biótico** da espécie;
- a **distribuição**, estuda-se a **movimentação da espécie**.

### Densidade Populacional

Refere-se ao número de indivíduos por unidade de área ou de volume.

Existem dois tipos de densidade:

- densidade absoluta**: quando se estima todos os indivíduos de uma área;
- densidade relativa**: quando não é possível estimar a densidade ab-

soluta de uma população, pode-se determinar apenas a razão em que uma população excede a outra, permitindo **comparações no espaço e no tempo**.

A densidade populacional é geralmente estimada por amostragens, avaliando-se o número de indivíduos em áreas ou volumes pequenos e iguais, selecionados ao acaso. Antes de determinar o método de amostragem para uma determinada espécie, é importante saber o seu padrão de dispersão. Ou seja, se os indivíduos se dispersam numa área uniformemente ou se estão **agrupados em determinados locais**. São utilizados métodos estatísticos para auxiliar na determinação desses padrões.

Existem vários métodos que podem ser utilizados nos levantamentos populacionais. Para estimativa da densidade absoluta, devem ser amostradas unidades do habitat, sejam plantas, solo, água, dentre outras. Porém, os mais utilizados são os **métodos para estimar a densidade relativa**. Dentre esses:

**a. rede entomológica:** consta de um aro de arame, preso a um cabo de madeira, que suporta um saco de filó com fundo arredondado (Figura E2); é utilizada para amostrar vários grupos de insetos, como borboletas, abelhas, percevejos, cigarrinhas, etc.

**b. rede de varredura:** semelhante à rede entomológica, porém confeccionada com um tecido mais resistente, para suportar o atrito com a vegetação; a vegetação é “varrida” com a rede e muitos insetos acabam sendo coletados (Figura E3);

**c. pano de batida:** consiste em um pano branco, medindo 1 m por 0,70 m, com as extremidades laterais presas a cabos de madeira, permitindo, dessa forma, enrolar e desenrolar o tecido; é utilizada para amostrar lagartas, percevejos, besouros em cultivos como soja e feijão;

**d. armadilhas luminosas:** para insetos voadores, com hábito noturno, que são atraídos pela luz e capturados num frasco colocado logo abaixo da lâmpada; existem modelos de armadilhas que podem ser adquiridos no comércio (Figura E4);

#### + SAIBA MAIS

- Por exemplo: após aplicar um método de estimativa de **densidade relativa**, podemos dizer que uma lavoura de soja tem mais percevejo-verde do que outra (**comparação no espaço**). Ou, que a mesma lavoura teve mais percevejo-verde numa estação de plantio do que noutra estação (**comparação no tempo**). E não podemos determinar o número de indivíduos na área (que seria a **densidade absoluta**)!

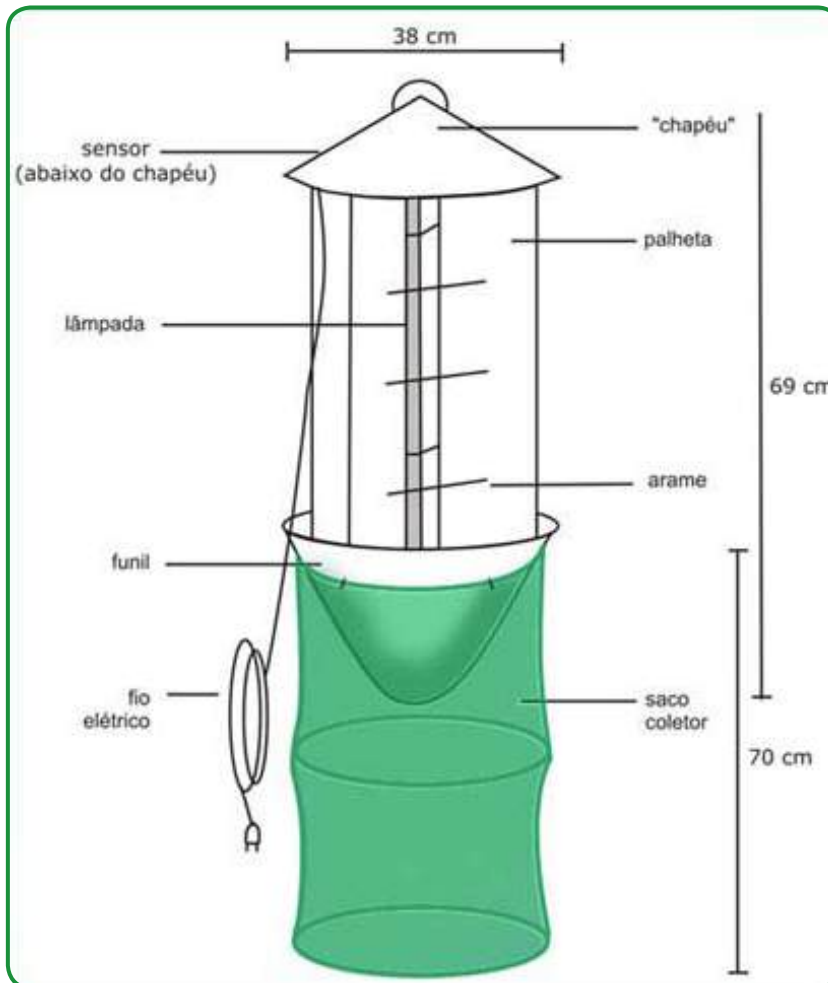
A lagarta-da-soja tem uma **dispersão uniforme** numa lavoura de soja, já a lagarta-da-couve é encontrada **agrupada** em algumas plantas de couve!



Figura E2 - Rede entomológica. Fonte: adaptado de Almeida et al., 1998.



Figura E3 - Rede de varredura.



**Figura E4** - Modelo de armadilha luminosa comercializada pela empresa BIOCONTROLE.

**e. armadilhas para insetos de solo:** um vidro de boca larga, por exemplo, colocado em um buraco no solo, com a abertura ao nível da superfície, para interceptar insetos que caminham, como formigas e besouros;

**f. armadilhas com cores atrativas,** como placas com substâncias adesivas ou bandejas com água (e gotas de detergente), que servem para atrair pequenos insetos. São utilizadas as cores amarela, para atrair pulgões, cigarrinhas, mosca-minadora, mosca-branca e vaquinha; branca e azul, para tripses; e azul, para moscas (Figura E5);



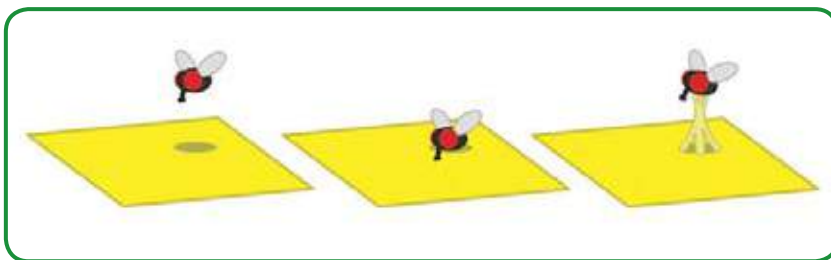


Figura E5 - Armadilhas com cores atrativas.

**g. frasco caça-mosca:** de plástico ou de vidro, com orifícios e substância atrativa no interior, como proteína hidrolisada de milho, melão, sucos de frutas; utilizada para coletar, principalmente, moscas-das-frutas (Figura E6);

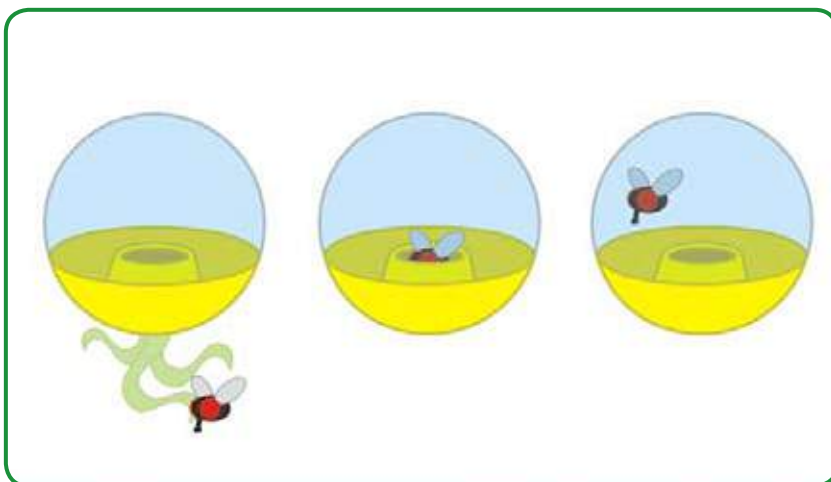


Figura E6 - Frasco caça-mosca, modelo comercializado pela empresa BIOCONTROLE.

**h. feromônio sexual:** feromônios são substâncias químicas produzidas pelos insetos para atrair indivíduos do sexo oposto. O comércio disponibiliza feromônios sintéticos para atração de algumas espécies de insetos, que são colocados em **armadilhas com substâncias adesivas**;

**i. iscas atrativas:** plantas que atraem insetos, principalmente para alimentação, como algumas espécies de cucurbitáceas, como o taiuiá ou tajuá e o porongo (Figura E7), que atraem vaquinhas.

**+ SAIBA MAIS**

Leia mais sobre **feromônios**, acessando: [http://www.biologico.sp.gov.br/grandes\\_nomes/giannotti/feromonio.htm](http://www.biologico.sp.gov.br/grandes_nomes/giannotti/feromonio.htm) ou vendo os filmes sobre "identificação de feromônios" (<http://www.biocontrole.com.br/videos/identificacao-de-feromonios.php>) e feromônios na cultura do algodoeiro" (<http://www.biocontrole.com.br/videos/feromonios-no-algodoeiro.php>), produzidos pela BIOCONTROLE.



Figura E7 - Planta de taiuiá ou tajujá.

### Potencial Biótico

O potencial biótico representa a capacidade inata de um indivíduo de se reproduzir e sobreviver em condições favoráveis. Nos ecossistemas, as populações tendem a manter constante o número de indivíduos, ou seja, permanecer em equilíbrio. Esse equilíbrio depende de dois fatores que se opõem: o **potencial de reprodução** e a **resistência do ambiente**.

Ou seja:

$$Pb = Pr - Ra$$

Em que:

Pb: potencial biótico

Pr: potencial de reprodução

Ra: resistência do ambiente

O potencial de reprodução (P) é a velocidade na qual um indivíduo é capaz de se reproduzir e depende da razão sexual (rs), do número de descendentes (d) e do número de gerações (n).

$$Pr = (rs \times d)^n$$

A razão sexual é a proporção entre o número de fêmeas e a soma do número de fêmeas e de machos do inseto:

$$rs = \frac{\text{nº de fêmeas}}{\text{nº de fêmeas} + \text{nº de machos}}$$

Assim, chegamos ao potencial biótico de um inseto que pode ser calculado através da equação:

$$Pb = \left[ \left( \frac{\text{nº de fêmeas}}{\text{nº de fêmeas} + \text{nº de machos}} \right) \times d \right]^n - Ra$$

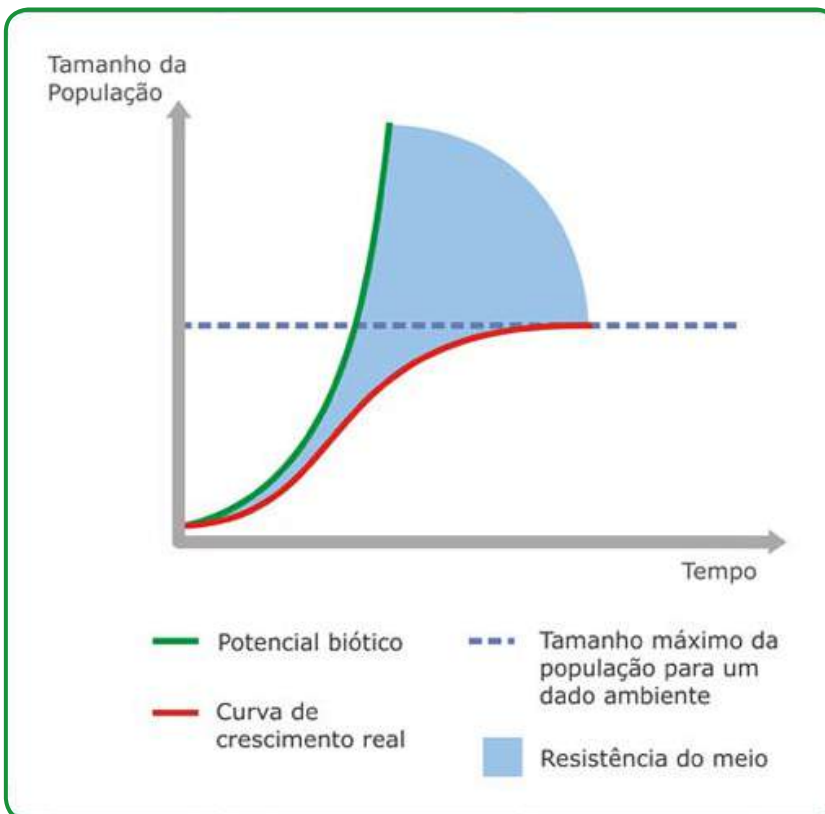
A resistência do ambiente (Figura E8) corresponde ao conjunto de fatores **físicos** e **biológicos** capazes de limitar o crescimento populacional dos insetos, ou seja, o número de indivíduos mortos no tempo considerado.

Entre os fatores determinantes da resistência do ambiente, podem ser citadas as diferentes causas de mortalidade, como idade dos indivíduos (velhice), doenças causadas por patógenos, acidentes, falta de alimento, ação de inimigos naturais (predadores e parasitóides), canibalismo e falta de refúgios. Ainda podem ser citados os efeitos do clima e da limitação de espaço. O número máximo de descendentes de uma determinada espécie pode ser determinado em condições de laboratório, onde os diferentes fatores podem ser controlados, e a resistência do ambiente passa a ser nula.

#### **AE** GLOSSÁRIO

**Fatores físicos:** luminosidade, temperatura, ventos, umidade.

**Fatores biológicos:** seres vivos de um ecossistema (autótrofos e heterótrofos).



**Figura E8** - Representação gráfica da resistência do ambiente. (Fonte: adaptado de [http://www.mesologia.hpg.ig.com.br/ecologia\\_de\\_populacao.htm](http://www.mesologia.hpg.ig.com.br/ecologia_de_populacao.htm))

Como exemplo do cálculo de potencial reprodutivo de uma espécie, Silveira Neto et al. (1976) citam a **broca-da-cana**, para as condições do estado de São Paulo: são quatro gerações anuais com 300 indivíduos, em média, por geração, e a proporção sexual é de um macho para uma fêmea.

número de descendentes (d): 300

número de gerações (n): 4

número de fêmeas: 1

número de machos: 1

$$Pr = \left[ \left( \frac{1}{1+1} \right) \times 300 \right]^4$$

Pr = 506.250.000 indivíduos descendentes de um único casal ao final de 1 ano

Na prática, convencionou-se um aumento de cinco vezes o número de indivíduos para cada geração. Esse valor, apesar de teórico, pode ser aplicado para pragas importantes, como a lagarta-do-cartucho-do-milho, lagarta-rosada-do-algodão, pulgões, ácaros, etc.

Portanto, para o exemplo anterior, partindo-se de 300 indivíduos, e com um aumento de cinco vezes entre cada geração, teríamos:

- na 1ª geração: 1.500 indivíduos
- na 2ª geração: 7.500 indivíduos
- na 3ª geração: 37.500 indivíduos
- na 4ª geração: 187.500 indivíduos descendentes de um único casal ao final de 1 ano

Dessa forma, se o  $P_r = 506.250.000$  e o  $P_b = 187.500$  indivíduos, chega-se a um valor de 506.062.500 para  $R_a$  ( $R_a = P_r - P_b$ ). Portanto, as condições do ambiente são responsáveis por uma redução de 99,96% do número de indivíduos potenciais de uma população de insetos.

### Movimentação dos membros da população

O movimento dos membros de uma população é outro fator que afeta a variação numérica da população.

Quando os insetos movimentam-se **de um habitat para outro**, denominamos **migração** (emigração, quando é para fora da área; e imigração, quando para dentro da área). Se o movimento dos insetos ocorre **dentro do mesmo habitat**, é denominado **dispersão**.

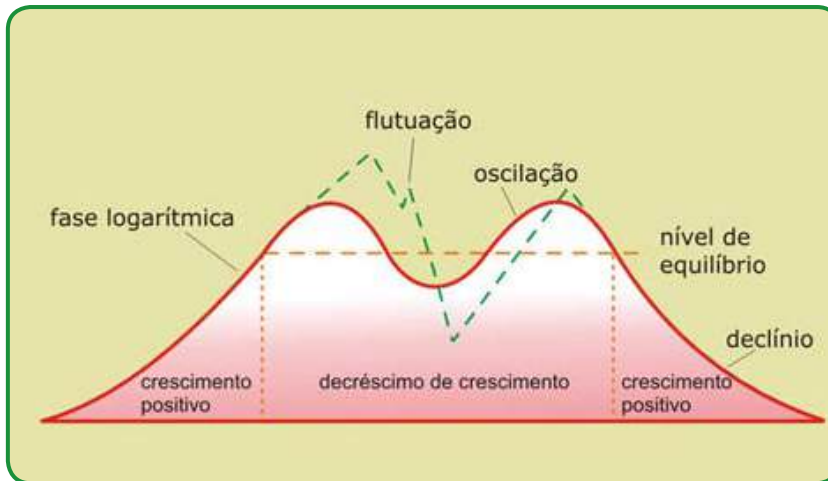
#### + SAIBA MAIS

##### Broca-da-cana

(*Diatraea saccharalis*): o dano provocado pela lagarta pode ser direto, por meio de abertura de galerias no interior do colmo da planta, tornando-a mais suscetível ao tombamento pela ação do vento e chuvas; ou indireto, quando os orifícios favorecem a penetração de microrganismos causadores de doenças às plantas; é praga importante de gramineas, ocorrendo com frequência no milho.

## 1.2. Formas de crescimento populacional

Um autor e seus colaboradores (Allee et al.), em 1949, propuseram um esquema que vamos utilizar para representar as formas de crescimento de uma população (Figura E9).



**Figura E9** - Fases do crescimento populacional. (Fonte: adaptado de Gallo et al., 2002)

Na figura E9, estão representadas as três fases de crescimento de uma população:

### Fase de crescimento positivo

Nessa fase, ocorre um crescimento bastante rápido, que acontece logo após o estabelecimento de uma população na área. É também chamada de fase logarítmica de crescimento populacional.

### Fase de decréscimo de crescimento

Ocorre quando acontece um aumento lento dos indivíduos da população. Nessa fase, ocorre:

- **nível de equilíbrio:** é o nível populacional estabilizado num período de tempo de, no mínimo, cinco anos;
- **oscilação:** com afastamentos simétricos do nível de equilíbrio;
- **flutuação:** com afastamentos assimétricos do nível de equilíbrio.

### Fase de crescimento negativo

Ocorre quando há uma diminuição do número de indivíduos da população, podendo, inclusive, levar à extinção.

Uma **aplicação prática** do conhecimento da **flutuação populacional** de uma determinada espécie de inseto num agroecossistema é o **conceito de praga**. E para se chegar à definição de que uma espécie comporta-se como uma praga, é importante o conhecimento dos seguintes conceitos:

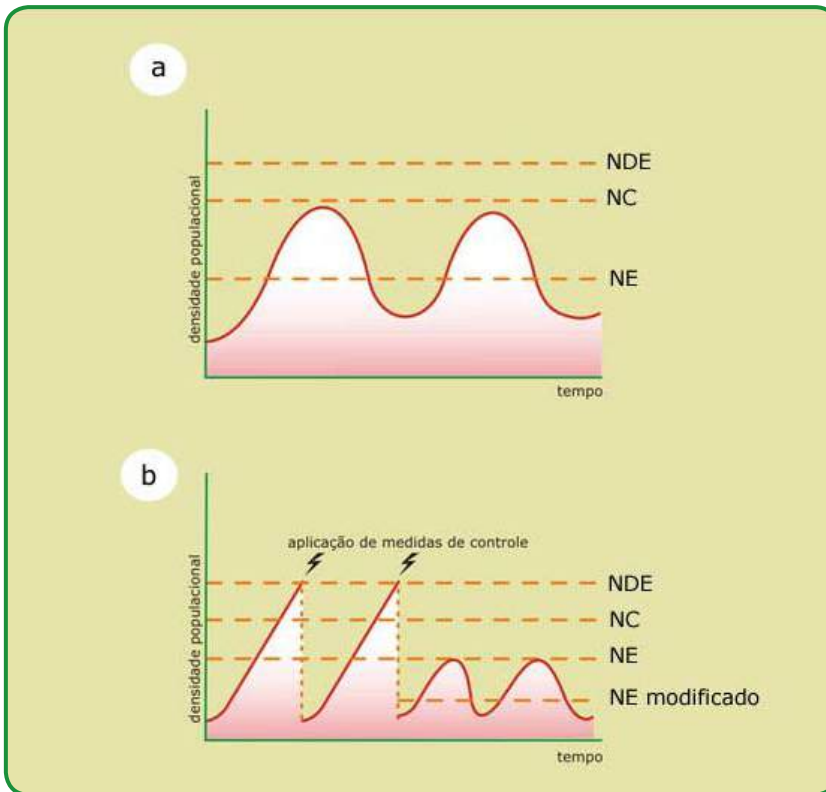
- **Nível de equilíbrio (NE)** - representa a densidade média da população durante um longo período de tempo (no mínimo, 5 anos), na ausência de mudanças permanentes no ambiente.
- **Nível de dano econômico (NDE)** - é a menor densidade populacional capaz de causar perdas econômicas significativas ao agricultor. O NDE varia, dependendo do inseto e da cultura.
- **Nível de controle (NC)** - representa a densidade populacional na qual medidas de controle devem ser tomadas para evitar prejuízos; as medidas de controle devem ser adotadas antes que o inseto atinja o NDE, considerando que certo período de tempo decorre entre a aplicação e o resultado de um método de controle: esse momento é indicado pelo NC. Para as principais espécies de insetos-praga, em cultivos agrícolas específicos, existem resultados de pesquisa que indicam o **NC**.

Em função da posição do nível de equilíbrio populacional do inseto em relação aos níveis de controle e de dano econômico, têm-se as seguintes condições:

- **Inseto não praga** - quando o NE situa-se sempre abaixo do NC e do NDE (Figura E10a).
- **Inseto-praga** - quando o NE está situado abaixo do NC e do NDE, porém a maioria dos picos populacionais atingem o NDE, exigindo a adoção constante de medidas de controle para obtenção de um novo NE, situado mais abaixo (Figura E10b).

**+ SAIBA MAIS**

Como exemplo, Quintela (2001) refere o “nível de controle” de algumas das principais pragas da cultura do feijoeiro: vaquinhas: 20 insetos/pano de batida ou em 2 metros de linha; mosca-minadora: 1 a 2 larvas vivas/fo-lha; cigarrinha verde: 40 ninfas/pano de batida ou em 2 metros de linha; percevejos: 2 percevejos/pano de batida.



**Figura E10** - Alguns tipos de populações de insetos: a) inseto não praga; b) inseto-praga. (Fonte: adaptado de Silveira Neto et al., 1976)

Ao terminarmos o estudo de populações, você viu a importância do assunto, que lhe permitiu conhecer vários temas, que, inclusive, serão bastante úteis em outras disciplinas do Curso. Como exemplo, o próprio conceito de insetos-praga que acabamos de estudar!

## 2. As comunidades

Como foi visto e estudado anteriormente, a população refere-se a indivíduos da mesma espécie presentes numa determinada área. Nesta subunidade, iremos estudar o **conjunto de todas as populações de uma área**, num determinado momento, que correspondem a uma **comunidade**. Portanto, uma comunidade nada mais é que **todos os organismos vivos presentes num ecossistema**.

### 2.1. Interações

As espécies presentes numa determinada comunidade estão constantemente interagindo entre si, ou seja, a existência de duas determinadas espécies implica no prejuízo ou no benefício de uma ou de



ambas.

De maneira geral, as relações entre diferentes espécies são classificadas em:

- **harmônicas ou positivas:** quando ocorre benefício para ambas as espécies, ou para apenas uma delas, porém sem prejuízo para a outra (segundo alguns autores são denominadas simbioses);
- **desarmônicas ou negativas:** quando ambas as espécies são prejudicadas ou quando ocorre prejuízo de uma espécie em benefício da outra.

E as interações podem ser interespecíficas (entre seres de espécies diferentes) ou intraespecíficas (entre seres da mesma espécie).

## Interações Interespecíficas

### Relações Harmônicas

#### a. Mutualismo

No mutualismo, as duas espécies envolvidas são beneficiadas e a associação é necessária para a sobrevivência de ambas.

Como exemplos de mutualismo, podem ser citadas as relações entre:

- algas e fungos formando os líquens (Figura E11): a alga realiza fotossíntese e fornece ao fungo parte da matéria orgânica sintetizada; o fungo fornece à alga umidade e sais minerais, além de protegê-la;



**Figura E11** - Líquens: exemplos de mutualismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 03)

- cupins e protozoários: os cupins (Figura E12) ingerem produtos ricos em celulose, porém são incapazes de digerir-la, cabendo a protozoários intestinais essa função. A celulose, depois de digerida, serve de alimento tanto para o cupim quanto para a bactéria. Portanto, os cupins forne-

cem ao protozoário abrigo e nutrição e, em troca, recebem os produtos da degradação da celulose;



**Figura E12** - Cupim que, juntamente com os protozoários intestinais, exemplificam mutualismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 04)

- ruminantes e microrganismos: os ruminantes (bovinos, caprinos e ovinos), da mesma forma que os cupins, ingerem alimentos ricos em celulose e abrigam em seu estômago grande número de protozoários e bactérias que auxiliam na digestão da celulose. Portanto, as bactérias e os protozoários fornecem aos ruminantes produtos da digestão da celulose e os ruminantes fornecem abrigo e nutrição aos microrganismos;

- bactérias do gênero *Rhizobium* e raízes de leguminosas: *Rhizobium* associa-se a raízes de leguminosas, resultando na formação de nódulos (Figura E13); as leguminosas fornecem açúcares e outros nutrientes às bactérias, enquanto estas captam o **nitrogênio do ar** e o disponibilizam para as plantas hospedeiras.

 **CONTEÚDO RELACIONADO**

Lembra-se do ciclo do nitrogênio visto na Unidade D?



**Figura E13** - Nódulos em leguminosas, resultantes da presença de bactérias do gênero *Rhizobium*: exemplo de mutualismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 05)

### **b) Protocooperação**

Na protocooperação, há benefício para as duas espécies envolvidas, porém elas podem viver de modo independente, sem que isso as prejudique.

Exemplos de protocooperação são a associação entre:

- pássaro-palito e crocodilo: o pássaro-palito retira os restos de alimentos e sanguessugas existentes entre os dentes e na boca do crocodilo (mantida aberta enquanto dorme). Dessa forma, o pássaro-palito alimenta-se enquanto deixa o crocodilo livre dos parasitas;
- pássaro anu e certos mamíferos: o pássaro alimenta-se de carrapatos e outros parasitas encontrados sobre certos mamíferos, como o gado. Ao retirarem os carrapatos da pele dos animais, os pássaros se alimentam e os mamíferos ficam livres dos parasitas;
- formigas e pulgões: os pulgões são insetos que vivem em certas plantas, sugando a seiva elaborada, que lhes serve de alimento. O excesso de seiva sugada é eliminado pelos pulgões sob a forma de um líquido adocicado, que é utilizado por certas formigas como fonte de alimento. As formigas, por sua vez, protegem os pulgões (Figura E14) contra o ataque de inimigos naturais, como as joaninhas.



**Figura E14-** Formiga e pulgões, exemplificando protocooperação. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 06)

### c) Comensalismo

O comensalismo consiste no benefício de apenas uma das espécies envolvidas, sem que haja benefício ou prejuízo para a outra espécie envolvida na associação. A espécie beneficiada (comensal) obtém restos alimentares da espécie hospedeira.

O comensalismo pode ocorrer entre:

- rêmora e tubarão: a rêmora é um peixe que apresenta a nadadeira dorsal transformada em ventosa, através da qual fixa-se ao tubarão (Figura E15). Após o tubarão atacar alguma presa, os restos da alimentação são ingeridos pela rêmora;





**Figura E15** - Rêmora e tubarão, exemplificando comensalismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 07)

- protozoários presentes no intestino humano e o homem: protozoários (como a *Entamoeba coli*) alimentam-se de restos digestivos encontrados no intestino humano, sem causar prejuízo ao homem.

#### **d) Inquilinismo**

No inquilinismo, da mesma forma que no comensalismo, ocorre o benefício de uma das espécies envolvidas, sem que haja benefício ou prejuízo para a outra espécie envolvida na associação. Porém, a espécie beneficiada (inquilino) obtém abrigo ou suporte na outra espécie. Um exemplo desse tipo de relação é o das bromélias (Figura E16) e orquídeas, que são epífitas, e se fixam ao tronco das árvores.

### **Relações Desarmônicas**

#### **a) Antibiose ou Amensalismo**

Essa relação ocorre quando uma das espécies libera substâncias que prejudicam o crescimento ou reprodução de outra espécie.

Como exemplo de antibiose, pode ser citada a relação entre:

- fungos do gênero *Penicillium* e certas bactérias: os fungos produzem e liberam penicilina, antibiótico que impede o desenvolvimento de alguns grupos de bactérias;



**Figura E16** - Bromélias fixas em tronco de árvore: exemplo de inquilinismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 08)

- raízes de algumas plantas liberam substâncias tóxicas que inibem o crescimento de outras plantas;

- algumas algas, como as dinoflageladas: quando em elevada concentração na água do mar, podem produzir substâncias tóxicas que causam grande mortalidade de peixes; esse fenômeno é conhecido como “maré-vermelha”, em função de a água adquirir uma coloração avermelhada, decorrente dos pigmentos presentes nas algas.

### **b) Competição**

A competição ocorre quando indivíduos disputam recursos, como alimento ou espaço. Como exemplo, animais que brigam por alimento ou território.

### **c) Predação**

Na predação, um animal (predador) captura e mata outro (presa) para alimentar-se. É o caso de joaninhas que se alimentam de pulgões (Figura E17).



**Figura E17** - Joaninha alimentando-se de pulgões: exemplo de predação.  
(Fonte: ver lista de créditos de imagens 09)

Existem também predadores que se alimentam de vegetais, processo denominado de herbivoria. Os insetos são os principais herbívoros terrestres, sendo que aproximadamente um terço de todas as espécies conhecidas de insetos exibe hábitos herbívoros, ao menos em uma fase do seu ciclo de vida. Como exemplos de insetos herbívoros, podem ser citadas as lagartas, que são as larvas de mariposas e borbo-

letas. Populações naturais desses insetos podem desfolhar completamente suas plantas hospedeiras, provocando sérios danos em áreas de cultivos (Figura E18).



**Figura E18** - Lagarta-da-couve, principal lagarta desfolhadora da cultura. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 10)

As presas podem apresentar algumas adaptações para tentar evitar a predação. Dentre essas:

#### **Camuflagem**

Ocorre quando uma espécie possui a mesma cor (homocromia) ou a mesma forma (homotipia) do meio ambiente.

Exemplos:

- bicho pau e gravetos de plantas (Figura E19);
- gafanhoto-esperança e folha.

#### **Mimetismo**

Ocorre quando uma espécie é semelhante a outra, o que pode representar perigo para o predador.

Exemplos:

- cobra falsa-coral (não venenosa), imitando a cobra coral verdadeira (venenosa);
- mariposas, imitando **vespas**;
- borboleta-coruja com asas abertas lembra a cabeça de coruja (Figura E20)

#### **LINKS**

Acesse o endereço <http://www.espacioblog.com/forestman/categoria/plagas-y-enfermedades>; role a página e assista ao vídeo.

Você vai ver uma mariposa que parece uma vespa (a mariposa põe os ovos no solo, eclodem as lagartas, que se alimentam da raiz do álamo); aparece também um besourinho (larva e adulto se alimentam das folhas do álamo), sendo que as larvas apresentam um sistema de defesa (liberam um líquido repelente). Veja também a ação de um percevejo predador que suga o conteúdo do corpo da pupa do besourinho (mesmo assim, algumas pupas conseguem sobreviver e emerge o adulto do besourinho!).

Acesse o endereço <http://video.google.com/videoplay?docid=2157138392721148917&q=La+avisoa+apantel> e veja o parasitismo de uma vespinha (*Apanteles*) em lagartas-da-couve: no início, lagartas, posturas, lagartas eclodindo dos ovos; a vespinha põe os ovos dentro do corpo da lagarta, nascem as vespinhas, que se alimentam do interior do corpo da lagarta (estas últimas etapas não aparecem no filme!); as larvas da vespinha saem do corpo da lagarta, empupam sobre o corpo da lagarta e emergem as vespinhas adultas. Quando as larvas da vespinha abandonam o corpo da lagarta, essa já está morta: exemplo da eficiência do parasitismo pela vespinha (*Apanteles*) no controle biológico da lagarta-da-couve!





**Figura E20** - Borboleta-coruja com asas posteriores imitando a cabeça de coruja: exemplo de mimetismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 12)

- moscas imitando vespas (Figura E21).

#### d) Parasitismo

O parasitismo é uma relação em que uma espécie é beneficiada e a outra é prejudicada. O indivíduo beneficiado é denominado parasita e o prejudicado, hospedeiro. Os parasitas podem causar a morte do hospedeiro ou ainda viver sobre (ectoparasita) ou dentro (endoparasita) do corpo do hospedeiro.

Exemplos:

ectoparasitas: piolho e homem;

endoparasitas: vermes intestinais e homem.

Tanto a predação quanto o parasitismo são relações importantes em agroecossistemas, em função de predadores e parasitóides (Figura E22) serem encontrados regulando naturalmente populações de insetos-praga. Nessa situação, o termo "parasitóide" substitui a denominação "parasita", em função de serem organismos que obrigatoriamente matam o seu hospedeiro. A ação de inimigos naturais (predadores, parasitóides ou patógenos) sobre os insetos constitui-se no controle biológico dos **organismos-praga**.



**Figura E19** - Bicho-pau, semelhante a graveto: exemplo de camuflagem. (Fontes: ver lista de créditos de imagens 11)



**Figura E21** - Mosca imitando abelha: exemplo de mimetismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 13)



**Figura E22** - Vespinha parasitóide de lagarta: exemplo de parasitismo. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 14)

## Interações Intraespecíficas

### Relações Harmônicas

#### a) Colônia

Colônias são relações entre indivíduos da mesma espécie que se mantêm ligados fisicamente entre si e com uma profunda interdependência fisiológica. Ex.: **caravelas** (Figura E23) e **recifes de coral** (Figura E24).



**Figura E24** - Recife de coral, exemplo de colônia. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 16)

#### b) Sociedade

Sociedade é uma associação entre indivíduos da mesma espécie que se agrupam e se organizam para divisão do trabalho, por exemplo, formigas, abelhas (Figura E25) e cupins. Essas sociedades caracterizam-se pela presença de indivíduos organizados em castas, com certo polimorfismo (características morfológicas diferentes).



**Figura E23** - Caravela, exemplo de colônia. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 15)

#### + SAIBA MAIS

A caravela não é um animal isolado. É uma colônia de vários pólipos transparentes que, como um todo, fica flutuando sobre a água do mar. Na colônia, grupos diferentes de pólipos desempenham funções diferentes. Uns são responsáveis pela digestão dos alimentos, outros pela reprodução, outros pela proteção de toda a colônia, e assim por diante. As caravelas são muito perigosas devido às substâncias urticantes que fabricam e que podem causar queimaduras às pessoas.

(Fonte: [http://portalbrasil.eti.br/educacao\\_seresvivos\\_invertebados\\_poriferos.htm](http://portalbrasil.eti.br/educacao_seresvivos_invertebados_poriferos.htm))

Os recifes de corais são estruturas calcárias construídas por plantas e animais. Os corais formadores de recifes contêm algas simbiotas que necessitam de luz para realizar a fotossíntese, restringindo essas espécies a profundidades onde ocorre a penetração de luz.



**Figura E25** - Sociedade de abelhas (rainha e operárias). (Fonte: ver lista de créditos de imagens 17)

## Relações Desarmônicas

### a) Competição

Quando entre indivíduos da mesma espécie, a competição ocorre por fatores que existem em quantidade limitada, por exemplo, competição pela fêmea, território ou liderança.

### b) Canibalismo

No canibalismo, indivíduos de mesma espécie matam o outro para se alimentar, pó exemplo, a fêmea da aranha viúva-negra (Figura E26) devora o macho após a cópula.





**Figura E26** - Viúva-negra, cuja fêmea é canibal. (Fonte: ver lista de créditos de imagens 18)

## 2.2 Sucessão Ecológica

Geralmente os ecossistemas são, no início, bastante simples, porém, conforme vão incluindo um número maior de indivíduos, vão se tornando cada vez mais complexos. Durante esse processo, vai ocorrendo a **sucessão**, quando há uma maior diversidade de espécies participantes. Esse crescimento tende a cessar quando o ecossistema entra e equilíbrio, atingindo o denominado **clímax**.

Odum et al. (1987) citam que as características do ecossistema maduro são a diversidade, um rico ciclo de nutrientes, grande armazenamento de matéria orgânica, e uma complexa rede de plantas e animais capazes de sobreviver usando luz solar e outros recursos. Em muitas áreas florestais, em terrenos limpos abandonados, primeiro crescem ervas silvestres, logo após, árvores coníferas e finalmente árvores robustas formando um bosque. Em várias terras úmidas recém devastadas, primeiro crescem plantas silvestres, logo depois, arbustos, e, eventualmente, chegam ao clímax com árvores típicas dessas zonas. Os animais exercem controles importantes no processo de sucessão, tanto em relação à disponibilidade de sementes como de diversidade. Durante a sucessão inicial, as plantas crescem e se produz muito mais matéria orgânica do que se consome. Depois, no clímax, há mais consumidores e grande parte do que é produzido é consumido no mesmo ano.

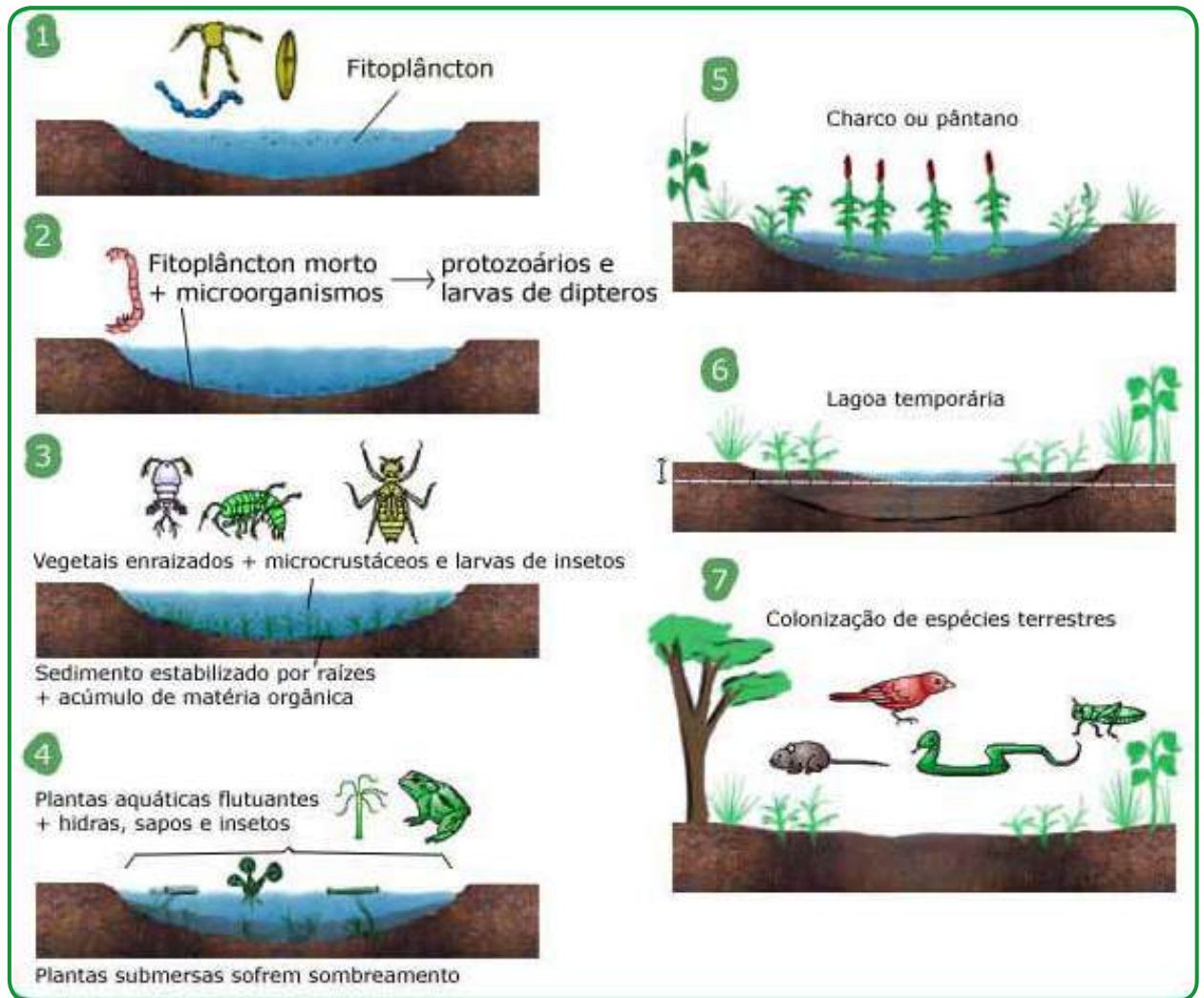
A classificação das sucessões foi bem apresentada num site pro-

duzido pelo Instituto Biológico da Universidade de São Paulo ([http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao\\_ecologica\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao_ecologica_print.htm)):

Quanto à natureza do substrato na origem, os processos sucessionais podem ser classificados em:

- **Sucessão primária:** em substratos não previamente ocupados por organismos (Figura E27), por exemplo, afloramentos rochosos, exposição de camadas profundas de solo, depósitos de areia, lava vulcânica recém solidificada.

- **Sucessão secundária:** em substratos que já foram anteriormente ocupados por uma comunidade e, conseqüentemente, contêm matéria orgânica viva ou morta (detritos, propágulos), por exemplo, clareiras, áreas desmatadas, fundos expostos de corpos de água.



**Figura E27** - Exemplo hipotético de uma sucessão primária. Substrato original: depressão em superfície rochosa, preenchida pela água da chuva. (Fonte: adaptado de [http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao\\_ecologica\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao_ecologica_print.htm))

## ATIVIDADE

**Atividade E1** - Para realizar a atividade, entre em contato com o professor da disciplina.

### 4. Bibliografia Consultada

ALMEIDA, L.M. de; RIBEIRO-COSTA, C.S.; MARINONI, L. **Manual de Coleta, Conservação, Montagem e Identificação de Insetos**. Ribeirão Preto: Holos, 1998. 78p.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

ODUM, H.T. et al. (1987) **Ecosistemas e Políticas Públicas Versão em português na Internet** (1997): Laboratório de Engenharia Ecológica Unicamp, Campinas-SP, Brasil. URL: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm>

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Art-med Editora, 2000, 252p.

QUINTELA, E. **Manejo Integrado de Pragas do Feijoeiro**. Santo Antonio de Goiás, GO: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2001. 28p. (EMPRAPA. Circular Técnica, 46).

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de Ecologia dos Insetos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1976. 419p.

<http://www.herbario.com.br/cie/ecol/eco4.htm>

<http://naeg.prg.usp.br/puni/modulos/biologia4.pdf>

<http://www.uesb.br/entomologia/textos.html>

<http://www.cdcc.sc.usp.br/roteiros/interaop.htm>

<http://www.consulteme.com.br/biologia/ecologia/menuecologia.htm>

<http://naeg.prg.usp.br/puni/modulos/biologia4.pdf>

[http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao\\_ecologica\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao_ecologica_print.htm)

<http://www.concordia-saoleo.com.br/clauciab/Pol%C3%ADgrafo%201%C2%BA%20bimestre.doc>

### 5. Sites Consultados Unidade E.

BUGWOOD. Disponível on line em <http://www.gaipm.org/top50/fallar-myworm.html>. Acesso em 19 de fevereiro de 2007.

FORESTRY IMAGES. Disponível on line em <http://www.forestryimages.org/images/768x512/2722030.jpg>. Acesso em 19 de fevereiro de 2007.

FAMEV/UFMT. Disponível on line em <http://www.ufmt.br/famev/ento/montagem.htm#cole>. Acesso em 17 de fevereiro de 2007.

BIO CONTROLE. Disponível on line em [http://www.biocontrole.com.br/armadilhas/armadilha.php?id=armadilha\\_luminosa](http://www.biocontrole.com.br/armadilhas/armadilha.php?id=armadilha_luminosa). Acesso em 21 de fevereiro de 2007.

BIO CONTROLE. Disponível on line em [http://www.biocontrole.com.br/armadilhas/armadilha.php?id=placas\\_adesivas\\_bio\\_trap](http://www.biocontrole.com.br/armadilhas/armadilha.php?id=placas_adesivas_bio_trap). Acesso em 14 de fevereiro de 2007.

BIO CONTROLE. Disponível on line em <http://www.biocontrole.com.br/armadilhas/armadilha.php?id=mcphail>. Acesso em 08 de fevereiro de 2007.

ESCOLA ESTADUAL PROF. ASCENDINO REIS. Disponível on line em [http://www.mesologia.hpg.ig.com.br/ecologia\\_de\\_populacao.htm](http://www.mesologia.hpg.ig.com.br/ecologia_de_populacao.htm). Acesso em 11 de fevereiro de 2007.

IPM IMAGES. Disponível on line em <http://www.ipmimages.org/images/192x128/1234212.jpg>. Acesso em 11 de fevereiro de 2007.

AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (ARS), U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível on line em <http://www.ars.usda.gov/is/graphics/photos/aug98/k8143-1.jpg>. Acesso em 11 de fevereiro de 2007.

TARBENA. Disponível on line em <http://galeon.hispavista.com/fotostar-bena/img/liquen>. Acesso em 25 de fevereiro de 2007.

MILLÁN, JOSÉ ANTONIO. Disponível on line em <http://jamillan.com/piedra/liquen.jpg>. Acesso em 21 de fevereiro de 2007.

BUGS IN CYBERSPACE. Disponível on line em [http://www.bugsincyberspace.com/isoptera/isoptera\\_photos/isoptera\\_species1\\_web.jpg](http://www.bugsincyberspace.com/isoptera/isoptera_photos/isoptera_species1_web.jpg). Acesso em 23 de fevereiro de 2007.

BRUNNER, FRANK. Disponível on line em <http://www.interet-general.info/IMG/rhizobium-nodule-1.jpg>. Acesso em 04 de fevereiro de 2007.



TEXAS A&M UNIVERSITY DEPARTMENT OF ENTOMOLOGY. Disponível on line em <http://insects.tamu.edu/images/animalia/arthropoda/insecta/homoptera/aphididae/>

aphis\_neri\_adult\_dorsal\_m\_08.jpg. Acesso em 18 de fevereiro de 2007.

COLLA, PHILLIP. Disponível on line em <http://www.oceanlight.com>. Acesso em 16 de fevereiro de 2007.

CEDEA. Disponível on line em [http://www.ort.org.br/cedea/fotos\\_normais/fotos\\_trab/arvore%20e%20bromelias.jpg](http://www.ort.org.br/cedea/fotos_normais/fotos_trab/arvore%20e%20bromelias.jpg). Acesso em 22 de fevereiro de 2007.

APTA. Disponível on line em [http://www.aptaregional.sp.gov.br/imagens\\_editor/Joaninha-5.jpg](http://www.aptaregional.sp.gov.br/imagens_editor/Joaninha-5.jpg). Acesso em 22 de fevereiro de 2007.

INSECT IMAGES: FOREST HEALTH, NATURAL RESOURCES & SILVICULTURE IMAGES. Disponível on line em <http://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1327038>. Acesso em 01 de fevereiro de 2007.

FUNKMAN. Disponível on line em <http://funkman.org/animal/insect/stickinsect.jpg>. Acesso em 19 de fevereiro de 2007.

ZAVIEZO, TANIA. FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL. DEPARTAMENTO DE FRUTICULTURA Y ENOLOGÍA. Disponível on line em [http://www.puc.cl/sw\\_educ/agronomia/insectos/html/frpresenta.html](http://www.puc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/html/frpresenta.html). Acesso em 22 de fevereiro de 2007.

BIO CLIC. Disponível on line em [http://www.bioclic.ca/encyclopedie/invertebres/fiches/amblycorypha\\_o.html](http://www.bioclic.ca/encyclopedie/invertebres/fiches/amblycorypha_o.html). Acesso em 01 de fevereiro de 2007.

LEPIDOPTERA BRASILIENSIS. LEPIDOPTEROFAUNA NEOTROPICAL. Disponível on line em <http://www.lepidoptera.datahosting.com.br/automeris.htm>. Acesso em 22 de fevereiro de 2007.

EL BLOG DE FORESTMAN. Disponível on line em <http://www.espacioblog.com/forestman/categoria/plagas-y-enfermedades>. Acesso em 01 de fevereiro de 2007.

DIGIFORUM. Disponível on line em <http://www.digiforum.com.br/viewtopic.php?t=19564&view=next&sid=6d62d041e4caba7cdf61ecb163d3d6e3>. Acesso em 22 de fevereiro de 2007.

INSTITUT FÜR PHYTOPATHOLOGIE, ARBEITSGRUPPE ENTOMOLOGIE.

Disponível on line em [http://www.uni-kiel.de/phytomed/schadtiere/entoaphi/vid02\\_Auz.html](http://www.uni-kiel.de/phytomed/schadtiere/entoaphi/vid02_Auz.html). Acesso em 15 de fevereiro de 2007.

DUNN, CASEY. Disponível on line em <http://www2.hawaii.edu/~cdunn/assets/images/1107.jpg>. Acesso em 28 de fevereiro de 2007.

OLIVEIRA, JOÃO. Disponível on line em [http://fossil.uc.pt/imagens/coral\\_recife.jpg](http://fossil.uc.pt/imagens/coral_recife.jpg). Acesso em 21 de fevereiro de 2007.

STAROSTA, PAUL. Disponível on line em [http://www.paulstarosta.com/gallery.asp?photo\\_id=68657](http://www.paulstarosta.com/gallery.asp?photo_id=68657). Acesso em 21 de fevereiro de 2007.

THE AMERICAN ARACHNOLOGICAL SOCIETY. Disponível on line em [http://www.americanarachnology.org/images/gallery/latrodectus\\_hesperus\\_lr.jpg](http://www.americanarachnology.org/images/gallery/latrodectus_hesperus_lr.jpg). Acesso em 25 de fevereiro de 2007.

SHIMIZU, R.M. Disponível on line em [http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao\\_ecologica\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/ecologia/sucessao_ecologica_print.htm). Acesso em 25 de fevereiro de 2007.

## 6. Lista Créditos de Imagens

Crédito 01 - Figura D6

Título: Chincha guano islands (Ilhas Guaneras em Chincha, Peru)

Autor: Manuel González Olaechea y Franco

Data: Novembro de 2005

Acesso em: 30 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Chincha\\_guano\\_islands.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Chincha_guano_islands.JPG)

Crédito 02 - Figura E1

Imagem 1

Título: Fall armyworm

Autor: University of Georgia Archives

Data: Fevereiro de 2002

Acesso em: 30 de julho de 2007

Disponível em: <http://www.insectimages.org/images/768x512/2722009.jpg>

Imagem 2

Título: Fall armyworm

Autor: Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series

Data: Agosto de 2006

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: <http://www.insectimages.org/images/768x512/1435163.jpg>

Crédito 03 – Figura E11

Imagem 1

Título: Lichen One

Autor: Tsu Nimh

Data: Agosto de 2006

Acesso em: 30 de julho de 2007

Disponível em: <http://www.sxc.hu/photo/595855>

Imagem 2

Título: Lichen on Granite 1

Autor: Sam Veres

Data: Julho de 2007

Acesso em: 30 de julho de 2007

Disponível em: <http://www.sxc.hu/photo/823217>

Crédito 04 – Figura E12

Título: formosan subterranean termite

Autor: Gerald J. Lenhard

Data: Fevereiro de 2002

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: <http://www.insectimages.org/images/768x512/0014115.jpg>

Crédito 05 – Figura E13

Título: Soybean root nodules, containing billions of Rhizobium bacteria

Acesso em: 1 de agosto de 2007

Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Soybean-root-nodules.jpg>

Crédito 06 – Figura E14

Acesso em: 1 de agosto de 2007

Disponível em: [http://insects.tamu.edu/images/animalia/arthropoda/insecta/homoptera/aphididae/aphis\\_neri\\_adult\\_dorsal\\_m\\_08.jpg](http://insects.tamu.edu/images/animalia/arthropoda/insecta/homoptera/aphididae/aphis_neri_adult_dorsal_m_08.jpg)

Crédito 07 – Figura E15

Título: Nurse shark *Ginglymostoma cirratum* with remoras *Remora* sp.

Autor: Duncan Wright (User:Sabine's Sunbird)

Data: 10 de Outubro de 2006

Acesso em: 1 de agosto de 2007

Disponível em: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Nurse\\_shark\\_with\\_remoras.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Nurse_shark_with_remoras.jpg)

Crédito 08 – Figura E16

Título: Dirkvdm red flat epiphyte

Autor: Near Orosí, Costa Rica.

Data: 12 de Fevereiro de 2004

Acesso em: 1 de agosto de 2007

Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Dirkvdm\\_red\\_flat\\_epiphyte.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Dirkvdm_red_flat_epiphyte.jpg)

Crédito 09 – Figura E17

Título: Hunting *Coccinella septempunctata*

Autor: Polish Wikipedia

Data: 18 de Julho de 2006

Acesso em: 1 de agosto de 2007

Disponível em: [http://pl.wikipedia.org/wiki/Grafika:Biedronka\\_na\\_poldownaniu.jpg](http://pl.wikipedia.org/wiki/Grafika:Biedronka_na_poldownaniu.jpg)

Crédito 10 – Figura E18

Título: Kooluil *Mamestra brassicae* op boerenkool (Curly kale)

Data: Setembro de 2005

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Kooluil\\_Mamestra\\_brassicae\\_op\\_boerenkool\\_%28Curly\\_kale%29.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Kooluil_Mamestra_brassicae_op_boerenkool_%28Curly_kale%29.jpg)

Crédito 11 – Figura E19

Título: The stick insect *Ctenomorpha chronus*

Data: Abril de 2005

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Ctenomorpha\\_chronus02.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Ctenomorpha_chronus02.jpg)

Crédito 12 – Figura E20

Título: *Automeris io*

Autor: Patrick Coin

Data: Julho de 2004

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Automeris\\_ioPCCA20040704-2975AB1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Automeris_ioPCCA20040704-2975AB1.jpg)

Crédito 13 – Figura E21

Título: *Kooluil Mamestra brassicae op boerenkool* (Curly kale)

Data: 2001

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Droneflybeemimic.jpg>

Crédito 14 – Figura E22

Título: *Aleiodes indiscretus* wasp parasitizing a gypsy moth caterpillar

Autor: Scott Bauer

Data: Setembro de 2006

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Aleiodes\\_indiscretus\\_wasp\\_parasitizing\\_gypsy\\_moth\\_caterpillar.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Aleiodes_indiscretus_wasp_parasitizing_gypsy_moth_caterpillar.jpg)

Crédito 15 – Figura E23

Título: Portuguese Man-of-War

Autor: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration

Data: Junho de 2005

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Portuguese\\_Man-O-War\\_%28Physalia\\_physalis%29.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Portuguese_Man-O-War_%28Physalia_physalis%29.jpg)

Crédito 16 – Figura E24

Título: Port Ghalib Egypt

Autor: J. Hutsch

Data: Março de 2006

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Port\\_Ghalib\\_march\\_2006-0122.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Port_Ghalib_march_2006-0122.jpg)

Crédito 17 – Figura E25

Título: Bees with brood (eggs and larvae)

Autor: Waugsberg

Data: Agosto de 2006

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Bienen\\_mit\\_Brut\\_2.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Bienen_mit_Brut_2.jpg)

Crédito 18 – Figura E26

Título: Black Widow

Autor: Mila Zinkova

Data: 2007

Acesso em: 31 de julho de 2007

Disponível em: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Black\\_widow\\_IMG\\_3238.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Black_widow_IMG_3238.JPG)