

Eliana Schwartz Tavares  
Fernanda Reinert  
Yocie Yoneshigue Valentin

**Volume único**

## O Incrível Poder dos Seres Clorofilados







Fundação

**CECIERJ**

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

# O Incrível Poder dos Seres Clorofilados

Volume único

Eliana Schwartz Tavares

Fernanda Reinert

Yocie Yoneshigue Valentin



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério  
da Educação



Apoio:



# Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001  
Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

**Presidente**  
Masako Oya Masuda

**Vice-presidente**  
Mirian Crapez

**Coordenação do Curso de Biologia**  
UENF - Milton Kanashiro  
UFRJ - Ricardo Iglesias Rios  
UERJ - Cibele Schwanke

## Material Didático

### ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Eliana Schwartz Tavares  
Fernanda Reinert  
Yocie Yoneshigue Valentin

### COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

### DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Ana Tereza Andrade  
Marcelo Bastos Matos

### COORDENAÇÃO DE LINGUAGEM

Maria Angélica Alves

## Departamento de Produção

### EDITORA

Tereza Queiroz

### COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

### COPIDESQUE

Cristina Freixinho  
José Meyohas

### REVISÃO TIPOGRÁFICA

Elaine Bayma  
Patrícia Paula

### COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Jorge Moura

### PROGRAMAÇÃO VISUAL

Renata Borges

### ILUSTRAÇÃO

Sami Souza

### CAPA

Sami Souza

### PRODUÇÃO GRÁFICA

Patrícia Seabra

Copyright © 2006, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

T231i

Tavares, Eliana Schwartz.

O incrível poder dos seres clorofilados: volume único / Eliana Schwartz; Fernanda Reinert; Yocie Yoneshigue Valentin. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

244p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-213-4

1. Ecologia. 2. Commodities agrícolas. 3. Meio ambiente. 4. Grupos de insetos. 5. Indústria de alimentos. 6. Vegetais aromatizantes. I. Reinert, Fernanda. II. Título.

CDD: 577

2010/1

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

# Governo do Estado do Rio de Janeiro

**Governador**  
Sérgio Cabral Filho

**Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia**  
Alexandre Cardoso

## Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO  
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**  
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Vieiralves

**UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitora: Malvina Tania Tuttman



# O Incrível Poder dos Seres Clorofilados

Volume único

## SUMÁRIO

<b>Aula 1</b> – A moeda verde _____	<b>7</b>
<i>Eliana Schwartz Tavares</i>	
<b>Aula 2</b> – Do mar ao prato _____	<b>19</b>
<i>Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
<b>Aula 3</b> – Melhoramento vegetal _____	<b>35</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Aula 4</b> – Modernas técnicas de melhoramento vegetal _____	<b>51</b>
<i>Eliana Schwartz Tavares</i>	
<b>Aula 5</b> – O aroma na alimentação _____	<b>67</b>
<i>Eliana Schwartz Tavares</i>	
<b>Aula 6</b> – O curandeiro e o cientista _____	<b>77</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Aula 7</b> – Medicina colorida _____	<b>93</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Aula 8</b> – Despoluição verde _____	<b>113</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Aula 9</b> – Combustível renovável _____	<b>131</b>
<i>Eliana Schwartz Tavares</i>	
<b>Aula 10</b> – Telhado verde, o fim do calor e das enchentes _____	<b>147</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Aula 11</b> – Harmonia e beleza nos jardins _____	<b>159</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Aula 12</b> – Cheiro bom, cheiro ruim _____	<b>181</b>
<i>Eliana Schwartz Tavares</i>	
<b>Aula 13</b> – Algas e plantas: juventude e beleza _____	<b>195</b>
<i>Eliana Schwartz Tavares</i>	
<b>Aula 14</b> – As plantas invasoras são vilãs? _____	<b>211</b>
<i>Fernanda Reinert</i>	
<b>Referências</b> _____	<b>235</b>



## A moeda verde

### Meta da aula

Introduzir conceitos relativos às *commodities* agrícolas e ambientais, bem como Bolsas de Mercados de Futuros.

# objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- analisar o processo de anulação de contrato;
- explicar como os créditos de carbono podem ter valor comercial;
- descrever o processo de negociação das *commodities* nas Bolsas de Mercados de Futuros.

## INTRODUÇÃO

Você, como estudante de Biologia e já tendo cursado Botânica, tem clara visão das plantas como organismos vivos, conhece sua variabilidade morfológica e reprodutiva e é capaz de explicar seus processos fisiológicos. Consegue, também, relacionar essa variabilidade com os processos fisiológicos e as pressões ambientais, e sabe perfeitamente da importância das plantas para a manutenção da vida no planeta.

Você já pensou nas plantas em termos econômicos?

Esta disciplina pretende expandir a forma como você vê a importância das plantas na sociedade humana. Abordaremos diversos temas, nos quais as plantas são os atores principais, que movem uma economia complexa. Veremos questões atuais que fazem parte do nosso dia-a-dia e, muitas vezes, não nos damos conta. Ao final desta disciplina, você será capaz de acompanhar melhor a consequência dos altos e baixos das safras; as várias transformações que os vegetais sofreram pela ação do homem; os diferentes produtos de origem vegetal à nossa disposição; e, finalmente, como podemos continuar nos beneficiando do convívio com as plantas para nosso bem-estar nas cidades. Percorra conosco a economia por trás das plantas e descubra o incrível poder dos seres clorofilados.

Nesta aula, veremos que não são apenas os agricultores que negociam plantas. Muitas pessoas o fazem como forma de investimento, sem sequer entrar em contato físico com elas em nenhum momento. Como isso pode acontecer? É o que você verá aqui.

### **COMMODITIES? O QUE ESSE NOME ESQUISITO QUER DIZER?**

*Commodities* são bens que possuem valor econômico como, por exemplo, produtos em sua condição natural, cultivados ou de extração, que podem ser estocados por tempo determinado sem sofrer perda de qualidade. Você conhece bem algumas *commodities* agrícolas como a soja, o trigo e o café. Elas devem apresentar certificados de qualidade e selos que comprovem a fiscalização sanitária. Atualmente, com a variedade de técnicas agrícolas disponíveis, seus certificados devem apontar, por exemplo, se são alimentos geneticamente modificados ou de cultivo orgânico.

Mas, por que as *commodities* podem funcionar como moeda? Porque se transformam em dinheiro rapidamente, já que há vendedores dispostos a oferecer os produtos e compradores dispostos a pagar por eles.

As *commodities* são uma forma de investimento, assim como ações de uma empresa, poupança ou fundos de curto prazo. Existem locais específicos para negociá-las, as Bolsas de Mercados de Futuros, onde vendedores e compradores se encontram, como a Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F) brasileira.

🔒 Como ocorrem as negociações?

🔒 Nos Mercados de Futuros, são negociados contratos, que são acordos formais e legais para entrega, em uma data futura, de *commodities* como trigo ou café. Tais contratos são conhecidos como “contratos futuros” e comprados e vendidos por meio de leilões num processo competitivo. Veja em mais detalhes a seguir.

## MERCADO DE FUTUROS – COMO FUNCIONA?

Digamos que você compre, no Mercado de Futuros, um contrato com um grande produtor de algodão. No contrato, por exemplo, o produtor se compromete a entregar, dentro de 90 dias, uma tonelada de algodão, pelas quais você se compromete a pagar 1.000 dólares. No entanto, você não está interessado no algodão, você não tem onde guardá-lo e nem sabe o que fazer com ele. Pretende apenas vender esse contrato para algum interessado, antes da data de vencimento, por um preço maior do que o que pagou. Como especulador, você não vai ter posse física das *commodities*, somente vai comprar e vender contratos como outros tantos investidores. Por exemplo, pode ser que daqui a um mês você ache que o preço por tonelada do algodão estará satisfatório e venda o contrato para outro especulador, embora o algodão só esteja disponível em três meses. Dessa forma, você efetuou uma operação no Mercado de Futuros, e nem por isso teve de se preocupar em guardar ou transportar o algodão.

Mas, veja bem, essas transações não são feitas pessoalmente, como nas Bolsas de Valores; o negócio é realizado por intermédio de corretoras. As corretoras ganham uma porcentagem dos contratos. Quando os ganhos em um contrato são grandes, elas podem obter, também, participação nos lucros.

Como qualquer tipo de investimento, a opção de investir em *commodities* terá de ser analisada, levando-se em consideração os seguintes fatores:

– retorno, ou seja, o ganho esperado sobre o capital investido. Esse ganho esperado deve ser comparado com outras formas de investimento;

– risco, pois a análise de risco do investimento é mais subjetiva, já que algumas pessoas aceitariam riscos maiores em troca de retornos maiores, enquanto outras pessoas preferem um retorno menor, desde que os riscos também sejam menores.

🔗 Então, as *commodities* são iguais às ações da Bolsa de Valores?

🔗 Não, existem diferenças. No mercado de capitais (Bolsa de Valores), são negociadas ações emitidas há anos, bem como ações recém-emitidas por uma empresa nova. Os acionistas têm participação nos lucros das empresas, recebendo, assim, os dividendos das ações. Por outro lado, no Mercado de Futuros, são negociados produtos disponíveis para consumo futuro. Além disso, no Mercado de Futuros não existem dividendos.

### **E SE EU ESTIVER INTERESSADO NO PRODUTO, E NÃO APENAS NOS LUCROS? EU POSSO COMPRAR ESSA COMMODITY NO MERCADO DE FUTUROS?**

Sim. Embora a grande maioria dos negócios efetuados no mercado de futuros seja feita com finalidade especulativa, existem compradores que desejam o produto final. Esses compradores podem adquirir no Mercado de Futuros contratos de *commodities* que lhes permitam garantir que o preço final de seu produto não tenha de sofrer oscilações. Por exemplo, caso você tenha uma fábrica de biscoitos e precise de farinha de trigo, você pode comprá-la no Mercado de Futuros e, dessa forma, conhecendo de antemão o preço da farinha, manter o preço dos biscoitos.

#### **ATIVIDADE**



1. Diante do que você aprendeu até agora, imagine uma situação em que um produtor de trigo negocia um contrato na Bolsa de Mercado de Futuros, no qual se compromete a entregar cinco toneladas de trigo em um prazo de 90 dias, a 95 dólares a tonelada. Porém, ocorre uma forte seca e o produtor perde sua safra. Como poderia ele honrar esse contrato? O preço da tonelada no mercado subiu para 120 dólares.

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*O produtor de farinha poderia comprar um contrato semelhante ao que vendeu, com previsão de entrega para a mesma data e, dessa forma, honrar seu compromisso. O processo citado é chamado anulação de contrato. Note que houve alta do preço dessa commodity; portanto, o produtor terá de arcar com a diferença de preço entre os contratos.*

**A MOEDA VERDE: COMMODITIES AGRÍCOLAS**

As *commodities* agrícolas são produtos provenientes do cultivo agrícola na sua forma bruta ou industrializada, comprados e vendidos nas Bolsas de Mercadorias e de Futuros. As principais produzidas no Brasil são soja, açúcar, algodão, café, suco de laranja, milho e trigo. Como você já deve ter entendido, a vantagem é que as Bolsas propiciam um seguro contra os riscos de mudanças nos preços, transferindo tais riscos para especuladores que estejam dispostos a assumi-los.

**COMMODITIES AMBIENTAIS**

Essas *commodities* incluem as mercadorias que provêm de recursos naturais, ou seja, as sete matrizes:

- 1) água,
- 2) energia,
- 3) madeira,
- 4) minério,
- 5) biodiversidade,
- 6) reciclagem,
- 7) controle de emissão de poluentes.

Diferenciam-se das demais por serem produzidas ou extraídas de forma sustentável, ou seja, de forma a não comprometer o potencial de recuperação do meio ambiente, respeitando o equilíbrio dos ecossistemas em que estão inseridas.

É importante que destaquemos que o Brasil é o único país a possuir, em seu território, em abundância, as sete matrizes das *commodities* ambientais.

De fato, o conceito de *commodities* ambientais foi criado no Brasil, após a detecção de que a forma de impedir a extração ilegal e o desmatamento seria a criação de um centro de comercialização internacional especializado. Os recursos oriundos desses negócios seriam revertidos em investimentos na pesquisa, certificação, classificação de produtos, marketing, educação e treinamentos agroambientais.

As condições sustentáveis, dentro das quais devem ser produzidas ou extraídas as *commodities* ambientais, pressupõem a idéia de desenvolvimento sustentável. Nesse conceito, além da tão discutida e importante questão ambiental, devem-se conhecer os benefícios sociais que podem ser gerados. À medida que, normalmente, essas *commodities* são extraídas por trabalhadores de baixa renda, novos processos de extração e produção favorecem a geração de empregos, o aumento de renda e de qualidade de vida dos trabalhadores e das comunidades envolvidas. As características culturais de cada lugar, ou seja, de manifestações religiosas, raciais, ideológicas ou de qualquer outro tipo, também devem ser bem conhecidas e preservadas quando se almeja desenvolvimento sustentável.

Um exemplo de *commodity* ambiental é o óleo extraído do babaçu, que ocorre naturalmente na floresta amazônica. Podemos produzir, por exemplo, combustível (biodiesel) com o óleo extraído do coco do babaçu. Nesse caso, é uma mercadoria proveniente da biodiversidade e, como tal, deve ser produzida de forma sustentável.

A diferença básica entre as *commodities* agrícolas e as ambientais é que o proprietário da safra de milho a produziu através de sistemas artificiais, como os agrícolas, enquanto nas ambientais o proprietário utilizou o que estava naturalmente disponível. As *commodities* ambientais, como a água e a biodiversidade da Mata Atlântica, por exemplo, pertencem a todos e devem ser preservadas por todos. Assim, com frequência, elas são propriedade da comunidade, e as agrícolas pertencem aos produtores.



**RESPOSTA COMENTADA**

*Como você deve ter visto nos sites que pesquisou, o balanço de carbono passou a ter valor comercial, já que a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera e a manutenção ou aumento do carbono retido (estoques orgânicos) serão quantificados para o cumprimento do Protocolo de Quioto. Se você percebeu que os países que não cumprirem as metas de redução do carbono atmosférico previstas para os próximos anos sofrerão sanções e que os países que cumprirem as metas serão beneficiados, foi pelo caminho certo.*

*Veja, a seguir, se você conseguiu identificar as maneiras de os países cumprirem com as diretrizes do Protocolo.*

*Os países desenvolvidos podem cumprir as metas basicamente de duas formas:*

*- através de projetos que incentivem a preservação dos estoques de carbono no solo e na vegetação (estoque de carbono retido), bem como a recuperação de áreas verdes degradadas;*

*- através do pagamento a países em desenvolvimento, para que eles preservem em seus territórios os estoques de carbono no solo e na vegetação, bem como na recuperação de áreas verdes degradadas.*

*O resultado desses projetos, ou seja, a negociação para redução do carbono atmosférico, pode ser realizada na forma de contrato futuro, nos moldes que você estudou nesta aula. Constitui, dessa forma, uma commodity ambiental. Você se lembra de qual matriz? Exato! É proveniente da sétima matriz, ou seja, controle de emissão de poluentes. Se você teve dúvida, volte ao item "Commodities ambientais".*

*É interessante saber que, embora ainda não haja regulamentação de preços, segundo Augusto Jucá, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o carbono já começa a ser comercializado entre US\$ 3 e US\$ 5 a tonelada. Essas e outras informações atualizadas desse novíssimo ramo da economia de Mercado de Futuros ainda não estão disponíveis em livros no Brasil; assim, a melhor maneira de se manter atualizado é freqüentando os sites especializados no assunto.*

## CONCLUSÃO

A negociação de *commodities* agrícolas não constitui um processo simples de compra e venda direta entre quem produz e quem consome. Tampouco se trata de transações que ocorrem ao acaso. Existe um ambiente, o Mercado de Futuros, onde as transações de compra e venda ocorrem seguindo tendências de mercado ditadas pela análise de fatos ambientais, como variação do volume de chuva ou ocorrência de geadas; de fatos políticos, como a importância de se negociar com determinado país em detrimento de outro; de fatos econômicos, como a concessão de empréstimos para os produtores rurais; de fatos sociais, como a tendência da população de aceitar ou rejeitar determinado produto de origem vegetal. Esses são alguns fatores que influenciam as transações econômicas em torno das *commodities*. Após esta aula, você identificará e acompanhará outras tantas.

## ATIVIDADE FINAL

Vamos usar como exemplo o cacau. Imaginaremos uma situação simplificada, de forma a exercitar o que lemos nesta aula. Lembre-se de que todas as transações no Mercado de Futuros são feitas por intermédio de corretores (mas nesta atividade podemos omitir a figura do corretor), e as transações de compra e venda serão apenas entre quatro pessoas: o produtor, que vai investir no plantio do cacau; o fabricante de chocolate, que precisa do cacau como matéria-prima; e mais duas pessoas que não têm relação direta com a produção do cacau. Ambas são especuladores, sendo que uma aposta na alta do preço do cacau e a outra acredita na baixa do preço dessa mercadoria. Crie uma situação na qual essas quatro pessoas poderiam negociar no Mercado de Futuros:

---

---

---

---

---

---

---



*deixou para negociar parte de sua safra, e o comprador, que ainda não garantiu toda a sua produção, vão continuar afetando as transações no Mercado de Futuros. Esta é uma das possíveis respostas. Discuta com seus colegas e mostre a sua resposta ao tutor. A discussão ficará muito mais interessante!*

## RESUMO

As *commodities* são bens que possuem valor econômico como, por exemplo, produtos em sua condição natural, cultivados ou de extração mineral, que podem ser estocados por tempo determinado sem sofrer perda de qualidade. Contratos para entrega de *commodities* em uma data futura são negociados nos Mercados de Futuros, onde são comprados e vendidos por meio de leilões num processo competitivo. As plantas podem constituir *commodities* agrícolas ou ambientais. As principais *commodities* agrícolas produzidas no Brasil são a soja, o açúcar, o algodão, o café, o suco de laranja, o milho e o trigo. As *commodities* ambientais são mercadorias provenientes de recursos naturais, as quais precisam ser produzidas de forma sustentável. Como exemplo de *commodity* ambiental temos o óleo do babaçu, o qual é extraído do fruto, sem ter-se de matar a árvore. Além disso, ele ocorre naturalmente na floresta amazônica, não sendo necessário desmatar para plantar.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você verá a importância da utilização de algas marinhas na alimentação. Percorrerá o caminho que elas fazem desde seu ambiente natural até a mesa de refeição. Você vai se surpreender com a frequência com que as algas marinhas e seus produtos estão presentes na alimentação.



# objetivos

## Do mar ao prato

AULA

# 2

### Meta da aula

Apresentar a importância das macroalgas na alimentação humana.

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- identificar vários produtos de origem algácea que são utilizados na alimentação;
- conhecer as macroalgas, das quais se extraem os polissacarídeos denominados ficocolóides.

## INTRODUÇÃO

Que título estranho para uma aula: “Do mar ao prato”.

Ele é bem sugestivo, pois nós retiramos do mar vários tipos de proteínas provenientes dos peixes, lagostas, camarões, siris, caranguejos, lulas, ostras, mexilhões e até baleias, que fazem parte das iguarias da alimentação humana. Além dessas iguarias, fazem parte do cardápio de alguns povos, como os orientais por exemplo, a medusa, os ouriços, os pepinos-do-mar, as ascídias etc.

Como esses organismos e outros podem viver no meio marinho? É graças ao oxigênio, fonte da vida, produzido e liberado por outros seres, ou seja, os fotossintetizantes denominados algas, que você já estudou em Botânica I (Aulas 12 e 13) e em Botânica II (Aulas 4, 5 e 6).

## CARACTERÍSTICAS DE UMA TALÓFITA

Vamos relembrar um pouco do que já foi dito sobre esses seres. As algas constituem uma extraordinária diversidade de formas, os mais variados entre todos os outros organismos da escala vegetal. São muito simples em estrutura, característica que as distingue das plantas terrestres. Essa distinção é logo notada, porque as algas carecem de raiz, caule, folhas, flores e frutos. Entretanto, algumas delas possuem estruturas semelhantes a esses órgãos, as quais imitam bem as estruturas das Angiospermas e Gimnospermas, mas com funções diferentes. Apesar dessa variação estrutural, o corpo inteiro da alga é constituído de um talo, e este serve como um único órgão fotossintetizante.



Figura 2.1: Costão rochoso da Prainha, Arraial do Cabo (RJ).

Como também já foi dito em Botânica II, as algas não se reproduzem por flores e nem dão frutos e sementes: elas se reproduzem por intermédio de gametas ou esporos, além de realizar um ciclo de vida bastante complexo. Lembra-se disso?

Entretanto, a simplicidade da sua estrutura é aliada à presença da clorofila, molécula importante, que, junto com as outras, como a fucoxantina e as ficobilinas, realizam o processo fotossintético.

Como todos os seres clorofilados, as algas abastecem de oxigênio e de açúcares os organismos heterotróficos que não dispõem de um arsenal pigmentar, e por isso têm seu metabolismo dependente dos produtos elaborados por essas algas. A fotossíntese é realizada na presença da luz solar, e, no mar, os raios solares diminuem de acordo com a profundidade. Em águas límpidas, esses raios podem penetrar até 200 metros, como acontece em determinadas regiões do mar do Caribe.

As algas variam de acordo com o tamanho e a estrutura, desde as minúsculas células únicas, que fazem parte do plâncton, até aquelas algas gigantes do Oceano Pacífico, que atingem até 60 metros de comprimento.

Elas vivem em vários habitats, além dos mares (**Figura 2.1**), lagos e rios, e também são encontradas em locais como solos úmidos, muros, casca de árvores e em ambientes com temperatura elevada. Ocasionalmente, estão em simbiose com outros organismos, como os fungos para formarem os líquens –, ou associadas a pólipos dos corais etc.

Somente as algas macroscópicas, ou seja, as que você enxerga a olho nu, são comestíveis. Na procura de uma fonte alternativa de alimentos, os recursos do mar podem ser considerados como uma resposta segura para as nossas necessidades nutricionais. Nesse contexto, podemos dar um crédito às algas. Elas constituem uma fonte alimentar de primeira importância em determinados países como Japão, Coreia e China. Além disso, apresentam matéria-prima para vários segmentos da indústria que utilizam os ficocolóides (colóides específicos extraídos das algas), que são, até o presente, insubstituíveis nos setores alimentares, na indústria de cosméticos, na indústria farmacêutica, na impressão de tecidos, no fabrico de pinturas, vernizes e papéis.

Existem cerca de 300 espécies de algas verdes, pardas e vermelhas potencialmente comestíveis. Contudo, nem todas são degustáveis. Assim, a melhor maneira de saber se a alga é comestível ou não, é experimentá-la. Alguns desses vegetais marinhos são adocicados, outros são amargos ou ácidos, com vários tipos de textura. Não há envolvimento de risco de intoxicação com as algas macroscópicas, somente o gosto pode ser desagradável, bem como a textura de seus talos. Contudo, em alguns gêneros, como *Asparagopsis* e *Dictyopteris*, já foram isolados compostos tóxicos. Ambos têm um forte odor e são usados como condimentos em pequena quantidade.

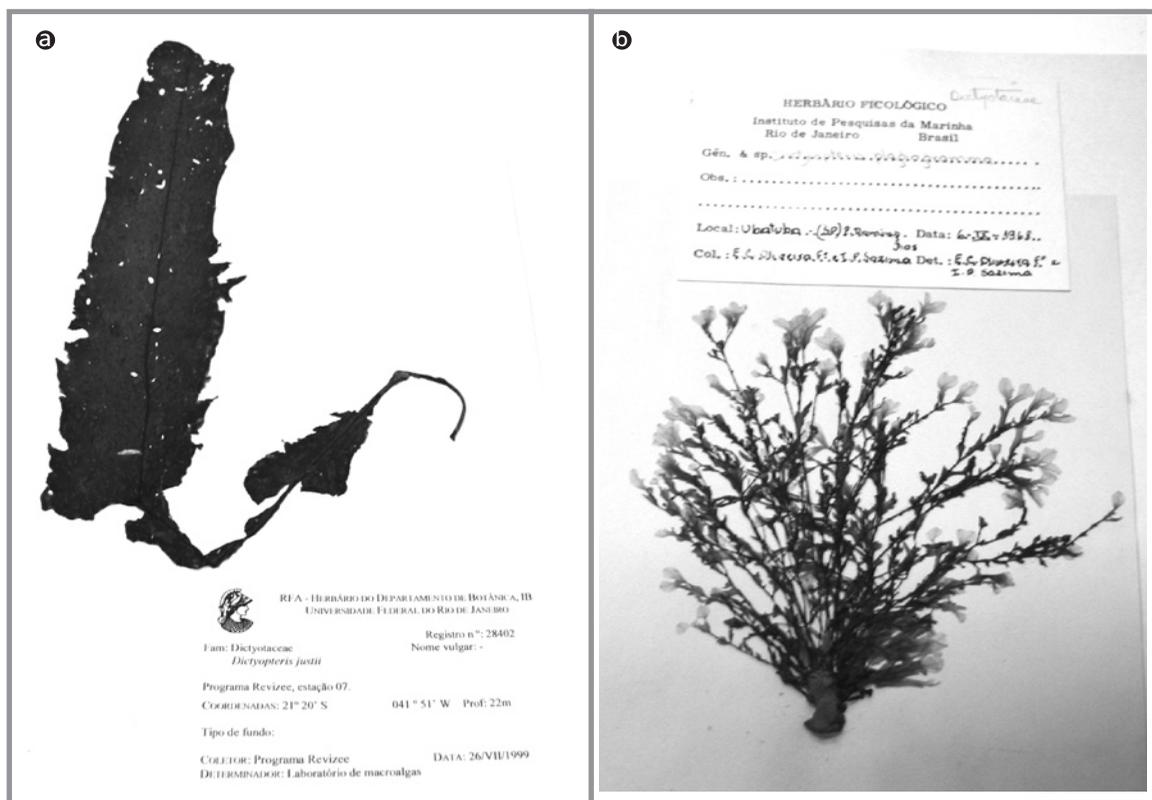
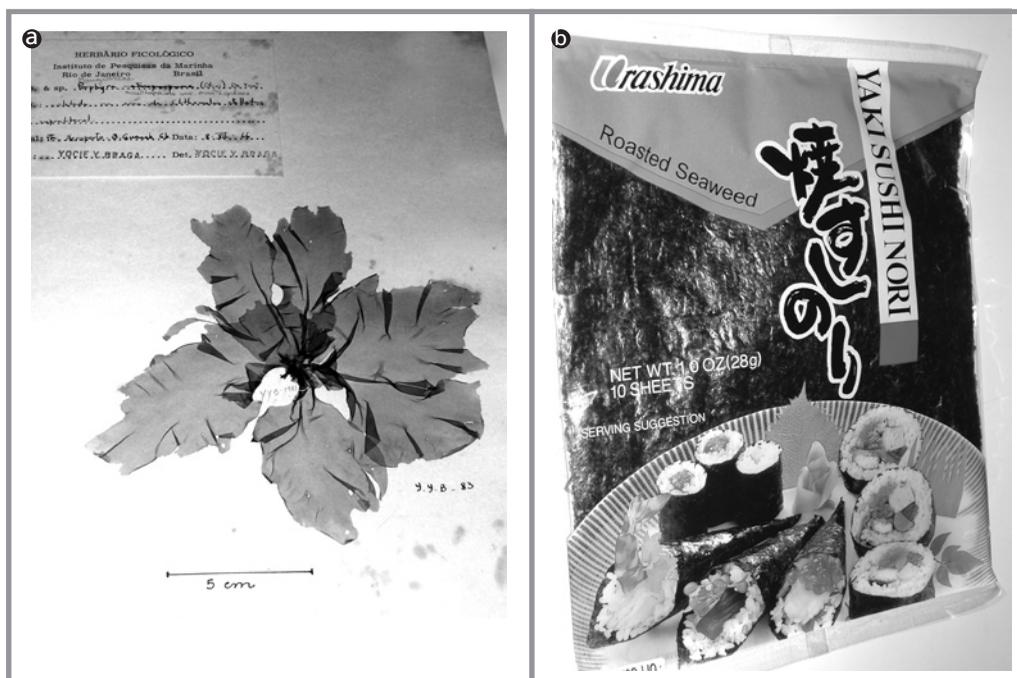


Figura 2.2: Foto de *Asparagopsis* e *Dictyopterus*.

## ALGA COMO VEGETAL MARINHO

O talo folhoso de uma Rhodophyta denominada *Porphyra* é degustável como vegetal no Oriente e na Nova Escócia (Canadá). No Japão, esse vegetal é chamado de “nori”, e na Nova Escócia, “laver”. A *Porphyra* é cultivada nas águas rasas da China e do Japão, inclusive na Baía de Tóquio. Quando os talos alcançam o tamanho apropriado, são retirados do mar, lavados, secos, prensados em folhas, empacotados e vendidos no comércio como “nori” ou “laver”.



**Figura 2.3:** Exicata de *Porphyra* (a) prensada como *nori* (b) para preparo do *maki sushi*.

O valor alimentício do “*nori*” ou “*laver*” está ligado ao seu alto teor de proteínas (25% a 30% do seu peso seco), vitaminas e sais minerais, especialmente o iodo. Seus talos apresentam um conteúdo em vitamina C de cerca de 1,5 a 2 vezes maior do que a laranja por unidade de peso. Eles são, também, ricos em vitamina B.

Os talos de *Porphyra* são muito apreciados na culinária japonesa com o nome de *nori maki sushi*, que é feito com arroz temperado com vinagre misturado com sal e um pouco de açúcar recheado com cenoura, agrião, vagem, cogumelo cozido em molho de soja e, por fim, envolvido pelas folhas de *nori*, dando um aspecto de pequeno rocambole.

Outras algas, como as Phaeophyta, são também consumidas como vegetal do mar na alimentação diária. *Kombu* é o nome comum da alga parda de grande porte, pertencente ao gênero *Laminaria*, e *wakame* é o mesmo que *Undaria*. As algas são coletadas e estendidas na praia para secar seus talos, após o corte do estipe e a parte basal de fixação.

As algas são deixadas assim até que seus talos apresentem aparência brilhante. Eles são levados, então, para as fábricas, cortados, ensacados e enviados ao comércio. Tanto o *kombu* como o *wakame* são usados nas sopas, cozidos com pedaços de carne ou peixe e shoyu (molho de soja fermentado). Os talos de *Laminaria* e *Undaria* são ricos em sais minerais e vitaminas.

Outros gêneros de Chlorophyta (como *Ulva*, *Monostroma*, *Caulerpa*, *Codium*) e vermelhas (como *Laurencia*, *Gracilaria*, *Grateloupia*, dentre outros) são muito apreciados como vegetais marinhos pelos povos orientais, sobretudo pelos havaianos. A espécie *Durvillea antarctica*, depois de cozida, tem o gosto similar ao da batata, e é vendida nas ruas do Chile, muito apreciada pelos povos locais.



Figura 2.4: Algas pardas, macro kelp (a), bull kelp (b), wakame (c) para uso em sopas, saladas e aperitivos.

## OUTROS USOS COMERCIAIS DOS FICOCOLÓIDES

### Alginatos

Em 1883, a partir do talo de *Laminaria digitata*, uma alga parda, foi extraída uma substância gelatinosa que foi chamada de algin. Essa substância, se combinada com um sal de sódio, cálcio ou amônio, dá origem a alginato de sódio, de cálcio e de amônio. Esses sais têm a propriedade de espessar e de geleificar.

Os alginatos têm uma ativa participação na indústria alimentícia como espessante e geleificante sob os códigos E 401 e E 405. Eles entram na composição das maionese, mostardas e molhos de temperos por serem estabilizantes e espessantes.

Além disso, o ácido algínico é muito utilizado na clarificação das cervejas e dos vinhos e também na indústria de sucos (mantendo a polpa da fruta em suspensão).

Esse ácido tem também a propriedade de clarificar o açúcar da beterraba, muito consumido na Europa. O alginato, misturado à manteiga, protege a vitamina A. Normalmente, as sobremesas tornam-se

espesas adicionando o alginato de sódio: ele é também acrescentado aos sorvetes, no momento do congelamento, para impedir a formação de cristais de gelo. Um outro uso do alginato de sódio é no congelamento dos peixes, feito por meio do mergulho do peixe na solução do alginato de sódio seguido por um banho de cloreto de cálcio, formando, assim, uma película de alginato de cálcio, protegendo o peixe das intempéries do meio exterior. Esse processo é também utilizado nas geléias, nos patês, na reconstrução de legumes e frutas, nos quais a película formada pelo alginato de cálcio protege esses produtos.

No Brasil, são comumente encontrados os gêneros *Laminaria*, que vivem em profundidades acima de 40 metros, e *Sargassum*, localizados na zona das marés ou imersos em águas superficiais.

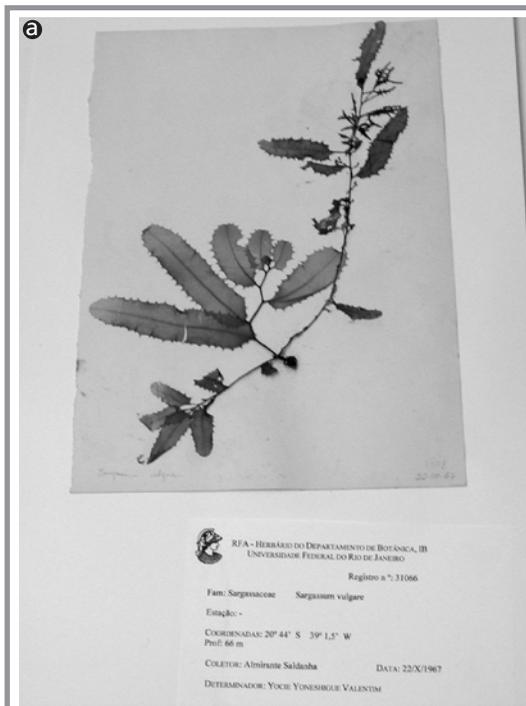


Figura 2.5: Alga parda do gênero *Sargassum*.

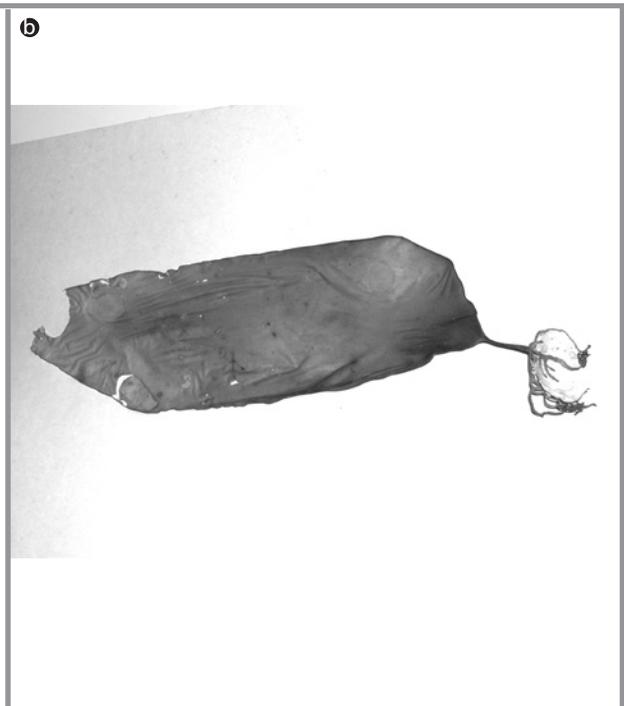


Figura 2.6: Alga parda do gênero *Laminaria*.

### Ágar-ágar

Além do ácido algínico, existem mais dois importantes usos dos polissacarídeos, ou ficocolóides, derivados das paredes celulares das Rhodophyta: o ágar e a carragenana.

O ágar é extraído de determinadas algas vermelhas. Ele foi descoberto por um estalajadeiro japonês, a partir da alga vermelha *Gelidium amansii*, recebendo o nome de *tokoroten* e de *kantem* (o céu em dias frios) no decorrer do século XVIII. Finalmente, o termo malaio *Ágar-ágar* foi adotado por volta de 1905, pela semelhança com um colóide obtido de uma alga vermelha do gênero *Eucheuma*, a carragenana.

O ágar é insolúvel na água fria, porém solúvel em água quente. Possui uma característica particular que é fundamentada na aptidão de formar um gel muito resistente usando somente uma fraca concentração. É encontrado no comércio sob a sigla de E 406.

No Brasil, ocorrem cinco gêneros principais, que são produtores de ágar e são chamados de agarófitas: *Gelidium*, *Pterocladia*, *Pterocladia*, *Gelidiella* e *Gracilaria*.

O ágar é usado como agente geleificante, mas também como estabilizante para o controle da viscosidade. Ele age especificamente como proteção nas conservas de enlatados de carne e peixes, reduzindo os efeitos indesejáveis da lata. É também empregado no fabrico de queijos, maioneses, pudins, cremes, gelatinas e iogurtes. Pode ser encontrado em lojas especializadas em artigos japoneses sob o nome de *kantem*. No comércio brasileiro, é comumente vendida uma gelatina em folhas, encontrada nas cores branca e vermelha. Entretanto, essa gelatina não é oriunda da alga, e sim da pele de suínos, que apresenta a capacidade de geleificar.



Figura 2.7: Algas vermelhas, gênero *Pterocladia* (a), *Gelidium* (b), produtoras de ágar-ágar (Agarófitas).

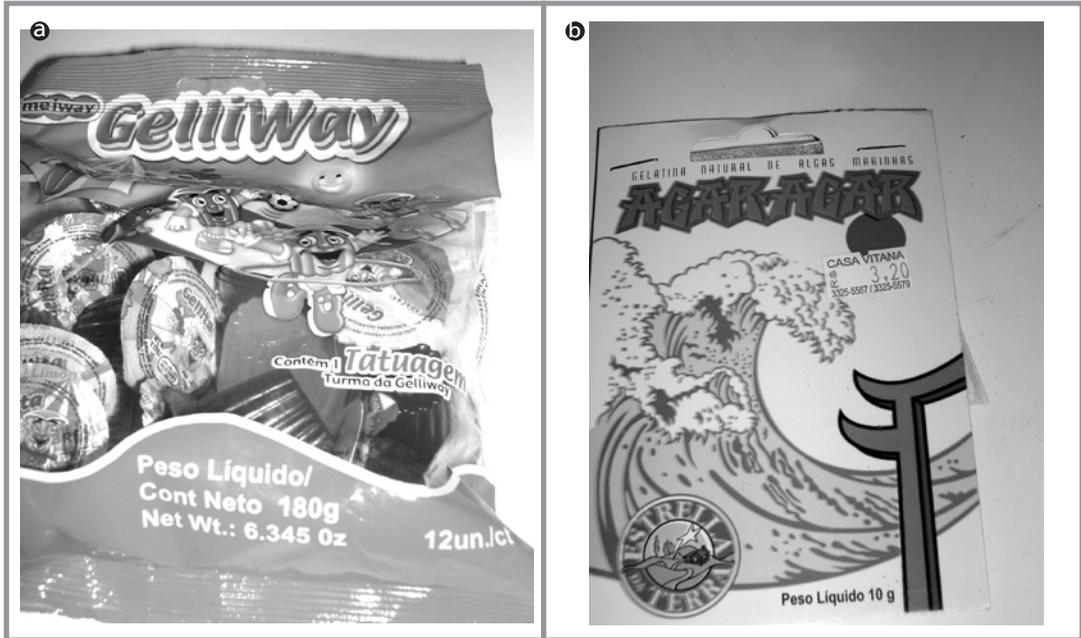


Figura 2.8: Balas à base de ágar-ágar (a) e ágar-ágar em pó para preparo de sobremesas, como gelatina (b).

Veja, a seguir, uma receita exótica para sobremesas, que será um sucesso garantido.

Receita de gelatina de café

*Ingredientes*

2 gramas de ágar

4 gramas de café solúvel

300 ml de água

Açúcar a gosto

*Modo de fazer*

Ferver a água, misturar o ágar e o café dissolvido em água e acrescentar o açúcar. Levar essa mistura ao congelador.

## Carragenana

Outro polissacarídeo é a *carragenana*, que é uma substância coloidal presente na parede esquelética e na matéria intercelular das algas vermelhas que pertencem à ordem das Gigartinales. A carragenana apresenta propriedades muito semelhantes ao ágar. Difere desse último, entretanto, na sua composição molecular.

A denominação *carraghénanes* ou *carragéenanes* provém do nome *carräigeen*, que significa alga na língua gálica, ou seja, de Carraghen, nome de um distrito irlandês. Sabe-se, desde o século XVI, que, coletando uma alga vermelha *Chondrus crispus*, esta teria a propriedade de coagular o leite quente. Até hoje, no norte da França, principalmente na Bretanha, essa alga é misturada ao leite na temperatura de 80°C durante 5 minutos; ao resfriar-se, o leite se geleifica, parecendo um manjar branco.

Essa carragenana pode ser obtida no comércio sob o código E 407. Ela é usada como agente espessante e estabilizante, e é muito utilizada na indústria dos laticínios e seus derivados, principalmente dos achocolatados. É, ainda, empregada nos diversos tipos de sobremesa, como sorvetes, bolos, flans, pudins, nas bebidas em pó solúveis, na alimentação infantil dos bebês, nas sopas instantâneas, etc.

No Litoral Brasileiro, são encontrados vários gêneros de algas produtoras de carragenana: *Hypnea*, *Agardhiella*, *Solieria*, *Eucheuma*, além de um gênero introduzido do Oceano Pacífico chamado *Kappaphycus*.



Figura 2.9: Mistura para pudim à base de carragenana.

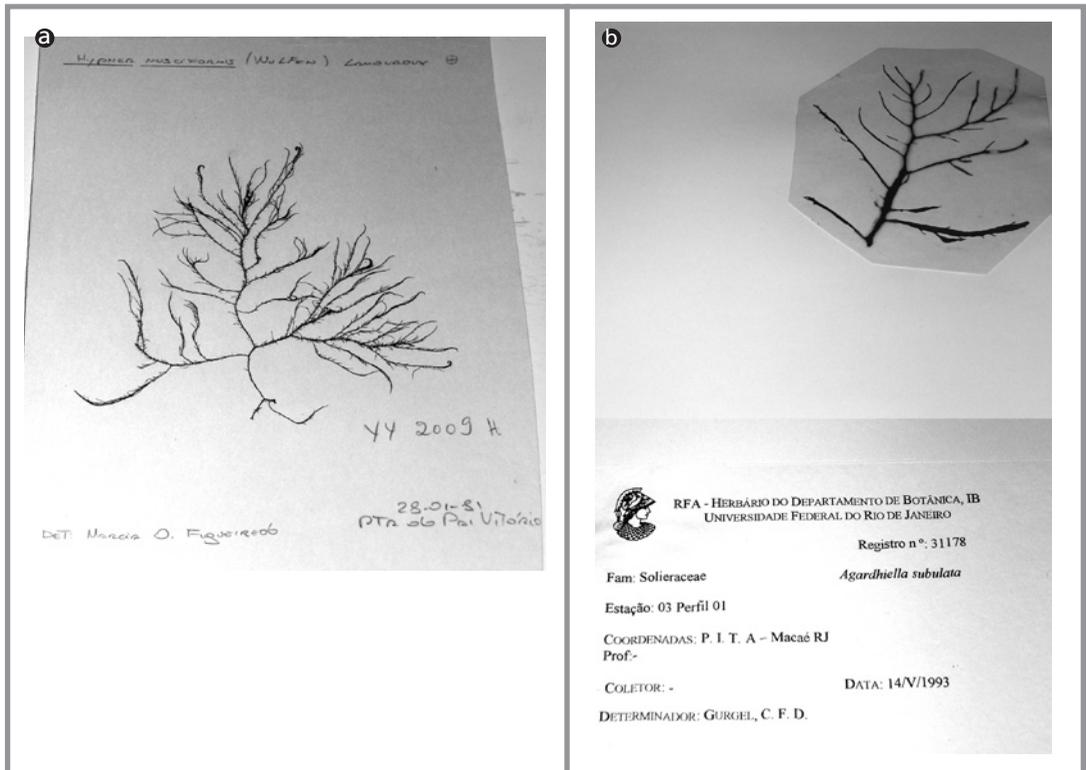


Figura 2.10: Algas vermelhas, gêneros de *Hypnea* (a) e *Agardhiella* (b), produtoras de carragenana (Carragenófitas).



**ATIVIDADE**

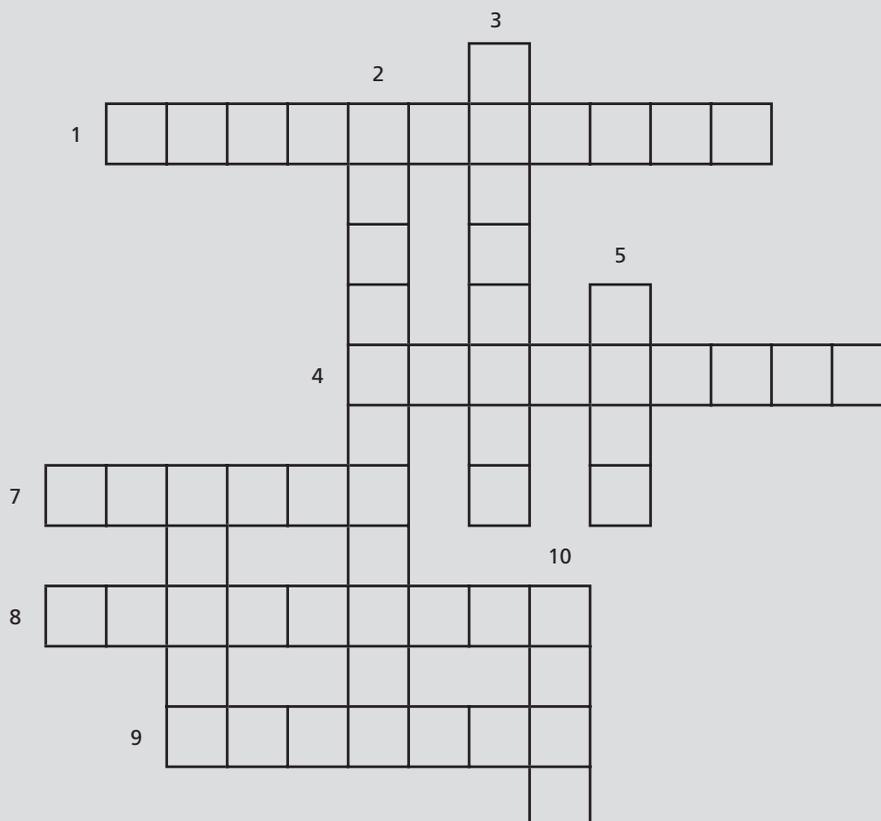
1. Palavras Cruzadas

**Horizontal**

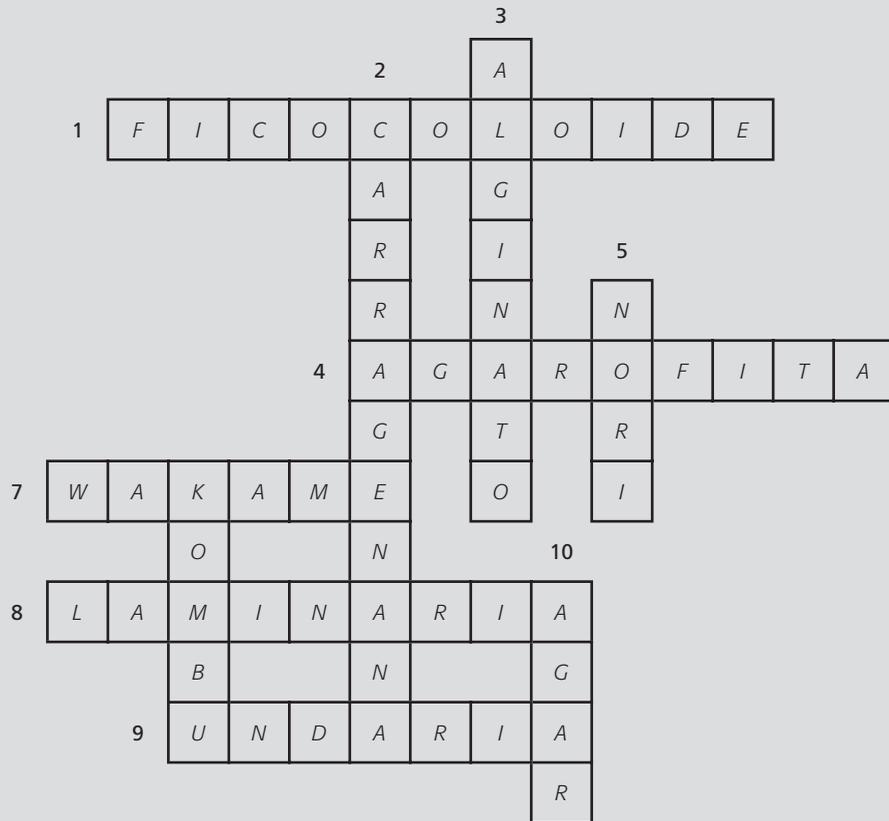
- 1) Polissacarídeo coloidal extraído de algas.
- 4) Nome dado às algas produtoras de ágar.
- 7) Nome comercial da alga parda *Undaria*, utilizada como alimento pelos orientais.
- 8) Gênero de alga parda de grande porte utilizada na alimentação e conhecida como *kombu*.
- 9) Gênero de alga parda comestível conhecida como *wakame*.

**Vertical**

- 2) Polissacarídeo presente em algas vermelhas da Ordem Gigartinales, empregado como espessante e estabilizante na indústria de laticínios.
- 3) Substância originada da combinação entre a algina (substância gelatinosa derivada da alga parda *Laminaria digitata*) e um sal de sódio, cálcio ou amônio.
- 5) Talo comestível de *Porphyra* (Rhodophyta), comumente empregado na culinária oriental.
- 6) Nome comercial da alga parda comestível de grande porte.
- 10) Polissacarídeo extraído de algas vermelhas usado como agente geleificante e estabilizante, vendido comercialmente com o nome de *kantem*.



Solução



**RESPOSTA COMENTADA**

Você conseguiu fazer esse exercício sem dificuldade? Muito Bem! Você entendeu a aula. Continue assim...  
 Caso contrário, releia a aula. Se você se interessou por algum desses termos, faça uma busca na internet, digitando as palavras num site de busca. Dessa forma, você obterá mais informações e enriquecerá seus conhecimentos.

**CONCLUSÃO**

Você acabou de estudar a importância das macroalgas marinhas no seu cotidiano. Acabou de constatar (também) que muitas algas são empregadas na alimentação, principalmente do povo oriental, e que os colóides oriundos das macroalgas (ficocolóides) têm um valor comercial bastante elevado, como é o caso do alginato, do ágar-ágar e da carragenana. Na próxima aula, você ampliará seus conhecimentos sobre o melhoramento vegetal.

### ATIVIDADE FINAL

Responda às questões abaixo:

a) Quais são as substâncias extraídas dos talos das macroalgas e que são amplamente utilizadas pelas indústrias alimentícias?

---

---

b) Quais são os principais gêneros de agarófitas encontrados no Brasil?

---

---

c) Quais são os principais gêneros de carragenófitas encontrados no Brasil?

---

---

d) Listar cinco produtos de origem algácea encontrados nas prateleiras dos supermercados usados na alimentação humana.

---

---

e) *Laminaria* e *Sargassum* são gêneros de algas ..... que produzem.....

f) Carragenana é um polissacarídeo proveniente da alga.....

g) *Kombu*, que é usado na sopa diária dos japoneses, é originado da alga.....

h) ..... é a macroalga da qual se extrai o ágar-ágar.

**RESPOSTA**

a) ágar, carragenana e alginato.

b) Gelidium, Pterocladia, Pterocladia, Gelidiella e Gracilaria.

c) Hypnea, Agardhiella, Solieria e Euclima.

d) Produtos do supermercado.

e) pardas ..... algina.

- f) vermelhas.
- g) Laminaria.
- h) qualquer gênero da questão 3.

**COMENTÁRIO**

*Você com certeza, não deve ter tido dificuldade em efetuar essa atividade. Parabéns! Contudo, se ficou com alguma dúvida, releia a aula e veja que será mais fácil responder às questões.*

**RESUMO**

Os seres fotossintetizantes denominados algas apresentam uma alta diversidade de formas, embora ainda de organização não muito elaborada. Contudo, elas constituem a base da cadeia alimentar, quer seja no meio marinho, quer no dulcícola. Além disso, essas algas apresentam uma relevante importância ecológica como produtoras de oxigênio para o meio ambiente, além de os seus talos serem utilizados pelo homem como alimento e os produtos derivados de seus talos, os ficolóides, (ágar, carragenana e alginato), na sua vida cotidiana.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, você vai conhecer os métodos tradicionalmente utilizados para obtenção dos alimentos vegetais que fazem parte do nosso cotidiano. Verá também, os impactos causados pela atividade agrícola ao meio ambiente e algumas maneiras de reduzi-los.



# Melhoramento vegetal

AULA

3

## Meta da aula

Discutir a evolução da atividade agrícola ao longo da história humana.

## objetivos

Esperamos que, após a realização das atividades propostas, você seja capaz de:

- identificar e explicar a origem das plantas que consumimos regularmente na alimentação;
- explicar as principais etapas do processo de melhoramento convencional;
- explicar por que os ecossistemas agrícolas não constituem ambientes naturais;
- identificar alguns impactos ambientais de atividades associadas à agricultura e às ações específicas para mitigá-los.

## INTRODUÇÃO

### BIOTECNOLOGIA

O termo (derivado de três palavras gregas: *bio*, vida, *lógos*, conhecimento, e *tecno*, que designa prática de ciência) foi usado pela primeira vez por um engenheiro agrícola da Hungria, Karl Ereky, em 1919.

O homem vem tirando proveito de processos biológicos há milhares de anos. Os registros arqueológicos indicam que os sumérios, babilônios e egípcios realizavam o plantio de cevada em larga escala e produziam diversos tipos de cerveja há mais de 5.000 anos. A lista de produtos e processos **BIOTECNOLÓGICOS** desenvolvidos ao longo da história da humanidade é bastante longa. Vamos nos deter aqui a alguns produtos e processos no campo da agricultura.

Quando o homem seleciona determinadas plantas, em detrimento de outras da mesma espécie, porque elas apresentam, por exemplo, crescimento mais rápido, maior rendimento, ou paladar mais agradável, ele vai, progressivamente, alterando as espécies. Essa alteração pode chegar a ponto de não mais reconhecermos a parente selvagem que deu origem à variedade selecionada de determinada planta.

Vamos ver se isso é mesmo verdade?

### ATIVIDADE

1. Sua primeira atividade desta aula será identificar quais são as plantas a seguir. Posso lhe adiantar que são suas velhas conhecidas.



### RESPOSTA COMENTADA

As espécies apresentadas são: milho, cenoura e alface. É mesmo muito difícil saber quais são, mas algumas dicas podem ajudar a reconhecê-las. Você pode notar, na primeira ilustração, que esse fruto é proveniente de uma inflorescência em espiga (característica de gramínea) e pode observar os estigmas persistentes nos frutos ("cabelinho" do milho). Na segunda ilustração, você pode observar as folhas da cenoura e a raiz tuberosa, embora na variedade selvagem seja pouco desenvolvida. Na terceira ilustração, você deve imaginar a redução dos entrenós e o alargamento das folhas.

## A AGRICULTURA E O HOMEM

Com a domesticação de plantas e animais (agricultura e pecuária), o homem alcançou um novo e decisivo patamar na história evolutiva. À medida que ele deixou de ser apenas coletor e caçador, a qualidade nutricional e a quantidade disponível dos alimentos permitiram que crescêssemos em número e reduzíssemos o deslocamento em busca de alimento. Adicionalmente, a necessidade de entender os ciclos da Natureza para obter boas colheitas e a de interferir nela para favorecer, por exemplo, a irrigação foram forças propulsoras para que evoluíssemos os conhecimentos de Astronomia, Engenharia e Biologia. Assim, não há como separar nossa história de sucesso como espécie do advento da agricultura. Veja, a seguir, um quadro que lista alguns fatos marcantes dessa história.

**Tabela 3.1:** A biotecnologia e o homem

5000 a.C.	Fabricação de cerveja em larga escala por sumérios, babilônios e egípcios.
4000 a.C.	Primeiros agricultores no Egito e nas Américas já selecionavam e guardavam as melhores sementes para serem plantadas na estação seguinte.
1750 a.C.	Registros de fabricação de bebidas fermentadas, como os vinhos.
500 a.C.	Uso de um tipo de queijo de soja mofado no tratamento de erupções cutâneas por chineses.
100 d.C.	Os chineses já usavam a flor de crisântemo em pó como inseticida.
1866	O monge austríaco Gregor Mendel publica seus estudos sobre hereditariedade de caracteres de uma geração a outra, utilizando ervilhas.
1870-1890	Pesquisadores realizam diversos cruzamentos com variedades de algodão para desenvolver outras centenas de variedades de qualidade superior.
1900	O instituto de pesquisa Luther Burbank desenvolve várias novas frutas híbridas, como pêssego e ameixa.
1908	G. H. Shull, do instituto americano Carnegie, desenvolve o primeiro milho híbrido através de autopolinização.
1953	Watson e Crick revelam a estrutura tridimensional na forma de hélice dupla, ou duplex, da molécula de DNA.
1956	O processo de fermentação é otimizado no Japão. Kornberg descobre a enzima DNA polimerase I, que catalisa a síntese de DNA em bactéria, levando ao entendimento de como o DNA é replicado.
1960	É publicada a constituição de um meio de cultura de plantas <i>in vitro</i> , por Murashigue e Skoog.
1960	É descoberto o RNA mensageiro.

1960	Após décadas de trabalho, Norman Borlaug cria uma variedade de milho anão com 70% de aumento de produção do grão.
1970	Enzimas de restrição, denominadas nucleases específicas, são identificadas, abrindo o caminho para a clonagem de genes.
1982	A primeira planta de tabaco geneticamente modificada é criada, com resistência a antibiótico.
1983	É desenvolvida a técnica de PCR (Polymerase Chain Reaction), que usa ciclos de síntese de DNA para produzir inúmeras cópias de genes ou fragmentos de genes.
1983	A primeira transformação de plantas por <i>Agrobacterium</i> (plasmídeos Ti) é realizada.
1994	É aprovada para plantio e comercialização nos Estados Unidos uma variedade de tomate geneticamente modificado para resistir ao apodrecimento (Flavr Savr da Calgene).
2000	Cientistas de São Paulo revelam pela primeira vez o código genético completo de uma bactéria fitopatogênica, a <i>Xylella fastidiosa</i> .
2000	É obtida uma variedade de arroz geneticamente modificado que produz betacaroteno, precursor de vitamina A.
2001	Cientistas canadenses e americanos desenvolvem uma variedade de tomate que resiste a altos níveis de salinidade no solo.
2002	O uso anual de pesticidas nos EUA é reduzido em cerca de 210.000 toneladas.



**ATIVIDADE**

2. De que forma você acredita que o homem obteve a maioria das plantas que consumimos atualmente?

---



---



---



---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Como as demais espécies animais, o homem foi aprendendo, por tentativa e erro, as espécies que são boas para alimentação, dores etc. Posteriormente, quando deixou de ser coletor e passou a cultivar, ele começou a escolher as plantas que apresentavam, naturalmente numa população, as características de interesse. Se você respondeu que as plantas selecionadas foram cruzadas (polinização artificial)*

*entre si e o processo foi repetido a cada geração, você está no caminho certo. É importante que você lembre que determinados traços hereditários foram, através dos sucessivos cruzamentos, fixados nas gerações seguintes, agora não mais por ação da seleção natural, e sim pela atividade humana. Evidentemente, ao selecionar determinada característica numa planta, outras características acabaram sendo selecionadas ou preteridas involuntariamente nesse processo de melhoramento convencional.*

Um dos mais notáveis feitos de melhoramento foi o do Prêmio Nobel da Paz em 1970. Norman Borlaug desenvolveu, na década de 1950, variedades de trigo semi-anãs com altas taxas de produção obtidas, principalmente, pela alta taxa fotossintética em presença de nitrogênio em abundância.

## PROGRAMAS DE MELHORAMENTO VEGETAL

Um bom programa de melhoramento começa com um planejamento detalhado e se inicia com a definição clara dos objetivos a médio e longo prazos. Acompanhe, a seguir, um resumo das principais etapas do planejamento.

1. **Objetivos:** definir, por exemplo, se o melhoramento será para aumentar a adaptação de uma espécie à seca, ou para a resistência a determinada praga.
2. **Avaliação:** a nova variedade deve ter boa aceitação pelos consumidores ou deve possuir níveis equivalentes de produção.
3. **Flexibilidade:** o programa deve permitir ajustes de objetivos em função, por exemplo, de mudanças na demanda do mercado, já que o desenvolvimento de variedades novas pode durar cerca de dez anos.
4. **Revisão bibliográfica:** uma extensa revisão, inclusive a bancos de dados de depósitos de patentes, deve ser realizada de forma a poupar esforços e duplicidade de experimentos.
5. **Conhecimento de campo:** o melhorista deve conhecer a realidade da espécie-alvo do ponto de vista do produtor e dos órgãos dedicados

#### GERMOPLASMA

Refere-se ao material genético de uma espécie, incluindo seus tipos silvestres e domesticados. Alguns autores preferem o termo introdução “*in vitro* de germoplasma” ao termo “introdução *in vitro* de plantas”, porque o primeiro é mais amplo, pois inclui introdução de sementes, grãos de pólen e células.

O geneticista russo, Nicolai Vavilov, realizou os primeiros trabalhos, na década de 1920, sobre a distribuição de espécies no mundo. Ele identificou regiões de grande diversidade isoladas por barreiras naturais (como montanhas ou desertos), as quais foram denominadas **CENTROS DE ORIGEM**.

a programas de melhoramento, como os bancos de **GERMOPLASMA** mantidos em centros de pesquisa, como universidades e Embrapa.

6. Escolha da matriz: o melhorista deve escolher cuidadosamente o germoplasma que será sujeito ao programa de melhoramento (germoplasma elite) e um outro, secundário, que também possua as características que se querem aprimorar para que sirvam de variabilidade genética suplementar ao programa.

7. **CENTRO DE ORIGEM**: o conhecimento sobre o(s) local(is) de origem de uma determinada espécie é importante como fonte de variabilidade genética. É fundamental garantir a preservação desses centros, já muito reduzidos pela expansão das fronteiras agrícolas e dos centros urbanos, e a substituição gradativa das variedades nativas pelas modificadas.

8. Área de teste: é importante escolher campos experimentais semelhantes àqueles de destino da nova variedade.

9. Escolha da metodologia: existem diversos métodos de melhoramento, conforme veremos adiante, e a escolha deve passar pela cuidadosa análise dos pontos listados até aqui.

W.L. Johansen, em 1903, estabeleceu importantes princípios que nortearam o processo de seleção e melhoramento vegetal. Trabalhando com feijões que produziam sementes de diferentes tamanhos (espécie autógama e, portanto, homozigótica para genes que controlam essa característica), Johansen observou que as progênie obtidas a partir de sementes grandes e aquelas obtidas a partir de sementes pequenas produziam sementes grandes e pequenas em semelhantes proporções. Assim, ele percebeu que essa característica (tamanho da semente) era controlada, também, por fatores abióticos e, assim, a seleção não é eficiente. O termo *linha pura* foi definido como todos os descendentes de um único indivíduo (autofecundação). Assim, uma vez selecionada uma linha pura, não adianta separar a progênie em função de determinada característica, com o objetivo de continuar selecionando plantas com essa característica que está em homozigose, pois a variação restante em cada progênie não é de origem genética.

## PRINCIPAIS MÉTODOS DE MELHORAMENTO

Existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para se construir um programa de melhoramento. Algumas vão além do método convencional, que envolve apenas o cruzamento entre as espécies, e requerem o uso de laboratórios de pesquisa sofisticados.

1. Seleção de linha pura: o melhorista escolhe numa população, em geral, de uma espécie autógama (exemplo: alface, arroz e tomate), as plantas que apresentam o fenótipo desejado; depois, ele seleciona algumas gerações da progênie; a próxima etapa inclui os ensaios comparativos com outras variedades já existentes; e, finalmente, se a variedade selecionada cumprir os critérios desejados, é feita a multiplicação (não é criado um genótipo novo, apenas isolam-se os melhores já existentes).

2. Hibridação: o melhorista realiza o cruzamento entre indivíduos geneticamente diferentes, tanto de espécies autógamas como de alógamas, ou seja, espécies com prevenção à autofecundação (exemplo: cacau, mandioca e milho).

3. Hibridação somática: o objetivo é obter híbridos quando não for possível obter sementes viáveis pela hibridação sexual. O melhorista realiza cruzamentos interespecíficos e intergenéticos por meio da fusão de protoplastos (células vegetais que tiveram sua parede removida e são envoltas apenas pela membrana plasmática) de células somáticas.

Existem, ainda, diversos outros métodos de melhoramento, como o da população, o genealógico e o de geração precoce. Em cada um desses métodos, a seleção dos indivíduos ou populações que fornecerão as sementes é distinta, porém, a descrição desses métodos é complexa e foge ao escopo desta aula.

O melhorista pode, ainda, utilizar agentes mutagênicos físicos (como raios ultravioletas e radiação ionizante) e químicos (como gás mostarda e dimetilsulfato), em toda a planta ou em partes, a fim de causar mutações aleatórias que podem ser benéficas ao programa de melhoramento.

O termo *variedade* é definido para um grupo de plantas com características distintas, uniformes e estáveis (por exemplo, resistência à determinada praga, cor das sementes e produção de grão). É usado como sinônimo de *cultivar* (por exemplo, a cultivar de algodão BRS200 Marrom, sobre a qual você lerá a seguir).

## CONQUISTAS RECENTES POR MELHORAMENTO VEGETAL CONVENCIONAL

Como você viu até aqui, o melhoramento vegetal possibilitou uma enorme melhoria na nossa alimentação. Veja, a seguir, alguns sucessos obtidos recentemente pela Embrapa, disponíveis na sua página na internet.

- **Algodão colorido**

Cultivar BRS 200 Marrom é o primeiro exemplar brasileiro de algodão de fibra colorida geneticamente. Esta cultivar foi obtida por meio de melhoramento convencional com utilização do método de seleção genealógica. Segundo a Embrapa, a fibra da cultivar BRS 200 possui valor de mercado 30% a 50% superior às fibras do algodão branco normal, além da produtividade mais elevada e do maior rendimento das fibras. O algodão BRS 200 foi selecionado a partir de algodoeiros arbóreos nativos do semi-árido nordestino, possuindo alto nível de resistência à seca.

- **Bananas resistentes a doenças**

O Brasil ocupa o segundo lugar na produção mundial de banana. As principais doenças causadas por fungos que atacam essa cultura são o mal-do-Panamá, a Sigatoka-amarela e a Sigatoka-negra. Como forma de controle, a Embrapa desenvolve um programa de melhoramento genético convencional da bananeira, que visa à geração de híbridos resistentes e com boas características comerciais. O objetivo é reduzir a aplicação de fungicidas no controle das sigatokas, prática de elevado custo e com implicações ambientais negativas. Os híbridos de banana Prata, como Pacovan Ken, Preciosa, Prata Graúda, Prata Garantida, Prata Caprichosa e FHIA-18, foram desenvolvidos e/ou recomendados pela Embrapa.

**ATIVIDADE**

3. Com base nas principais etapas do processo de melhoramento vegetal, aponte um erro possível em três etapas de um programa de melhoramento.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

Veja, a seguir, alguns exemplos de problemas que podem surgir em diferentes etapas de um programa de melhoramento. Você pode ter colocado sua imaginação para voar, então, se os problemas que você imaginou foram diferentes, não se preocupe. Descrevemos, aqui, apenas algumas possibilidades. Verifique se sua resposta seguiu semelhante raciocínio. Se tiver dúvida, lembre-se sempre de procurar seu tutor para saná-la. Na etapa de indefinição dos objetivos, por exemplo, o melhorista busca uma variedade de uma espécie alógama com maior resistência à seca, de forma a expandir essa cultura agrícola para áreas semi-áridas. Entretanto, o melhorista não se deu conta de que seu polinizador não é encontrado nessas regiões. Numa etapa seguinte, se o melhorista selecionar plantas com alta produtividade, mas não avaliar se as características da produção, como cor e textura, serão aceitas pelo consumidor, pode criar uma variedade sem utilidade. O melhorista pode, ainda, gastar tempo e recursos criando uma variedade muito semelhante à outra já existente, e que, por isso, não será contemplada como variedade nova e ainda terá de pagar os direitos de propriedade para o detentor da variedade existente, caso esta esteja patenteadada. Numa etapa posterior, o melhorista que baseia seu programa de melhoramento na obtenção de uma linhagem pura de uma espécie alógama, jamais obterá sucesso, pois nos programas para essas espécies procura-se explorar a natureza heterozigótica dos genótipos.

## BIODIVERSIDADE E AGRICULTURA

Como você percebeu até aqui, o homem modificou drasticamente as espécies selvagens de acordo com nossas necessidades e paladar. Assim, a idéia poética de que comemos somente o que a Natureza nos oferece é inapropriada, e pode ofuscar nosso senso crítico. É fundamental que conheçamos plenamente a extensão das atividades humanas para que possamos continuar a aperfeiçoar técnicas agrícolas que garantam nossa sobrevivência e minimizar suas conseqüências para a biodiversidade do planeta.

Não é possível pensar que podemos estagnar nas atuais formas de manejo agrícola. Dependemos inteiramente da agricultura, pois, embora a taxa de crescimento populacional tenha caído substancialmente em muitas partes do globo, em termos absolutos, a população total da América Latina, por exemplo, dobrou da década de 1960 para a de 1990 (de 210 para 430 milhões), e a previsão é de chegar a 650 milhões até o ano 2020. Por essa razão, não podemos continuar nos descuidando dos ecossistemas naturais.

A preservação da biodiversidade não deve depender de atitudes altruístas para com outras espécies, embora este seja um sentimento nobre. Quanto mais conseguirmos preservar os diversos ecossistemas com suas espécies, maiores serão nossas chances de sobrevivência, já que a manutenção da variabilidade genética é de grande valor estratégico em vários campos (Aula 1), incluindo a agricultura.

Não conhecemos o limite no qual a natureza perde sua capacidade de recuperação. E, na verdade, no momento em que conhecermos esse limite, é provável que tenhamos ido longe demais. As relações ecológicas são complexas e profundamente interdependentes. Ao removermos elementos de uma cadeia biológica, desencadeamos, muitas vezes, o rompimento dessa cadeia, que por sua vez pode causar o rompimento de outras, na forma de uma avalanche, e com conseqüências similares. Nosso sucesso como espécie, portanto, depende de nossa possível capacidade de conscientização sobre essas questões em âmbito mundial. O registro fóssil, por exemplo, indica que temos cerca de 2.000.000 de anos e os crocodilos têm mais de 200.000.000 anos no planeta, o que nos leva a concluir que temos muito a fazer para favorecermos nossa permanência aqui.

A atividade agrícola acarreta importantes impactos que precisam ser considerados e avaliados. A **FAO** (*Food Agriculture Organization*) estima que 40% da superfície de terra do planeta sejam usadas para agricultura. Por exemplo, a ampliação das áreas aráveis causa diretamente grande perda de diversidade biológica pela redução de ecossistemas naturais e indiretamente pelas atividades agregadas à agricultura, a saber:

- grande consumo de água potável para irrigação (cerca de 70% dos gastos com água potável são com irrigação);
- contaminação de reservatórios de água doce por pesticidas e adubos;
- erosão;
- construção de estradas.

Cientistas do *International Food Policy Research Institute* (EUA) estimam que 75% das terras utilizadas pela agricultura na América Central, 20% das africanas e 10% das asiáticas estão degradadas, o que causa a redução progressiva de áreas de vegetação nativa, à medida que novas áreas vão sendo destinadas à agricultura, e queda geral da produção de alimentos, pois solos degradados demandam tempo e esforços para sua recuperação.

Entretanto, não podemos olhar a atividade agrícola como algo inerentemente nocivo, porém, necessário à nossa sobrevivência, e que, como tal, não é passível de sofrer melhorias. Muito pelo contrário! A atividade agrícola é indispensável para o sucesso da humanidade e pode, e deve, ser melhor manejada, numa busca crescente de sustentabilidade econômica e ambiental.

**FAO**

É a organização das Nações Unidas para as questões de alimentação da população mundial.



**ATIVIDADE**

4. Que conhecimentos você apontaria como relevantes para minimizar os impactos da atividade agrícola e simultaneamente favorecer aumento de produtividade agrícola?

---

---

---

---

---

---

---

---

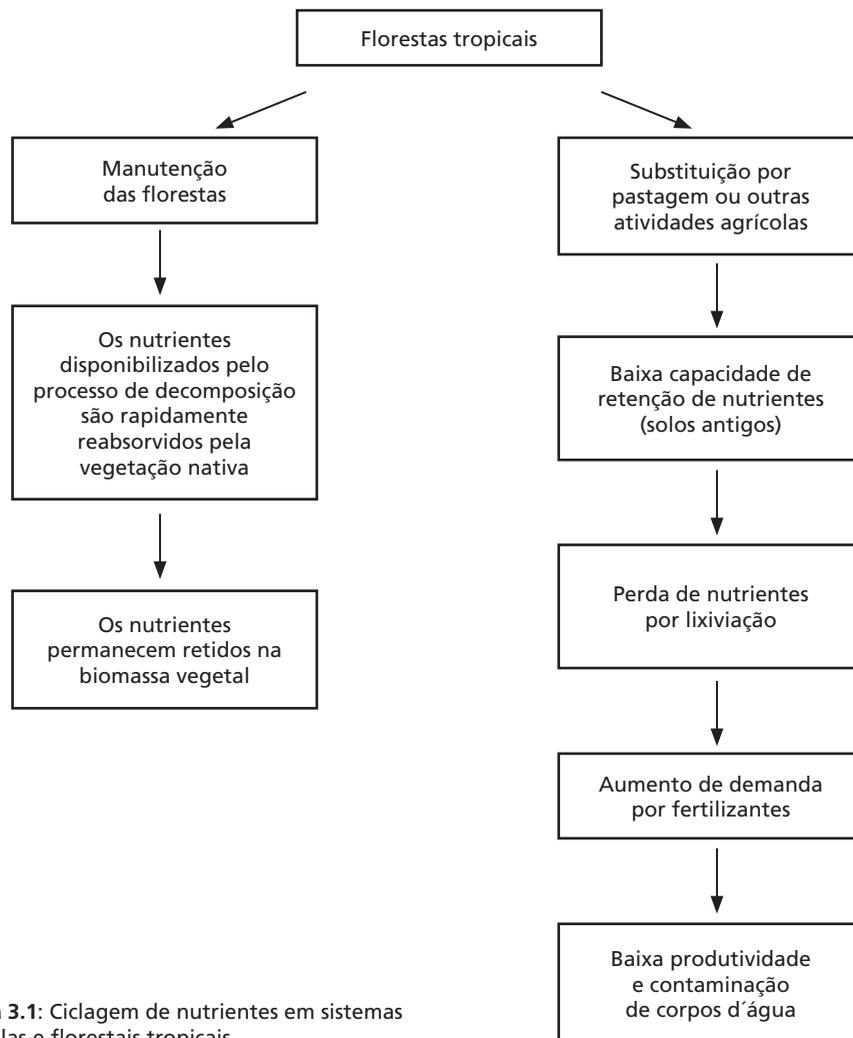
---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Na verdade, os conhecimentos relevantes são inúmeros, e podemos cita, dentre eles, a importância da análise das características do solo para determinar uma adubagem correta; o uso de rodízio de culturas agrícolas para reduzir o desgaste do solo; a introdução de variedades com menor demanda de água para diminuir o montante de água potável destinado à agricultura; e o favorecimento do uso de técnicas de manejo que favoreçam as interações plantas-microorganismos para melhorar a qualidade nutricional do solo e reduzir o uso de fertilizantes.*

Vejamos, no fluxograma a seguir, o que ocorre com a ciclagem de nutrientes no solo de floresta com ou sem sua vegetação original.



**Figura 3.1:** Ciclagem de nutrientes em sistemas agrícolas e florestais tropicais.

🔑 Por que um solo antigo tende a perder mais nutrientes por lixiviação?

🔑 À medida que o solo vai sofrendo a ação do tempo, ele perde sítios de retenção e de troca de nutrientes, por exemplo, partículas de argila. E são essas partículas que retêm eletricamente os nutrientes no solo. Do contrário, eles vão sendo perdidos pela ação da gravidade com as chuvas ou irrigação.

O fluxograma nos dá uma idéia da seqüência de eventos decorrentes da substituição de floresta tropical – que possui solo antigo e, portanto, que já passou por longo intemperismo – por **AGRICULTURA**, principalmente, a **CONVENCIONAL**. O mesmo impacto não ocorre quando da substituição das florestas temperadas, que, em geral, possuem solo menos antigo e, como tal, mais nutrientes ficam aí retido.

#### **AGRICULTURA CONVENCIONAL**

Refere-se às técnicas de plantio da chamada revolução verde, iniciada na década de 1960. Essas técnicas incluem aração e gradagem do solo. Já o plantio direto não revolve o solo e mantém sua estrutura e uma camada de restos vegetais sobre o solo.

Foge do escopo desta aula explorar as questões sociais relativas à agricultura, tampouco poderemos abordar todos os aspectos biológicos envolvidos na prática agrícola, pois são inúmeros, de grande complexidade e profundamente inter-relacionados. Apontaremos, somente, alguns elementos-chave que foram repetidamente negligenciados nas práticas agrícolas. A primeira, e a que mais nos chama a atenção, é:

Devastação de áreas imensas para agricultura, sem o cuidado de manter áreas de vegetação nativa adjacente como reserva e refúgio para biodiversidade.

Entretanto, o impacto da agricultura vai além; é mais sutil, lento e progressivo. Veja a tabela a seguir.

**Tabela 3.2:** Agricultura e manejo ambiental

Atividade agrícola	Conflitos dentro do setor agrícola	Conflitos com outros setores	Soluções
<p>Utilização de grandes quantidades de fertilizantes e pesticidas, principalmente para agricultura intensiva.</p> <p>Aumento do cultivo em áreas marginais (periferia de cidades, ao longo de rodovias e</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda do equilíbrio predador-presa.</li> <li>• Problemas fitossanitários, (insetos resistentes e mais gastos com o controle de pragas).</li> <li>• Erosão.</li> <li>• Manutenção da cultura de subsistência (baixa qualidade de vida).</li> <li>• Perda acentuada da produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efeitos diretos e indiretos sobre a biota selvagem por causa dos níveis crescentes de biocidas nas águas.</li> <li>• Redução da pesca (contaminação de reservatórios de água e assoreamento).</li> <li>• Potencial contaminação da água potável. (perigo para a população humana e rebanhos).</li> <li>• Perda crescente de áreas de vegetação nativa.</li> <li>• Redução do acesso a plantas úteis de uso tradicional.</li> <li>• Contaminação de corpos d'água.</li> <li>• Exclusão e conflitos sociais.</li> <li>• Problemas de saúde pública.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensificação da pesquisa de manejo utilizando controle biológico integrado.</li> <li>• Estabelecimento e fiscalização do uso de pesticidas (treinamento para uso adequado).</li> <li>• Aumento dos sistemas agroflorestais. Análise das características do solo e das culturas agrícolas, otimizando a aplicação de fertilizantes.</li> <li>• Favorecimento das relações microrganismos-plantas que facilitam captação de nutrientes (FBN e micorrizas)</li> <li>• Apoio à criação e atuação de cooperativas agrícolas entre pequenos produtores que promovam o uso adequado da terra.</li> <li>• Recuperação de áreas degradadas com ênfase nas matas ciliares.</li> </ul>

Depois do que vimos até agora, nós nos damos conta de que a atividade agrícola, como qualquer outra que destrói os ecossistemas naturais, acarreta forte impacto. Além disso, o aumento da população mundial e do nível de exigência das pessoas por produtos de qualidade demanda o aprimoramento crescente das técnicas agrícolas. Dessa forma, todo e qualquer aprimoramento é necessário e deve estar sujeito à avaliação de **RISCOS** e benefícios, que norteiem sua utilização.

## CONCLUSÃO

O comprometimento com a manutenção de boas condições para a permanência da espécie humana no planeta depende, fundamentalmente, do cuidado com que passaremos a desenvolver as atividades necessárias à nossa sobrevivência diária. Os recursos naturais não são infinitamente renováveis, e como qualquer sistema complexo, existe um ponto no qual a desestruturação é tal que a tendência ao caos é irreversível e no qual nosso sucesso, como espécies, estará seriamente comprometido.

### RISCO

É inerente a tudo, e não existe risco zero em nenhuma atividade. Risco (R) pode ser definido e calculado como o produto da probabilidade de um evento ocorrer (P) e da gravidade (G)  $\Rightarrow R = P \times G$ .  
Por exemplo, vejamos o caso da contaminação por Césio 137 que ocorreu em 1985 em Goiânia. O material radioativo estava devidamente acondicionado no equipamento de uso médico, portanto, possuía baixa probabilidade de ter contato com a população, porém, como a gravidade do contato é altíssima (4 pessoas morreram no acidente), o risco é altíssimo. Portanto, o cuidado com o equipamento deveria ter sido muito maior.

## ATIVIDADE FINAL

Suponha que você precise avaliar o risco de impacto ambiental da seguinte atividade:

– construção de uma rodovia de terra (não pavimentada) para escoamento da produção agrícola.

Liste os possíveis impactos, prediga o nível de risco e sugira uma alternativa.

### RESPOSTA COMENTADA

*A construção da estrada não pavimentada demandará de imediato o desmatamento de uma área extensa de, pelo menos, 15 metros de largura. Se for pavimentada, o desmatamento é maior. Com o passar do tempo, contudo, o impacto sobre a vegetação aumenta, pois existe o efeito de borda, causado pela exposição da vegetação a um novo regime de luz, alterando a composição das plantas, a qualidade do solo, a micro e a macro fauna associadas. Pode ocorrer, ainda, invasão de terras públicas pela população carente, criando pequenas propriedades, que aumentarão mais a extensão do desmatamento, sem trazer ganho real a essas pessoas. A gravidade do impacto é relativamente baixa (a vegetação nativa permanecerá ao longo da estrada e, a*

*princípio, não haverá extinção de espécies), porém, a probabilidade de os eventos negativos, listados no parágrafo anterior, ocorrerem é grande, o que torna o risco de alto impacto devido à construção da estrada. Primeiramente, seria importante avaliar as vantagens de se desenvolver uma agricultura intensiva na região: qualidade do solo, vulnerabilidade e importância do ecossistema da região e alternativas de desenvolvimento, assim como possíveis vias de escoamento da produção. Uma possível alternativa de escoamento seria por via fluvial, caso os rios da região permitam a navegação.*

### RESUMO

A atividade agrícola causa impacto inerente sobre os diversos ecossistemas naturais, no entanto, é essencial para nossa sobrevivência e prosperidade como espécie. Assim, é preciso desenvolver essa atividade de maneira eficiente, buscando o equilíbrio entre produção e preservação. O estudo aprofundado das características do solo (incluindo os microorganismos), das inter-relações entre espécies (principalmente o equilíbrio entre predadores e presas) e o aprimoramento de diversas técnicas agrícolas (plantio e melhoramento vegetal) é fundamental para o bom desenvolvimento da agricultura. Toda atividade agrícola é passível de análise de risco, e essa análise deve nortear a forma de utilização das diferentes técnicas disponíveis.

### INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, daremos continuidade ao tema de melhoramento vegetal, com ênfase nas plantas modificadas por engenharia genética, a nova tecnologia com aplicações na agricultura.

# Modernas técnicas de melhoramento vegetal

AULA

4

## Meta da aula

Fornecer subsídios para a compreensão das atuais discussões sobre a pesquisa, o plantio e a comercialização de plantas geneticamente modificadas.

# objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- descrever algumas das diferentes técnicas utilizadas para a transformação genética de plantas;
- discutir os potenciais riscos e vantagens relacionados ao plantio e à utilização de plantas geneticamente modificadas.

## Pré-requisito

Para melhor entender esta aula, é necessário que você tenha em mãos a Aula 29 do curso de Botânica.

## INTRODUÇÃO

Como você já viu na aula anterior, o melhoramento convencional tem, ao longo da história, modificado geneticamente as plantas cultivadas, por meio de cruzamentos com plantas que apresentem as características desejadas. Porém, você sabe que cruzamentos só podem ser realizados entre indivíduos da mesma espécie ou entre espécies próximas filogeneticamente, e as hibridizações somáticas fundem genomas inteiros. De que forma você imagina que o homem ampliou sua capacidade de melhorar plantas para melhor servir a suas necessidades? Se você pensou em transgênicos, acertou. Vamos, nesta aula, compreender um pouco mais esse tipo de melhoramento, para que você seja capaz de acompanhar criticamente a evolução da agricultura e possa contribuir para que seus futuros alunos também tenham essa capacidade.

## MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO GENÉTICA DE PLANTAS

As modernas técnicas da engenharia genética nos permitem driblar as limitações do melhoramento convencional. Podemos modificar o genoma de uma planta, de forma controlada e independente da reprodução, a fim de obter variedades com características desejáveis. Essas plantas estão incluídas entre os chamados organismos geneticamente modificados (OGM), dos quais você certamente ouviu com frequência.

Os organismos geneticamente modificados podem ser, também, transgênicos, caso a modificação genética tenha sido a inclusão de um gene exótico àquela espécie. Alguns OGM foram obtidos por meio da duplicação de genes da própria planta modificada; então, nesses casos, não cabe usar o termo “transgênico”.

### TRANSGENE

Gene exógeno incorporado artificialmente ao genoma de um organismo por meio de técnicas de engenharia genética.

Para a obtenção de uma planta geneticamente modificada, podemos introduzir um **TRANSGENE** em seu genoma. Esse transgene é incorporado, passando, assim, a fazer parte do material genético da planta. É importante frisar que esse processo não altera a constituição genética global do vegetal receptor; assim, um feijão transgênico continua sendo um feijão.

Você tem curiosidade de saber como se dá esse processo? Ele será descrito a seguir.

Para que se possa obter uma planta transgênica, são necessárias três etapas: obtenção do gene a ser incorporado, introdução do gene de interesse na planta receptora e regeneração da célula transformada.

### 1) Obtenção do gene a ser incorporado

As seqüências de DNA que correspondem aos genes responsáveis por conferir os fenótipos desejados ocorrem naturalmente, e deverão ser isoladas dos demais genes dos organismos doadores. Esse isolamento é efetuado com a utilização de técnicas de **CLONAGEM MOLECULAR**.

### 2) Introdução do gene de interesse na planta receptora

A introdução pode se dar por alguns diferentes métodos, dependendo da espécie vegetal e do objetivo da transformação. Os métodos atualmente utilizados são: transformação mediada pelas espécies bacterianas *Agrobacterium rhizogenes* e *A. tumefaciens*, e por métodos diretos – a biobalística, a eletroporação, a microinjeção e a cultura de plasmídeos com protoplastos. A seguir, você verá como são efetuadas algumas dessas transformações.

- Transformação mediada por *Agrobacterium tumefaciens*

As agrobactérias são microorganismos que vivem no solo e têm, naturalmente, capacidade de penetrar em algumas espécies vegetais, principalmente dicotiledôneas, causando doenças que, na maioria das vezes, não geram danos severos às plantas nem constituem problemas econômicos sérios à agricultura.

*Agrobacterium tumefaciens* é o agente etiológico da galha-da-coroa, uma doença de plantas nas quais células vegetais infectadas adquirem a propriedade de se multiplicarem de maneira autônoma, sem a necessidade de estímulos externos.

Estudos visando à elucidação das causas da galha-da-coroa concluíram que o surgimento da galha é, na realidade, o resultado de um processo natural de transferência de genes da bactéria para a célula vegetal, a qual passa a sintetizar substâncias que estimulam a divisão celular no sítio de infecção.

Foi descoberto, também, que a capacidade de infectar células vegetais está associada à presença, nas agrobactérias, de um **PLASMÍDEO** conhecido como plasmídeo Ti (do inglês *tumor-inducing*).

As técnicas de **CLONAGEM MOLECULAR** são utilizadas para cópias de um fragmento de DNA para que cada uma dessas cópias possa, então, ser incorporada, ao final do processo, em uma planta modificada.

#### PLASMÍDEOS

Moléculas de DNA circulares, extracromossomiais, as quais possuem a capacidade de replicação autônoma, independente do cromossomo da bactéria.

Moléculas de sinalização liberadas pela planta ativam genes que estão localizados na região de virulência (região *vir*) do plasmídeo Ti. Proteínas codificadas pelos genes da região *vir* promoverão a transferência de uma outra região do plasmídeo Ti, T-DNA, para o núcleo da célula vegetal. Uma vez no núcleo da célula, o T-DNA é integrado ao genoma vegetal, onde é expresso de forma estável.

A demonstração, feita por Chilton e sua equipe em 1977, de que a causa da proliferação celular da galha é a transferência de informação genética da bactéria para a célula vegetal foi o ponto de partida para pesquisas intensivas visando à utilização desse sistema natural de transferência de genes para a obtenção de plantas geneticamente modificadas.

Na transformação mediada por *Agrobacterium*, as bactérias contendo o gene de interesse são cultivadas juntamente com explantes, com potencial regenerativo, como segmentos de folhas jovens, embriões zigóticos, entrenós, cotilédones etc. Assim, as bactérias infectam o tecido vegetal, iniciando o processo de transferência e transformação do genoma da planta.

A seguir, o tecido é cultivado em meio de regeneração contendo antibiótico para eliminação da *Agrobacterium* e um agente seletivo para identificar as células transformadas.

- Transformação por biobalística

Esta técnica, desenvolvida por Sanford e colaboradores em 1992, consiste no uso de partículas diminutas (1,0 a 1,5mm) de tungstênio ou ouro, que são revestidas com DNA a ser transferido.

As partículas podem ser aceleradas por agentes, como uma onda de choque elétrico, por exemplo, os quais imprimem força suficiente para que elas penetrem na camada exterior das paredes das células de um tecido alvo; assim, se certa quantidade de DNA das partículas é levada até o núcleo das células do tecido alvo, o núcleo pode incorporar o novo DNA.

O aparelho responsável por gerar a onda de choque é denominado acelerador de micropartículas. Todo o processo ocorre no interior de uma câmara sob vácuo, para evitar a desaceleração das partículas causadas pelo ar.

Uma das principais vantagens da biobalística é a eficiência na transformação de Gymnospermas e Angiospermas monocotiledôneas, o que não é observado na transformação por meio de *Agrobacterium sp.*

- Transformação por eletroporação de protoplastos

Consiste na indução de poros na membrana celular de protoplastos por meio de pulsos elétricos de alta voltagem. Os poros permitem a entrada do vetor de transformação contendo o gene de interesse para o interior da célula e fecham-se novamente terminada a aplicação do pulso elétrico. A grande vantagem deste método é que o tecido é regenerado a partir de uma única célula, e a maior dificuldade é a obtenção de uma nova planta a partir de um protoplasto.

Essa técnica tem sido altamente utilizada na observação da expressão transiente, que é a expressão do gene exógeno sem que ele tenha sido incorporado ao genoma, permitindo, assim, testar a funcionalidade de uma construção gênica, sem a necessidade de obter uma planta transgênica (BRASILEIRO e CANÇADO, 2000).

### ATIVIDADE



1. Você acabou de ver algumas das técnicas utilizadas para a introdução do gene de interesse na planta receptora. Faça uma pesquisa e descreva as técnicas que não foram abordadas, ou seja, a microinjeção e a cultura de plasmídeos com protoplastos. Use esses termos como palavra-chave. Não esqueça de indicar as vantagens e desvantagens de cada uma.

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Transformação por microinjeção: durante sua pesquisa, você provavelmente descobriu que a técnica de transformação por microinjeção foi desenvolvida principalmente para a transformação de animais, e posteriormente foi adaptada para plantas. Essa técnica consiste na microinjeção de DNA direto no núcleo de protoplastos. Apesar de ser uma técnica trabalhosa, ela vem apresentando resultados positivos. Para se fazer a introdução do DNA nas células sem afetar a sua viabilidade, são utilizados tubos microcapilares. Cada célula tem de ser manipulada individualmente.*

*A principal vantagem dessa técnica é a otimização da quantidade de DNA injetado. Já foram alcançados resultados positivos em milho, trigo, soja, fumo, arroz, cevada e girassol, dentre outros. Transformação por cultura de plasmídeos com protoplastos: a outra técnica que você pesquisou consiste em cultivar, em um mesmo meio de cultura, plasmídeos e protoplastos. Os plasmídeos são incorporados aos protoplastos pelo processo de endocitose. A frequência de assimilação dos plasmídeos é normalmente baixa, mas pode ser elevada com a adição de PEG (polietileno glicol) ou pela eletroporação. Até o presente momento, nenhuma barreira a esse tipo de transformação tem sido observada, indicando que este método pode ser, teoricamente, utilizado por qualquer espécie, e o seu maior problema é a dificuldade de regeneração do protoplasto. Espero que, ao final desta atividade, você tenha identificado as diferenças principais entre os métodos estudados, onde o DNA pode ser inserido diretamente ou por meio de um veículo, como os plasmídeos. É fácil confundir-los, mas, à medida que você for se inteirando do tema, começará a se familiarizar.*

### 3) Regeneração da célula transformada

Nessa etapa do processo, as plantas transformadas são regeneradas *in vitro*, por meio da cultura de tecidos, que você já estudou na Aula 29 de Botânica II. As plantas regeneradas são posteriormente aclimatadas.

O resultado da transformação, conforme descrevemos até agora, é um organismo geneticamente modificado, cuja característica adquirida passa a ser hereditária.

## PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS NA AGRICULTURA

A comercialização de plantas geneticamente modificadas começou em meados da década de 1990, com o tomate de maturação lenta e a soja resistente ao herbicida glifosato.

Atualmente, as lavouras transgênicas mais plantadas no mundo são as de soja, algodão, milho e canola resistentes ao glifosato. Este herbicida é conhecido como *Roundup*, e as plantas são denominadas *Roundup Ready* (RR).

Outras plantas transgênicas atualmente no mercado são o milho *Bt* e o algodão *Bt*. Estas plantas receberam gene de uma bactéria que produz substâncias tóxicas para insetos e se tornaram letais para essas criaturas que delas se alimentam. A sigla *Bt* vem de *Bacillus thuringiensis*, bactéria da qual se extraiu o gene de interesse. Além delas, existem também as plantas transformadas para resistirem a vírus e fungos.

Características que aumentam a qualidade nutricional dos alimentos tornaram-se progressivamente mais importantes, e deverão prevalecer nas próximas gerações de OGM. Como exemplos, podemos citar a canola e a soja, cuja composição lipídica foi alterada para diminuir o possível efeito do óleo no nível de colesterol no organismo humano. Podemos citar, também, o arroz rico em caroteno (*golden rice*), para prevenir a avitaminose A, deficiência que causa cegueira noturna.

Além das já citadas, não podemos nos esquecer das plantas que podem ser usadas como vacinas, por exemplo, as contra as diarreias virais.

## PRINCIPAIS PESQUISAS COM TRANSGÊNICOS NO BRASIL

A Embrapa começou a investir em biotecnologia na década de 1980, e continua a desenvolver a maior parte das pesquisas no país. Em Brasília, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, foi montada a primeira equipe de pesquisadores trabalhando com clonagem de genes e desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de plantas geneticamente modificadas. Atualmente, além da Embrapa, diversos laboratórios em universidades federais e estaduais e empresas privadas trabalham, no país, com plantas geneticamente modificadas.

Veja, a seguir, alguns exemplos de pesquisas que estão sendo efetuadas.

### **Alface**

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia está investindo na produção de alface transgênica com as seguintes propriedades:

- gene para resistência ao fungo do gênero *Sclerotinia*, causador da podridão da alface. O fungo é responsável, também, pelo mofo branco, doença que ataca de forma bastante nociva o feijão e a soja, entre outras 60 culturas agrícolas;

- planta-vacina transgênica para combater a leishmaniose (em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG). Essa tecnologia consiste na introdução do gene da proteína Lack (antígeno da leishmaniose) em plantas de alface, e tem como objetivo fazer com que as pessoas se tornem imunes à enfermidade com a simples ingestão de cápsulas contendo a hortaliça seca e pulverizada;
- alface contra a diarreia infantil.

### **Feijão**

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão, já possui, desde 2000, plantas transgênicas de feijão com resistência ao vírus do mosaico dourado. Esta doença pode causar perda de até 100% da produção, quando atinge a plantação na fase inicial.

Os experimentos de campo se iniciaram em abril de 2004 e foram retomados em 2005, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão.

### **Batata**

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Hortaliça, a Universidade Federal de Pelotas, o Instituto de Ingeniería Genética Y Biotecnología (Ingeb, da Argentina) e o Centro Brasileiro-Argentino de Biotecnología, desenvolveu variedades geneticamente modificadas de batatas resistentes aos vírus Y e PLRV. O primeiro causa mosaico e enrugamento de folhas, e o segundo provoca o enrolamento. Juntos, esses vírus podem causar 100% de perda na produção.

### **Mamão**

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, desenvolveu um tipo de mamão resistente ao vírus da mancha anelar, que prejudica seriamente a produção dessa fruta no Brasil, pois reduz o tamanho das folhas, diminuindo, portanto, a capacidade fotossintética das plantas; em consequência, a redução de seu crescimento causa perda significativa na produção.

As plantas transformadas de mamão estão prontas para ser testadas no campo.

## Tomate

Estão sendo implementadas, pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, pesquisas visando à transformação genética que tornaria o tomate resistente ao grupo dos geminivírus. Esta praga vem inviabilizando o cultivo do tomate em várias regiões brasileiras. O gene já foi isolado, e a pesquisa encontra-se na fase de construção de vetores.

## Soja

Variedades de soja geneticamente modificada para resistência a herbicidas já estão desenvolvidas e prontas para serem testadas no campo.

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em parceria com a Embrapa Soja, vem desenvolvendo pesquisas para a produção de soja modificada, a fim de expressar o hormônio do crescimento. Esse estudo visa baratear a produção desse hormônio, o qual é inacessível à maioria da população por ser muito caro.

A Embrapa desenvolveu uma variedade de soja contendo o gene de um anticorpo que pode ser eficaz na prevenção de vários tipos de câncer. Os genes já foram inseridos e já existem sementes transformadas.

A retirada do fitato, um composto orgânico que, entre outros fatores, imobiliza o fósforo, fazendo com que não seja aproveitado na alimentação, cria uma variedade de soja que, além do benefício nutricional, vai contribuir para a redução do teor de fósforo encontrado nas fezes de frangos e suínos, um dos fatores de contaminação do meio ambiente. As plantas transgênicas de soja sem o fitato já estão sendo geradas, e a idéia é estender essa tecnologia para as plantas de feijão, que também contêm esse fator.

Estão sendo realizadas também pesquisas para desenvolver plantas de soja resistentes a cerca de seis doenças causadas por fungos e bactérias que atacam essa cultura. As plantas já foram transformadas e estão sendo encaminhadas para a Embrapa Soja, para testar sua resistência em laboratório.

Estão sendo implementadas pesquisas para o desenvolvimento de soja tolerante à seca a partir de um gene isolado na Universidade Federal de Viçosa (UFV). O objetivo é produzir plantas que resistam ao período de duração da chamada “seca verde”, entre três e quatro meses. O gene já foi testado em tabaco e permitiu que a planta se desenvolvesse normalmente durante quatro meses sem água.

A Embrapa está firmando uma parceria com a Universidade Federal do Ceará para realizar a introdução desse gene em outras espécies, como o feijão-de-corda. Se for viável, a tecnologia será estendida a outras culturas agrícolas que sofrem com o fenômeno da seca e com os veranicos, que atingem várias regiões do Brasil.

### Algodão

Estão sendo desenvolvidas pela Embrapa plantas de algodão modificadas para que tenham resistência a herbicidas, insetos, doenças fúngicas e bacterianas.

### Eucalipto

Pesquisadores da Esalq/USP (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) estão estudando uma variedade geneticamente modificada de eucalipto. Essa variedade teve um gene de ervilha inserido em seu código genético e, como consequência, poderá produzir mais biomassa, levando a uma maior produção de celulose.

## SEGURANÇA DE ALIMENTOS GENETICAMENTE MODIFICADOS

Você já aprendeu algumas técnicas de transformação de plantas e viu exemplos de plantas geneticamente modificadas que já estão sendo comercializadas.

Para que plantas ou outros organismos geneticamente modificados possam ser comercializados para emprego na alimentação, são necessários diversos estudos prévios para atestar sua segurança. Deve ser analisado o risco que essa planta pode oferecer e, quando necessário, devem ser selecionadas opções apropriadas de prevenção e controle.

Os procedimentos para avaliação de segurança de alimentos devem ser discutidos de forma consistente e consensual entre os especialistas mundiais através do **CODEX ALIMENTARIUS**.

A segurança de um alimento é determinada pela garantia de que ele não causará nenhum dano à saúde do consumidor quando preparado e/ou consumido de acordo com seu uso intencional.

A avaliação da segurança alimentar deverá ser efetuada sempre que mudanças forem introduzidas no processo pelo qual um alimento é obtido ou um novo processo for introduzido.

#### O CODEX ALIMENTARIUS

É um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS). Trata-se de um fórum internacional de normalização sobre alimentos, com a finalidade de proteger a saúde da população.

No caso de organismos geneticamente modificados, a avaliação de segurança é efetuada por meio de comparação do produto final com um produto que tenha um padrão de segurança já determinado, geralmente o análogo convencional, quando existir.

Como você já aprendeu na Aula 29 de Botânica II, o parágrafo anterior baseia-se no conceito da equivalência substancial, o qual prega que se um alimento ou ingrediente alimentar derivado dos recentes avanços em biotecnologia for considerado substancialmente equivalente a um alimento ou ingrediente alimentar convencional, aquele alimento poderá ser considerado tão seguro quanto este.

A equivalência substancial entre uma planta geneticamente modificada e sua análoga convencional é estabelecida por meio da comparação genética, morfológica, agrônômica (plantá-la em diferentes locais por diversas gerações e submetê-la a diferentes estresses) e química entre as duas.

Quando o OGM e/ou seu derivado não são substancialmente equivalentes ao análogo convencional, não existem características bem determinadas para focar a avaliação de segurança alimentar. Nesse caso, é necessária uma avaliação extensiva de segurança, a qual depende da natureza do OGM e/ou derivado.

## **OS OGM E O MEIO AMBIENTE**

Os organismos geneticamente modificados podem representar uma importante opção no combate à poluição e ao desmatamento. Como vimos na aula anterior, a agricultura representa um forte agente de impacto ao meio ambiente, tanto pela redução dos ecossistemas por desmatamento quanto por poluição e eutrofização, sem falar no alto consumo das reservas de água potável do planeta.

Ao pensar nesses fatores de impacto, você provavelmente já está pensando de que forma a tecnologia do DNA recombinante pode ajudar a mitigar esses impactos. Veja a seguir:

- A inclusão de genes resistentes à seca poderá diminuir a demanda por irrigação.
- A inclusão de genes que favoreçam as associações planta-microorganismo, a exemplo das microrrizas e rizóbios, de forma a diminuir a demanda por adubação.

- O desenvolvimento de plantas mais eficientes na descontaminação do solo por agrotóxicos, metais pesados e derivados de petróleo.

Entretanto, devemos refletir, também, sobre alguns dos possíveis riscos ao meio ambiente, a saber:

- transferência gênica vertical e horizontal entre os microorganismos;

- impacto sobre os microorganismos no solo responsáveis pela ciclagem de carbono, nitrogênio e nutrientes, em razão de mudanças nas relações ecológicas entre os microorganismos;

- efeito sobre a saúde de vertebrados;

A ação dos OGM no ambiente é pouco conhecida, e, portanto, é fundamental para que sejam aumentados os esforços da pesquisa na área, incluindo o monitoramento ambiental.

## CONCLUSÃO

A utilização de plantas geneticamente modificadas ainda é um tema muito polêmico, e existem duas linhas divergentes na argumentação sobre a liberação ou não desses produtos. Para uma conclusão melhor sobre o assunto, ainda serão necessários muitos estudos e avaliações, tanto dos efeitos ambientais quanto dos relativos à saúde humana. É importante ressaltar que esforços em conjunto, organizados, devem ser feitos para investigar os efeitos potenciais (positivos ou negativos) dos vegetais transgênicos no meio ambiente e na saúde humana, em suas aplicações específicas. Esses esforços devem ser avaliados tomando-se como referência os efeitos de tecnologias convencionais que estejam atualmente em uso.

## ATIVIDADE FINAL

Diante do que você aprendeu até agora com o que vem acompanhando na mídia e com o auxílio de uma pesquisa, se necessário, que potenciais danos à saúde humana e ao meio ambiente são apontados nos argumentos contra a comercialização de transgênicos? Qual é a contra-argumentação? E a sua opinião?



humana. Nesse caso, os principais riscos para a saúde humana seriam a toxicidade e a alergenicidade. Além disso, alimentos transgênicos comercializados também podem causar alergia. A contra-argumentação é que pelo menos 1/3 dos adultos apresentam algum tipo de alergia a determinados alimentos, e os sintomas só se manifestam em 2% da população. Os principais alimentos que podem provocar alergia são: peixe, amendoim, soja, leite, ovos, crustáceos, trigo e nozes. As bactérias GM poderiam transferir seus genes de resistência a antibióticos para as bactérias normalmente presentes no intestino. Existem cerca de 100 milhões de bactérias intestinais. Caso os genes de resistência antibiótica possam realmente ser transferidos para as bactérias do organismo dos seres humanos, essa resistência também poderia ser transferida para as bactérias do solo a partir da decomposição das partes das plantas. Dessa forma, a resistência antibiótica seria transferida por meio da cadeia alimentar. O argumento a favor do consumo do alimento transgênico seria que, no cotidiano, muitas vezes o homem ingere genes e proteínas virais durante o consumo de plantas convencionais. Antes que o DNA de uma planta transgênica fosse incorporado ao DNA do homem, ele teria de sobreviver num ambiente hostil representado pelos ácidos gástricos e nucleases presentes no trato gastrintestinal. Além disso, cada bactéria tem 1 em 10 milhões de chances de transferir seu DNA para as bactérias do trato intestinal. A seguir, o DNA teria de penetrar na parede intestinal e cruzar a membrana celular, tendo de sobreviver ao sistema desenvolvido para degradar DNA exógeno, e ainda teria de ser integrado ao genoma do hospedeiro. Os marcadores utilizados nos processos de obtenção de OGM apresentam resistência a antibióticos e herbicidas. Esses antibióticos são os mesmos utilizados em tratamentos de doenças humanas e animais, o que comprometeria sua eficácia terapêutica. Em contrapartida, vale lembrar que os mesmos antibióticos sempre foram utilizados na alimentação animal, a fim de prevenir doenças e favorecer seu crescimento. Você, provavelmente, listou argumentos além dos que constam da resposta comentada. Por que não cria um fórum de discussão com seus colegas sobre esse assunto? Caso não tenha conseguido fazer a atividade, pesquise nos sites relacionados nas referências para obter mais informações sobre o assunto.

**RESUMO**

Durante toda a sua história, o homem vem modificando o ambiente no sentido de aperfeiçoar quantitativa e qualitativamente a obtenção de alimentos e medicamentos. Nesse sentido, as plantas vêm sendo modificadas para a criação de variedades com maior produtividade, valor nutricional e aumento da produção de princípios ativos. Essa modificação deu-se a princípio por melhoramento tradicional e, com o desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante, por meio da inserção de transgenes que codificam características de interesse no código genético das plantas. Atualmente, dispomos de grande número de plantas geneticamente modificadas, algumas já sendo comercializadas, outras ainda em fase de estudo. A comercialização de organismos geneticamente modificados resultou em discussões acaloradas entre os setores preocupados com os danos que eles possam causar aos seres humanos e ao meio ambiente e os que mostram entusiasmo pelos benefícios que tais organismos possam trazer. Não importa se contra ou a favor, todos devemos acompanhar esses estudos e estar cientes desses argumentos.

**INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, você verá como as plantas e seus produtos vêm sendo utilizados para tornar a sua vida mais saborosa.



## O aroma na alimentação

AULA

# 5

### Meta da aula

Mostrar a importância das substâncias aromatizantes produzidas pelos vegetais e usadas na indústria de alimentos e na culinária do dia-a-dia.

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- reconhecer os vegetais produtores de óleos essenciais utilizados na alimentação;
- relacionar a produção de substâncias aromatizantes com a presença de estruturas secretoras nos órgãos vegetais;
- identificar, nos rótulos dos alimentos industrializados, os vegetais e/ou produtos de plantas que são utilizados como aromatizantes.

### Pré-requisitos

Aulas 19 e 28 de Botânica II.

## INTRODUÇÃO

Ninguém sabe ao certo quando a humanidade começou a usar as plantas aromáticas. Há evidências de que ervas aromáticas já eram usadas em culinária e medicina no período Neolítico.

Há 4000 anos, existia uma rota de comércio que interligava as culturas mais antigas do Mediterrâneo e da África. Por meio dela, ocorria o comércio e a troca de diferentes mercadorias, incluindo plantas aromáticas utilizadas como condimento, as quais eram denominadas especiarias.

Existem registros sobre o uso de plantas aromáticas no Egito, aproximadamente entre 2600 e 2100 a.C. Elas eram consideradas, na Antiguidade, artigo de grande valor, devido a propriedades aromatizantes e medicinais, além da ação anti-séptica de óleos essenciais presentes em muitas delas. Assim, quando adicionadas aos alimentos, auxiliavam na sua preservação, retardando o desenvolvimento de microorganismos responsáveis pela decomposição dos mesmos.

Com o surgimento de formas mais sofisticadas de preservar os alimentos, essas plantas tornaram-se menos importantes para esse fim, mas já eram, então, consideradas indispensáveis para enriquecer o seu aroma e sabor.

No entanto, sabemos que ainda hoje as propriedades anti-sépticas das plantas condimentares são úteis. O hábito de temperar o presunto com cravo, por exemplo, além de conferir sabor agradável, auxilia na sua conservação. Além disso, é do nosso conhecimento que várias receitas de remédios caseiros incluem plantas condimentares.

## OS AROMATIZANTES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTO

Na indústria de alimentos, são utilizadas diversas substâncias aromatizantes. Você tem o hábito de verificar os rótulos dos alimentos? Você verá que há uma série de aromas naturais e artificiais em praticamente todos os produtos alimentícios industrializados.

Os aromatizantes são adicionados aos produtos industriais a fim de:

- adicionar um sabor inexistente;
- potencializar o sabor básico;
- mascarar sabores indesejáveis.

As substâncias que podem ser utilizadas na indústria estão regulamentadas pela resolução nº. 104, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), de 14 de maio de 1999.

- 🔑 Mas, afinal, o que são aromas?
- 🗨️ Segundo a Resolução nº 104, aromas “são substâncias ou misturas de substâncias com propriedades odoríferas e/ou **SÁPIDAS**, capazes de conferir ou intensificar o aroma e/ou sabor dos alimentos”.

**SÁPIDO**

Significa saboroso, gostoso, que tem sabor.

## CLASSIFICANDO OS AROMAS

Os aromas são classificados como naturais ou sintéticos, com base na sua origem. Há, ainda, outros tipos especiais, como mistura de aromas, aromas de reação ou transformação e aromas de fumaça. Como estamos interessados nos vegetais e seus produtos, vamos falar, nesta aula, sobre aromas naturais vegetais e aromas de fumaça. Por que aroma de fumaça? Você verá ao longo da aula.

## AROMAS NATURAIS

Aromas naturais, segundo a mesma resolução referida anteriormente, são aqueles obtidos exclusivamente mediante métodos físicos, microbiológicos ou enzimáticos, a partir de matérias-primas naturais. Os aromas naturais vegetais são os óleos essenciais, extratos, bálsamos, oleoresinas e oleogomaresinas.

### a. Os óleos essenciais

Você já leu sobre óleos essenciais na Aula 28 de Botânica II. Plantas produtoras de óleos essenciais são costumeiramente usadas na culinária como condimentos (quem nunca usou uma folhinha de hortelã para temperar comida?). Os óleos essenciais produzidos por essas plantas são de grande importância na indústria alimentícia, como aromatizantes.

- 🔑 Como definimos óleos essenciais?
- 🗨️ Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas à temperatura ambiente. Seus constituintes são muito variados e apresentam-se, na mistura, em diferentes concentrações, e é comum a presença de um ou mais componentes majoritários, ao lado de outros em menores teores e alguns em baixíssimas quantidades.

## Obtenção de óleos essenciais

São obtidos, dos vegetais, por meio de processos físicos. O método de extração mais comum é a destilação por arraste com vapor de água, que você já aprendeu na Aula 28 de Botânica II.

Veja, a seguir, alguns exemplos de plantas produtoras de óleos essenciais, as quais são utilizadas na alimentação, e seus componentes majoritários:

### HORTELÃ-PIMENTA

Nome científico: *Mentha x piperita* L.

Família botânica: Lamiaceae

Parte utilizada: folhas

A hortelã-pimenta, *Mentha x piperita* L., é uma das espécies de maior interesse econômico para a obtenção de óleos essenciais. O óleo dessa planta é amplamente empregado como aromatizante, aditivo em alimento. Além disso, apresenta ação antimicrobiana e espasmolítica.

Os componentes majoritários do óleo de *Mentha x piperita* L. são o mentol, entre 30% e 55%, e a mentona, entre 14% e 32%.



Figura 5.1: *Mentha x Piperita* L.

## TOMILHO

Nome científico: *Thymus vulgaris* L. ou *Thymus zygis* L.

Família botânica: Lamiaceae

Parte utilizada: flores

O óleo essencial produzido por esta espécie é amplamente empregado como flavorizante. Apresenta ações anti-séptica, expectorante, carminativa e antiespasmódica, e é considerado responsável pelas propriedades da planta. Seus componentes majoritários são o timol e o carvacrol, que, juntos, perfazem de 40% a 50% do óleo.



Figura 5.2: *Thymus vulgaris* L.



O citral, uma mistura de neral e geranial é o componente majoritário do óleo produzido por algumas plantas, como a erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba*), por exemplo. O citral, além de ser bem conhecido por sua utilização como aromatizante em uma vasta gama de produtos de uso doméstico, aos quais confere aroma e sabor semelhantes ao do limão, apresenta comprovada atividade fungicida (Fun Svendensen, 1990; Singh *et al*, 2000; Wuryatmo *et al*, 2003). Assim como o citral, é comum que os componentes de óleos essenciais possuam atividade fungicida e bactericida, dentre outras, justificando, assim, o seu uso para a conservação dos alimentos, além de conferir aroma.

## Os óleos essenciais no reino vegetal

Os óleos essenciais são raramente encontrados em Gimnospermas, com exceção das coníferas. Em Angiospermas monocotiledôneas, a ocorrência, também, é relativamente rara, porém, estão presentes nas famílias Poaceae; você certamente já ouviu falar no capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e Zingiberaceae; podemos citar o gengibre (*Zingiber officinale*) como exemplo.

Plantas ricas em óleos essenciais são abundantes em Angiospermas dicotiledôneas, tais como nas famílias Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Myristicaceae, Piperaceae, Rutaceae, dentre outras.

## Os óleos essenciais nas plantas

Dependendo da família, os óleos voláteis podem ocorrer em estruturas secretoras, como por exemplo: tricomas glandulares nas Lamiaceae; células parenquimáticas diferenciadas nas Lauraceae, Zingiberaceae, Piperaceae e Poaceae; ductos nas Pinaceae e cavidades nas Rutaceae. Mas, preste atenção, nem de longe contemplamos todas as famílias produtoras de óleos essenciais, esses são apenas alguns exemplos.

Os óleos voláteis podem ser produzidos em diferentes órgãos, como nas flores (laranjeira), nas folhas (eucalipto, louro), nas cascas dos caules (canelas), na madeira (sândalo), nas raízes (capim-cheiroso), nos rizomas (gengibre), nos frutos (anis) ou nas sementes (noz moscada).



Os óleos essenciais podem ser produzidos em estruturas secretoras presentes em diferentes órgãos de uma mesma planta. Sua composição pode variar segundo o órgão a partir do qual o mesmo foi obtido, o estágio de desenvolvimento da planta ou do órgão, a época de coleta, as condições climáticas e o solo. Dentro de uma mesma espécie, pode haver "raças químicas", denominadas quimiotipos, as quais diferem, entre si, na composição do óleo essencial.



### ATIVIDADE

1. Pesquise a ocorrência de estruturas secretoras relacionadas à produção de substâncias aromatizantes nos vegetais relacionados a seguir e correlacione as colunas. Você quer uma dica? Pesquise as famílias botânicas das plantas listadas. Cada família apresenta estruturas secretoras bem características.

( ) <i>Laurus nobilis</i> (Louro)	A- Células secretoras
( ) <i>Citrus limon</i> (limão)	B- Tricomas glandulares
( ) <i>Zingiber officinale</i> (gingibre)	C- Cavidades secretoras
( ) <i>Ocimum basilicum</i> (alfavaca)	

### RESPOSTA COMENTADA

(A) <i>Laurus nobilis</i> (louro)	A- Células secretoras
(C) <i>Citrus limon</i> (limão)	B- Tricomas glandulares
(A) <i>Zingiber officinale</i> (gingibre)	C- Cavidades secretoras
(B) <i>Ocimum basilicum</i> (alfavaca)	

O louro é uma Lauraceae. Nessa família, é comum a presença de células, frequentemente isoladas, que apresentam gotículas lipídicas. Você lembra que nome se dá a essas células que diferem das suas vizinhas? Se você pensou em idioblastos, acertou!

O limão pertence à família Rutaceae. Nessa família, é característica a ocorrência de cavidades secretoras.

O gengibre é uma Zingiberaceae. Nessa família, é comum a presença de células secretoras de óleo em todos os órgãos das plantas.

A alfavaca pertence à família Lamiaceae, na qual ocorrem, caracteristicamente, tricomas glandulares secretores de óleos essenciais.

## b. Os extratos

Os extratos vegetais são produtos obtidos por esgotamento de produtos de origem vegetal com solventes permitidos, que posteriormente podem ser eliminados ou não. Os extratos devem conter os princípios aromáticos correspondentes ao respectivo produto natural.

Para a obtenção de extratos naturais, são empregados os solventes de extração e processamento. Não se preocupe, a quantidade máxima residual de solvente presente em um alimento é regulamentada pela Anvisa. Quando o solvente é totalmente eliminado após a extração, temos os extratos secos. Quando o solvente não é eliminado, temos os extratos líquidos.

Para exemplificar o processo de extração, vamos dar uma receita de *essência de baunilha*, que nada mais é do que o extrato etanólico de frutos dessa famosa orquídea.

A *Vanila edwalli*, que produz a baunilha, é originária do Brasil e da América Central. Seus frutos alongados constituem a “fava” da baunilha.



A substância química que dá o aroma da baunilha é chamada vanilina. A vanilina sintética pode ser produzida pela indústria química, mas seu aroma não atinge a mesma qualidade do aroma natural extraído da baunilha. Essa diferença deve-se à presença de outras substâncias que dão mais equilíbrio e intensidade ao aroma natural. A essência natural da baunilha ocupa cerca de 90% do mercado americano, enquanto a sintética ocupa cerca de 10%. No Brasil, por questões de poder econômico, a vanilina sintética é mais utilizada.

Para produzir um extrato aromático para uso em culinária você deve colocar cerca de 15 gramas de baunilha picada em meio litro de álcool 90° GL. Lembre-se de que quanto mais picada a “fava” estiver, maior será a intensidade do extrato preparado. Deixe de molho por cerca de 15 a 20 dias. Coe e armazene em um frasco escuro, ao abrigo do calor e da luz.

Outro exemplo de extrato vegetal utilizado em produtos alimentícios é o extrato de quinino, que entra na produção da água tônica.



O quinino é extraído da casca de uma planta denominada cinchona (*Cinchona officinalis*) ou quina. O quinino foi muito utilizado no tratamento da malária. A casca da quina é conhecida como "casca de febre dos Índios". A demanda pela cinchona desencadeou um processo de exploração que quase a fez extinta. Contrabandeando a planta da América do Sul para Java, em 1865, o inglês Charles Ledger, na verdade, contribuiu com sua preservação. Apenas algumas décadas mais tarde, mais que 95% do quinino do mundo vinha de Java.

### c. Bálsamos, oleoresinas e oleogomaresinas

São produtos obtidos mediante a exsudação, livre ou provocada, de determinadas espécies vegetais.

### AROMAS DE FUMAÇA

Como exemplo, podemos dar os aromatizantes/aromas de fumaça, que são preparações concentradas utilizadas para conferir aroma/sabor de defumado aos alimentos. Você certamente já consumiu algum alimento defumado, não é mesmo? Mas, o que os vegetais têm a ver com isso? Tudo, pois os aromas de fumaça são obtidos a partir do tratamento de madeiras com combustão controlada, destilação seca e arraste com vapor.

Após isso, as frações, que têm as propriedades sávido-aromáticas desejadas, são condensadas e recolhidas, podendo ser utilizadas para conferir aroma/sabor de defumado aos alimentos.

Da lista das espécies de madeiras, cascas e galhos não tratados, que podem ser utilizados na sua produção do aroma de fumaça, temos o eucalipto (*Eucalyptus* sp), que você conhece.

### CONCLUSÃO

Espero que você tenha, após esta aula, ampliado ainda mais a sua visão sobre a importância econômica dos vegetais e seus produtos no seu dia-a-dia. Espero que, de agora em diante, sempre que for usar um condimento, preste atenção em que órgão da planta está sendo utilizado e tenha curiosidade a respeito de que estruturas devem estar produzindo o aroma. Passe também a observar melhor os rótulos dos alimentos industrializados, na busca por aromatizantes vegetais. Torço para que você tenha gostado da aula e que goste também das próximas.

## ATIVIDADE FINAL

Dê um exemplo de planta produtora de óleo essencial utilizada como tempero na sua casa. Que órgão da planta é empregado? Pesquise o seu nome específico e família. Verifique, no supermercado, algum produto alimentício que utilize essa planta ou a substância por ela produzida como aromatizante ou flavorizante.

### RESPOSTA COMENTADA

*A resposta para essa atividade vai variar bastante. Como exemplo de planta produtora de OE, comumente utilizada na alimentação, temos a cebola:*

*Órgão utilizado: caule tipo bulbo*

*Nome específico: Allium cepa L.*

*Família Botânica: Liliaceae*

*Órgão empregado: Bulbo (o bulbo é um tipo de caule formado por um eixo cônico, com gema, rodeado por escamas).*

*No mercado, existe uma série de biscoitos com sabor natural de cebola.*

## RESUMO

Uma grande quantidade de vegetais produz substâncias que se destacam pelo aroma agradável ao olfato humano. Esses vegetais são, há muito, utilizados como condimentos culinários no dia-a-dia, tendo, desde a Antigüidade, adquirido importante valor comercial. Além de conferir aroma e sabor agradáveis, essas plantas foram muito utilizadas para auxiliar na preservação dos alimentos, pois os óleos essenciais conferem aroma e possuem atividade contra bactérias e fungos. Atualmente, é muito comum a utilização dessas plantas e seus produtos como aromatizantes na indústria de produtos alimentícios. Assim, de agora em diante, você certamente vai procurar pela presença de aromatizantes de origem vegetal nos rótulos dos alimentos industrializados.

## INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você verá que os pigmentos produzidos pelas algas e plantas, além de serem importantes na fotossíntese e de auxiliá-las a lidarem com variações e estresses ambientais, são fundamentais para nossa saúde e bem-estar.

## O curandeiro e o cientista

AULA

# 6

### Meta da aula

Apresentar a Etnobotânica como área do conhecimento científico, bem como introduzir as etapas da pesquisa por novos medicamentos.

Esperamos que, após a realização das experiências propostas, você seja capaz de:

- destacar o papel do conhecimento popular e científico na pesquisa etnobotânica para a sociedade em geral;
- distinguir as principais etapas do desenvolvimento de um medicamento.

**COMUNIDADE  
TRADICIONAL**

Pode ser definida como um grupo de pessoas residentes em uma região, que adquiriram conhecimentos ecológicos a partir da observação empírica da natureza e da comunicação entre pessoas desta mesma cultura.

Você deve estar se perguntando: “O que o título desta aula quer dizer? Afinal, qual será o assunto desta aula?” Será que você consegue imaginar o que essas duas figuras (o curandeiro e o cientista), geralmente não relacionadas, estão fazendo juntas em nosso título? Pense um pouco.

Conseguiu imaginar? Que bom, então deve estar ansioso para ler esta aula!

Não conseguiu? Calma, você já vai entender! Continue lendo e verá.

Pense em uma **COMUNIDADE TRADICIONAL**, por exemplo, uma aldeia indígena ou uma vila de pescadores. Com certeza, essas pessoas possuem um grande conhecimento acerca do lugar onde vivem. Elas conhecem o solo, o relevo, o clima e a vegetação, afinal, estão neste local há algum tempo, aprendendo a lidar com ele.

O conhecimento que a comunidade tradicional construiu ao longo do tempo é chamado de conhecimento tradicional ou conhecimento popular, e está sendo cada vez mais valorizado. Os homens ditos “civilizados” estão agora tentando aprender os ensinamentos que os “primitivos” têm a dar, como por exemplo, o de conservar e manejar os recursos naturais.

Lembre-se de que os termos *civilizado* e *primitivo* devem ser abandonados, pois trazem uma idéia preconceituosa e imprecisa acerca de cada grupo de pessoas!

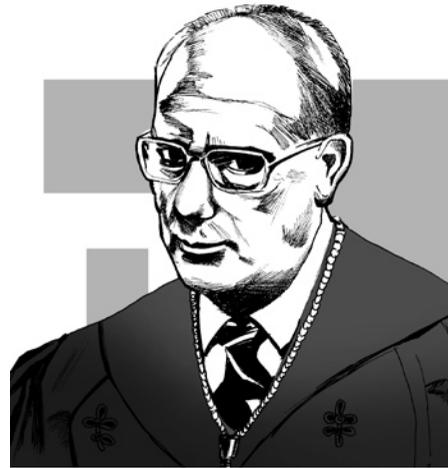
Como já foi dito, as comunidades tradicionais possuem grande conhecimento sobre a vegetação do ambiente em que vivem, pois é dessas plantas que eles retiram os alimentos, utensílios e remédios que utilizam. Esse conhecimento vem sendo muito valorizado, e há algum tempo tem sido estudado.

Esse é o enfoque da Etnobotânica, uma disciplina que estuda a relação entre as pessoas da comunidade (por exemplo, os erveiros e os índios) e as plantas, qual a sua importância para elas e como são utilizadas. A Etnobotânica está diretamente ligada a outras ciências, principalmente a Antropologia, a Economia e a Farmacologia.

O prefixo *Etn* ou *Etno* é originado da palavra grega *éthnos* e significa raça, nação, povo. A partir daí, são derivadas outras palavras, como Etnologia, Etnografia, Etnoecologia, Etnobotânica, dentre outras.

Para conhecer a diversidade de plantas da região onde a comunidade está inserida, bem como a sua utilização, o pesquisador etnobotânico deve partir do conhecimento tradicional. Para isso, ele precisa conviver com a comunidade.

**Richard Evans Schultes** foi um dos primeiros cientistas a realizar pesquisas etnobotânicas. Ele se dedicou a estudar a flora da América Tropical, convivendo e trabalhando com índios do noroeste da Amazônia. A partir dessa convivência, descreveu diferentes utilizações das diversas plantas usadas por eles.



🔗 E como se dá essa convivência?

🔗 O pesquisador vai acompanhar a comunidade, observar e fazer parte dela. Ele também pode realizar entrevistas em que são priorizados os conhecimentos do entrevistado. As perguntas podem ser gerais ou específicas, e as respostas devem, de alguma forma, ser registradas (bloco de notas, formulários, gravador e vídeo).

É necessária, também, a coleta das plantas para herborização, para posterior identificação das espécies utilizadas, além de ser um testemunho da pesquisa. Você lembra como se faz uma excicata? Se você tem dúvidas, volte à Aula 31 de Botânica II. Na **Figura 6.1**, você pode observar um exemplo de excicata.



**Figura 6.1:** Excicata de *Lantana trifolia*, família Verbenaceae.

🔑 Qual é, então, a importância desse tipo de pesquisa?

🔑 Quando um ambiente é degradado, temos, juntamente com a perda de espécies, a perda do conhecimento sobre elas. Por exemplo, se uma planta é usada contra a dor de dente em uma comunidade e essa planta se torna escassa ou extinta naquele ambiente, juntamente com ela, o conhecimento se perde.

Dessa forma, é importante buscar a proteção não só do ambiente, mas também do conhecimento gerado a partir de anos de convivência de um povo com seu ambiente.

Além disso, a pesquisa traz para toda a sociedade conhecimentos que antes eram restritos a uma pequena comunidade. Como a pesquisa parte de um conhecimento empírico, já existente e de reconhecida utilização pela comunidade, é mais provável que seja realmente eficaz, restando ser testado cientificamente. Já existem produtos gerados a partir do conhecimento indígena, como fármacos, inseticidas e outros produtos industriais (ALEXIADES, 1996).

### ATIVIDADE



1. Suponha que na região Centro-oeste do Brasil houve um desentendimento entre indígenas e fazendeiros. Para tentar contornar a situação, foi disponibilizada para os indígenas uma outra área, relativamente grande, mas muito afastada do local de origem da tribo. Você acha que a situação foi resolvida? Quais as conseqüências dessa transferência?

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Se você conseguiu lembrar que o conhecimento é adquirido empiricamente através da observação da Natureza e sua transmissão se dá entre pessoas da comunidade ao longo do tempo, está no caminho certo. Se não, releia o texto com mais atenção. Se a nova região possui um ambiente diferente do qual os indígenas estavam acostumados, as espécies serão, possivelmente, diferentes, e, assim, o conhecimento tradicional que construíram durante anos poderá não ser suficiente para sua sobrevivência e eles poderão ter dificuldade de se adaptar ao novo local. Existem, ainda, as questões religiosas associadas ao enterro dos mortos e os locais sagrados. O tempo também é um grande fator para o acúmulo de conhecimentos, pois quanto maior o tempo de convivência com as plantas no seu entorno, mais aprofundado será o conhecimento.*

Ⓜ Qualquer pesquisador pode ingressar numa comunidade indígena para pesquisar sobre o uso das plantas?

Ⓜ A princípio, sim, mas é necessário respeitar as normas que disciplinam o ingresso em terras indígenas com finalidade de desenvolver pesquisa científica (Instrução Normativa nº 01/95PRESI29/11/1995). Essa Instrução determina, por exemplo, que o pesquisador submeta seu projeto à Presidência da Funai, seu currículo e uma carta de aceite de sua instituição de pesquisa. O contato com as lideranças indígenas é realizado pela Funai.

Ⓜ Será que podem ser realizados levantamentos etnobotânicos em áreas urbanas?

Ⓜ Sim. O levantamento das plantas úteis comercializadas, como as medicinais e ornamentais, por exemplo, é uma linha de pesquisa de diversos institutos de pesquisa botânica. O trabalho é feito em feiras livres e mercados populares e são realizadas observações e entrevistas com os “erveiros” que comercializam essas plantas. Assim como é feito em comunidades indígenas, as plantas são coletadas, herborizadas e identificadas.

## **BIODIVERSIDADE E PRODUTOS NATURAIS**

O Brasil, devido à sua ampla biodiversidade, sempre despertou grande interesse, primeiramente, nos colonizadores, e, agora, em cientistas brasileiros e estrangeiros.

O interesse por nossas plantas medicinais está relatado na primeira obra de história natural brasileira, a *Historia Naturalis Brasiliae* (1648), elaborada por Wilhelm Pies e Georg Marcgraf, integrantes da comitiva de Maurício de Nassau. Essa obra possui um herbário com nossas plantas medicinais.

Desde então, muitos pesquisadores se dedicam ao levantamento etnobotânico. Esse conhecimento tem gerado grande variedade de produtos. Uma das áreas mais promissoras é a farmacêutica, na qual várias empresas já vêm financiando pesquisas na busca por novos medicamentos.

## AS COMUNIDADES TRADICIONAIS E A PROPRIEDADE INTELECTUAL

Você aprendeu, até aqui, a importância da pesquisa etnobotânica, e deve estar se perguntando: “Mas, e a comunidade? O que a comunidade tradicional ganha ao compartilhar seu conhecimento?”

Essa deve ser uma das principais preocupações da pesquisa, por isso se deve pensar muito bem em como realizar o retorno para a comunidade que compartilhou o seu conhecimento. Os termos da contrapartida para a comunidade por ter compartilhado seus conhecimentos devem ser muito bem cuidados e discutidos, preferivelmente, com a presença da comunidade. A comunidade, muitas vezes, necessita de ajuda para educação, saúde, saneamento, e, até mesmo, ajuda financeira.

Outra preocupação deve ser com os direitos de propriedade intelectual do conhecimento. Muitos defendem a tese de que, se o conhecimento tradicional foi utilizado para produzir um novo produto como, por exemplo, um fármaco, parte dos direitos de propriedade intelectual deveria ser dessa comunidade. Infelizmente, até hoje não se evoluiu o suficiente nesse debate para estipular os critérios e se estabelecerem os direitos de propriedade do conhecimento tradicional. Projetos de lei vêm sendo discutidos, e espera-se que, em breve, as comunidades tenham seus direitos assegurados.

Propriedade Intelectual está relacionada a vários aspectos da produção cultural humana e abrange as patentes (título de propriedade de uma invenção ou modelo de utilidade concedido por um determinado período de tempo), as marcas (por exemplo, a Petrobrás) e indicações geográficas (por exemplo, o nome “cachaça” só pode ser utilizado pelos produtores de aguardente brasileiros, mesmo que exista alguém produzindo as mesmas aguardentes em outros países).

No Brasil, existe o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que executa as normas que regulam a Propriedade Industrial. No instituto, existe um banco de patentes para pesquisa *online* ou manual, além de técnicos para orientação. Você pode obter maiores informações no endereço eletrônico: [www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)

## TESTES BIOLÓGICOS

A pesquisa etnobotânica é uma das formas de se buscarem amostras biológicas para serem testadas a fim de se encontrar novos medicamentos. Além dela, temos:

– buscas ao acaso, em que são realizados levantamentos aleatórios de informação (*screenings*) de uma grande quantidade de extratos biológicos para um determinado fim;

– informações sobre drogas provenientes de espécies já conhecidas na literatura com atividade previamente determinada para pesquisar espécies próximas que apresentem a mesma atividade biológica;

– testes de atividade biológica por meio de observações de outras espécies na Natureza. Essas observações são baseadas na interação entre as espécies, por exemplo, como um animal que evita alimentar-se de determinada espécie de planta, indicando a possível presença de compostos tóxicos.

Chamamos todas essas estratégias de busca de conhecimento de **BIOPROSPECÇÃO**.

### BIOPROSPECÇÃO

É a exploração da diversidade biológica de valor comercial, mas de forma sustentável, possibilitando a conservação do ambiente.

## COLETA DE DADOS

As amostras biológicas são coletadas, anotando-se todas as informações sobre as mesmas:

- localização;
- data;
- estágio de desenvolvimento;
- hora de coleta, dentre outras.

No caso da utilização de extratos vegetais, as plantas são limpas, separadas por órgãos (folhas, raízes etc.), secas à sombra, moídas e então utilizadas para preparação de extratos (com solventes variados), que passarão por um ou mais processos para determinar se o extrato apresenta determinada atividade biológica.

Quando um composto é isolado e tem sua composição química determinada, são, então, realizados testes *in vitro* e também com animais (*in vivo*), para determinar sua eficiência, confirmar os efeitos farmacêuticos, o nível de toxicidade e quais são os sintomas da mesma. A **Figura 6.2** mostra testes biológicos sendo realizados em cobaias.



Figura 6.2: Testes com animais. Laboratório da Faculdade de Farmácia da UFRJ.

Após as diversas etapas, e concluídos com sucesso os teste pré-clínicos, se o medicamento for considerado eficaz e seguro, pode-se testá-lo em seres humanos (testes clínicos), com uma permissão anterior da Vigilância Sanitária. São realizados diferentes testes com seres humanos e, então, somente após a verificação de que o medicamento é realmente eficaz e seguro, é dada a aprovação para a produção e venda.

Você viu que o caminho percorrido da planta até o remédio é bem longo. Não podemos esquecer que diversos extratos foram testados e que nem sempre apresentaram atividade. Contudo, mesmo depois de isolar as substâncias, não necessariamente produzem-se medicamentos. Observe a Figura 6.3, que esquematiza o caminho da produção de um remédio a partir de uma planta.

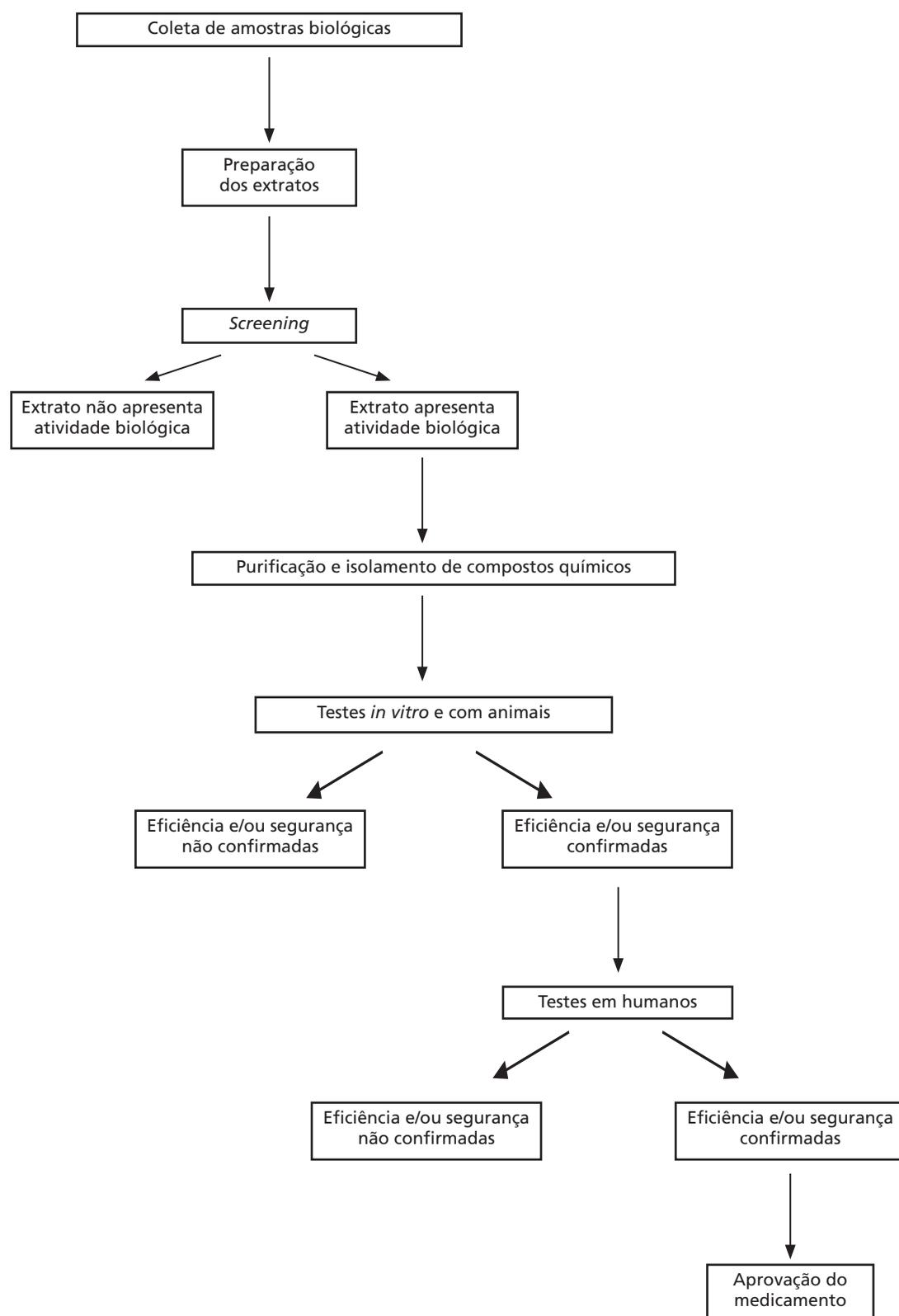


Figura 6.3: Esquema da produção de um medicamento a partir de uma planta.

Estima-se que uma nova droga demore de sete a quinze anos e custe cerca de US\$360 milhões por produto desenvolvido, mas esse tempo cai consideravelmente quando o medicamento é originado de uma planta conhecidamente medicinal, além de os custos também serem reduzidos para cerca de 25% do valor original (SANT'ANA, 2002).

- Será que você consegue diferenciar fitoterápicos de fármacos?
- O fitoterápico é obtido diretamente da planta, a partir da extração de vários de seus componentes químicos. Já o fármaco é produzido a partir de um composto químico, freqüentemente isolado de um organismo, que pode ser posteriormente sintetizado em laboratório. Além disso, a liberação do fármaco é mais lenta.

### ATIVIDADE



2. Suponha que você irá organizar uma excursão com uma turma de alunos a uma grande empresa farmacêutica. Nessa empresa, as etapas de produção dos fármacos estão divididas em ambientes diferentes. Apesar de não conhecer a empresa, como você poderá organizar a ordem de visitação dos diferentes setores?

Obs: As amostras biológicas já chegam na indústria na forma de extratos.

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

Se você indicou os processos de desenvolvimento de um fármaco, acertou a questão. Se não se lembrou de alguns pontos, volte ao texto e releia com atenção. Verifique também o esquema da **Figura 6.3**. O percurso da excursão se inicia com a chegada dos extratos de plantas. Estes extratos são analisados para avaliar a atividade biológica. Se houver a comprovação da atividade, os extratos são purificados e os compostos químicos isolados. São realizados testes in vitro e com modelos animais (testes pré-clínicos). Após confirmação da eficiência e de segurança, são realizados testes em seres humanos (testes clínicos). É provável que os testes com animais e humanos não sejam realizados no ambiente da indústria.

Obs.: Essa questão é somente ilustrativa, antes de realizar uma excursão com seus alunos, você deve primeiro conhecer o lugar de destino.

## PLANTAS MEDICINAIS E AS PESQUISAS NA UFRJ

Agora você vai conhecer alguns casos em que plantas que já eram popularmente conhecidas por suas propriedades medicinais foram estudadas no meio científico.

### O babaçu

Você provavelmente já ouviu falar de uma palmeira muito comum no Nordeste brasileiro, o babaçu (*Orbignya speciosa*). Essa palmeira já é muito utilizada como alimento, na produção de combustível, de cosméticos e na construção de casas. Agora, pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) estão estudando o extrato do babaçu em laboratório. Testes laboratoriais visam à aplicação do extrato contra alguns tipos de células cancerosas. Os resultados preliminares foram positivos. Após quatro horas, as células cancerosas haviam morrido. As pesquisas continuarão para que, no futuro próximo, seja possível nos beneficiarmos de um medicamento no combate ao câncer (BRUM, 2005).

### A folha-da-fortuna

A espécie *Bryophyllum calycinum* pertence à família Crassulaceae e é chamada popularmente de coirama ou folha-da-fortuna. É uma planta comum em países tropicais, onde é utilizada na medicina popular.

No Brasil, suas folhas são utilizadas para o tratamento de furúnculos, feridas, contusões, chagas, abscessos e outras doenças de pele. O xarope das folhas é utilizado para tratar coqueluche e doenças do sistema respiratório.

Alguns pesquisadores estudaram a espécie, identificando seus compostos químicos e analisando as atividades biológicas apresentadas. Muitos desses testes apresentaram resultados positivos, incluindo, por exemplo, um extrato que apresentou grande toxicidade contra células tumorais *in vitro*. Outra pesquisa mostrou que extratos testados em ratos aumentam a cura de úlceras gástricas induzidas.

Foi também identificado que a espécie possui potente atividade antiinflamatória em camundongos com edemas induzidos. Essa atividade foi observada tanto nos extratos feitos a partir de plantas do campo quanto de plantas cultivadas *in vitro* (SILVA, 2002).

### A erva-de-bicho

A espécie *Polygonum acre* (variedade aquatile) pertence à família Polygonaceae, e é conhecida popularmente como erva-de-bicho. No Brasil, a planta é popularmente utilizada para diversos fins, como estimulador de apetite, em compressas para varizes inflamadas e úlceras varicosas, em banho contra sarna, em pomadas contra hemorróidas, dentre outras.

Lima (2001) pesquisou a espécie, realizando diferentes testes fitoquímicos para estudar as diferentes classes químicas, como fenóis e alcalóides, presentes no extrato.

### Sites interessantes

Se você tiver interesse em se aprofundar um pouco mais nesses temas, aqui vai a dica de sites:

[www.minerva.ufrj.br](http://www.minerva.ufrj.br)

[www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br)

[www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br)

### CONCLUSÃO

A produção de medicamentos movimenta uma grande quantia em dinheiro e esforços e se mantém em constante demanda de ampliação e aperfeiçoamento. Para isso, é necessária a existência de mão-de-obra especializada, investimentos do setor privado e público e incentivo à pesquisa em universidades. A Etnobotânica se apresenta como mais uma ferramenta para alcançarmos melhores resultados na luta pela cura das enfermidades que acometem o homem e para que preservemos cada vez mais e melhor o meio ambiente e a diversidade cultural humana.



2. *Falso, ambos têm fundamental importância e seus conhecimentos se completam no estudo etnobotânico. É importante evitar idéias preconcebidas quanto à importância de cada um.*

3. *Verdadeiro. A pesquisa só pode ocorrer com o consentimento da comunidade e após estabelecida uma relação de confiança entre o pesquisador e a comunidade. Essa relação de confiança pode se estabelecer rapidamente ou levar alguns anos, dependendo do grupo em questão, não necessariamente em função do grau de isolamento da comunidade.*

4. *Falso, o Brasil possui a instrução normativa nº 01/95PRESI29/11/1995, que regula o acesso de pesquisadores às aldeias indígenas.*

5. *Verdadeiro. A pesquisa etnobotânica se presta a esses dois fins: contribuir para a conservação e acessar o conhecimento das comunidades tradicionais, além de criar subsídios para um desenvolvimento sustentável.*

## RESUMO

Existem diferentes abordagens que norteiam a pesquisa de plantas visando à produção de novos medicamentos, e a Etnobotânica é uma delas. Essa área do conhecimento encontra seu campo de trabalho no conhecimento tradicional adquirido por comunidades durante dezenas e até centenas de anos. Esse conhecimento pode ser de grande valia na busca por remédios. Após o levantamento e a obtenção de plantas, são realizados estudos dos seus componentes químicos para determinar a(s) possível(eis) substância(s) responsável(is) por uma determinada propriedade medicinal. No caso da produção de fármacos, são realizados, ainda, processos de análise, purificação e isolamento dos compostos químicos que determinam a atividade biológica dessas substâncias. Posteriormente, são realizados os testes *in vitro*, com os modelos animais (testes pré-clínicos) e, somente após comprovação da eficiência da droga, são aprovados os testes em humanos (testes clínicos). Caso seja aprovado, o medicamento é liberado para comércio. Esse é um longo processo e, do início das pesquisas até a obtenção do remédio, leva em torno de 15 anos.

## INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula você vai conhecer um pouco mais sobre as algumas substâncias presentes nas plantas: algumas que são extremamente importantes para nossa saúde e outras potencialmente tóxicas.



# Medicina colorida

AULA

7

## Meta da aula

Discutir o papel dos vegetais avasculares, assim como das substâncias coloridas na medicina.

# objetivos

Esperamos que, após a realização das atividades propostas, você seja capaz de:

- conhecer os perigos da ingestão dos chamados "produtos naturais";
- explicar a alta frequência de acidentes com intoxicação entre crianças na primeira fase de vida;
- identificar substâncias de origem vegetal que possuem valor medicinal.

## INTRODUÇÃO

Por que esta aula tem o título de medicina colorida?

Se você for à feira, certamente verá que em cada esquina existe um erveiro, aquele vendedor ambulante com vários tipos de plantas com fins medicinais, cujo papel já discutimos um pouco na Aula 6. Os erveiros podem ser considerados como uma “farmácia verde”, e se nos reportarmos para alguns séculos atrás, constataremos que a medicina oriental já fazia uso das plantas e algas marinhas como terapia para combater doenças. Como existem algas pardas e vermelhas, além das verdes, e tampouco a clorofila é o único pigmento das plantas, não poderíamos chamar nossa aula de medicina verde!

E o que estudaremos nesta aula?

O enfoque desta aula não é abordar as plantas medicinais em geral, pois o papel das angiospermas na fitoterapia é imenso. Vamos nos concentrar no papel medicinal das algas, briófitas e pteridófitas e, entre as angiospermas, abordaremos o papel medicinal das substâncias que lhes conferem cor, como carotenóides e flavonóides, o que explica, também, o nome da aula! Além das substâncias que conferem cor aos vegetais, veremos que há outras que podem tanto trazer benefícios, como serem extremamente nocivas, dependendo da dose utilizada.

## A MEDICINA ORIENTAL

Você já ouviu falar em bócio? É o nome dado a um conjunto de doenças que causam hipertrofia da glândula tireóide. É comum que o bócio seja consequência da deficiência de iodo.

Tendo como ponto de partida os dados dos tratamentos com algas marinhas no combate do bócio, hipertensão e doenças cardiovasculares em japoneses, pesquisadores iniciaram o isolamento dos princípios ativos dessas algas, de modo a dispor dos poderosos produtos no mercado.

Descobriu-se que o bócio foi combatido no Oriente pela ingestão do iodo contido nos talos de *Laminaria* (alga parda, Aula 2). No Brasil, na década de 1960-70, pessoas portadoras de bócio eram comuns na região Centro-Oeste. Como não havia o costume de usar algas marinhas na alimentação, o governo brasileiro optou pela adição de iodo no sal como uma das maneiras para minimizar a existência do bócio entre o povo brasileiro.

Nos medicamentos contendo extratos de algas marinhas pluricelulares pardas e vermelhas estão os ficocolóides, que você já estudou na Aula 2. Esses ficocolóides estão destinados a estruturar as soluções aquosas (elevando sua viscosidade até formar um gel). Porém, além dessa função, existem algumas espécies de algas que apresentam princípios ativos já identificados. Dentre elas, pode-se citar *Digenea simplex*, uma alga vermelha comum no nordeste do Brasil, da qual se faz uma infusão, que é vermífuga, eficaz contra a ascariidose. Já foram isoladas as substâncias responsáveis por essa ação medicinal, uma mistura do ácido kaínico e do ácido domóico.

## UTILIZAÇÃO DE DERIVADOS DAS ALGAS NA MEDICINA

Na Europa, principalmente, algumas pessoas não ingerem nenhum produto de origem animal, são as chamadas *vegan*. Esse grupo busca medicamentos que não incluam, por exemplo, gelatina animal. Para suprir a exigência desses consumidores, o alginato de sódio é utilizado como espessante nos medicamentos, sob o nome comercial de Gaviscon. Esse composto, quando associado ao carbonato de cálcio, é empregado para fabricar as cápsulas e é, também, muito usado pelos dentistas para os moldes dentários.

A maior parte das ataduras é impregnada de alginato de sódio, que forma um filme dessa substância, evitando que a atadura grude na ferida. Além disso, o alginato de cálcio em pó é usado junto com alimentos para tratar pessoas contaminadas com o estrôncio.

As soluções de carragenanas vendidas sob o nome de Stomalene permitem tratar com eficácia as úlceras gástricas, reduzindo a acidez estomacal.

Os alginatos e as carragenanas, por sua vez, pobres em calorias, servem como elementos de dieta, principalmente, no preparo dos alimentos destinados aos regimes para diabéticos.

Numerosos comprimidos contêm o ácido algínico que, em contato com a água, incha rapidamente, provocando a fragmentação e, em seguida, a difusão rápida do comprimido.

Além de o ágar ter elevada importância no domínio bacteriológico, em que é usado para solidificar o meio de cultura, muito empregado para o crescimento de microrganismos patogênicos *in vitro*, também é utilizado na fabricação de:

- 1) laxativo leve;
- 2) pomadas, como emulsificante;
- 3) supositórios;
- 4) líquidos cirúrgicos;
- 5) comprimidos atuando como agente de dispersão.

Os supositórios de ágar permitem também a lubrificação do cólon intestinal facilitando a eliminação das fezes.

### **EFEITO EMAGRECEDOR DAS ALGAS**

Na década de 1980, foi muito comum encontrar nas farmácias brasileiras pílulas da cianobactéria *Spirulina máxima*, com indicação em dietas de redução de peso.

As infusões de *Fucus vesiculosus* também foram muito usadas pelo seu efeito laxativo.

Já a infusão de *Laminaria japonica* (alga parda) diariamente, reduz a obesidade por causa:

- a) do iodo contido no seu talo que estimula a glândula tireóide;
- b) da redução da absorção intestinal do colesterol;
- c) da diminuição da sensação de fome.

Além disso, essa alga é indicada para melhorar pele, cabelos, unhas e para reduzir o estado de angústia e ansiedade. Várias das funções atribuídas não estão, contudo, provadas cientificamente.

### **ALGAS COMO FITOTERÁPICOS**

No momento, há muitas pistas promissoras encontradas nas novas moléculas dos metabólitos das algas pluricelulares, diferentes daquelas dos vegetais terrestres. Esse fato é muito relevante, prometendo que o mar seja a fonte de novos medicamentos. Essas novas moléculas têm efeitos estimulantes, anti-sépticos, antibióticos, anticoagulantes, antivirais ou antitumorais.

Descobertas recentes mostram que numerosas cianobactérias das regiões tropicais, chamadas também de algas azuis, possuem ação antileucêmica.

Entre os metabólitos de algas identificados, selecionou-se um novo antibiótico em *Lyngbya majuscula*, e ainda não há nenhuma equivalência entre os vegetais terrestres.

Extratos de *Hypnea musciformis*, alga vermelha, encontrada no litoral brasileiro, têm um efeito antiviral, bastante elevado, contra o vírus *Herpes simplex* tipo 1 e 2.

## BRIÓFITAS E PTERIDÓFITAS

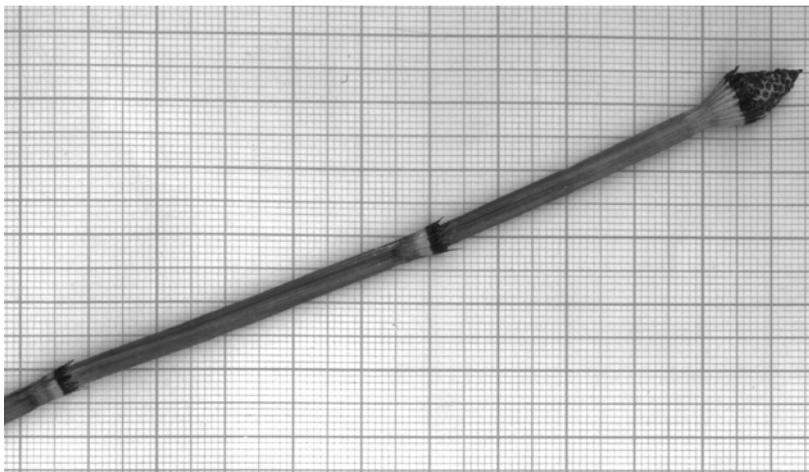
Veja, a seguir, algumas informações sobre o uso dessas plantas medicinais obtidas com os erveiros:

1) *Lygodium venustum* (Briófita), nome vulgar: abre-caminho, samambaia-de-caboclo. Usada em infusões para reumatismo, torção, luxação e pancadas.

2) *Equisetum giganteum* (Pteridófito), conhecido vulgarmente como cavalinha, rabo-de-cavalo, tem ação anticâncer, diurética, antidiarréica, anti-séptica, anti-hemorrágica, vermífuga (**Figura 7.1**).

3) *Selaginella convoluta* (Pteridófito); nome vulgar: inverninho e mão-de-sapo. Efeito diurético, antitérmico e afrodisíaco. É usada também contra caxumba.

4) *Microgramma vacciniifolia* (Pteridófito), nome vulgar: erva-silvina, erva-da-mamãe-oxum. É apontada como adstringente usada nas hemorragias, diarreias, desinterias. O xarope contra tosse, Fimatosan, utiliza a samambaia *Microgramma* na sua composição química.



**Figura 7.1:** *Equisetum giganteum*.

## SUBSTÂNCIAS QUE DÃO COR ÀS PLANTAS

Nesta seção, vamos tratar das substâncias que conferem cor aos organismos fotossintetizantes e seu papel medicinal. Vamos, então, recordar que substâncias são essas:

- carotenóides: cor amarela, laranja e vermelha das plantas;
- flavonóides: cor amarela, vermelha, azul e violeta das plantas.

## OS CAROTENÓIDES

🗨️ Você saberia dizer um local das células onde podemos encontrar carotenóides?

🗨️ Os carotenóides estão associados às clorofilas no sistema de captação de luz nos cloroplastos. Essas substâncias estão presentes, ainda, em plastídios de flores e frutos (Figura 7.2).

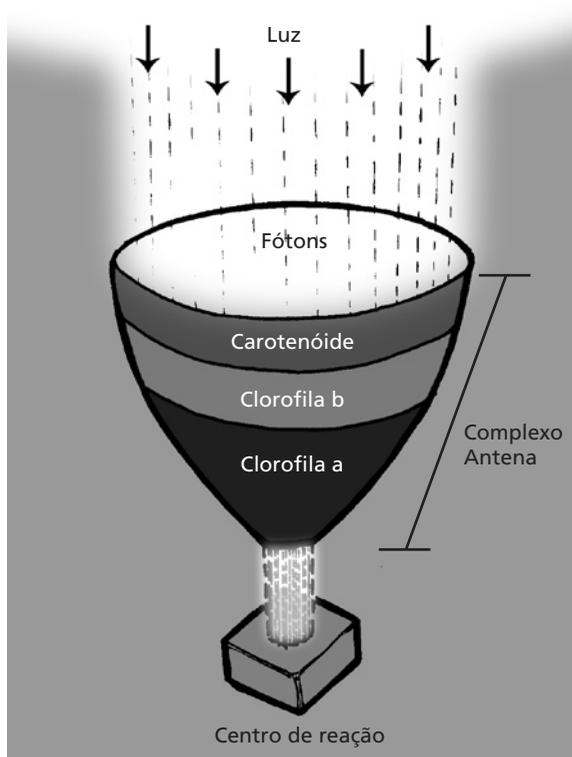


Figura 7.2: Esquema representativo do Complexo Antena (sistema coletor de luz).

Os carotenóides são comuns em plantas, animais, algas, bactérias e fungos, porém os animais não são capazes de sintetizá-los. São conhecidos cerca de 600 carotenóides dos quais 30 correspondem ao principal

pigmento das algas. Os carotenóides são da classe dos terpenóides, substâncias formadas por 40 átomos de carbono (além de hidrogênio e oxigênio) e, diferente das clorofilas, não possuem nitrogênio nem magnésio. Sua síntese ocorre no cloroplasto e em plastídios celulares a partir da conversão de acetil-CoA a geranyl-geranyl fosfato. Fatores ambientais têm influência determinante na síntese dos carotenóides, à medida que atuam como substâncias de proteção contra alta incidência de luz solar.

Os carotenóides são, ainda, os precursores do ácido abscísico. Diferentemente das clorofilas, eles não são facilmente degradados (coloração das folhas de espécies decíduas no outono).

Os carotenóides são divididos em:

- carotenos;
- xantofilas.

Muitos carotenos (e xantofilas) são moléculas com terminais cíclicos. Note o espectro de absorção dos carotenos (Gráfico 7.1). Dependendo do tipo de anel terminal do caroteno, ele pode ser chamado  $\alpha$ -caroteno ou  $\beta$ -caroteno (lê-se alfa ou betacaroteno, respectivamente). As xantofilas são produtos da oxidação de carotenóides. O  $\beta$ -caroteno, pigmento laranja da cenoura, é uma substância antioxidante e precursora da vitamina A e da zeaxantina (xantofila), pigmento amarelo do milho e sensor de luz azul (Botânica II, Aula 26). Já a violoxantina (xantofila) é derivada do  $\alpha$ -caroteno. A fucoxantina, pigmento que confere cor às algas marrons e diatomáceas, é outro exemplo de xantofila.

Outro exemplo de caroteno é o licopeno, presente em altos níveis em frutos do tomateiro, responsável por sua cor vermelha. O licopeno também possui propriedades antioxidantes e é responsável pela cor vermelha das pimentas.

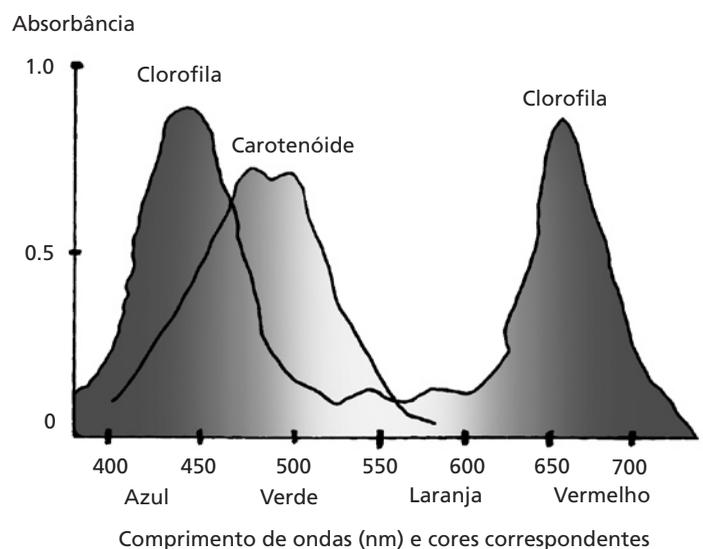


Gráfico 7.1: Espectro de absorção de luz na faixa do visível das clorofilas e carotenóides.



É importante lembrarmos que todo antioxidante pode agir como pró-oxidante, dependendo da dosagem ingerida e do ambiente em que a molécula se encontrar. A vitamina C, por exemplo, ingerida como suplemento em altas doses pode causar danos ao DNA e, conseqüentemente, estar associada ao aumento da ocorrência de determinados casos de câncer.

Alguns estudos sugerem que a suplementação com doses farmacológicas (doses acima daquelas ingeridas em uma dieta balanceada) de  $\beta$ -caroteno aumentou a incidência de câncer de pulmão entre tabagistas. Contudo, mais estudos são necessários para se determinar os limites de doses com ação antioxidante e pró-oxidante.



### ATIVIDADE

1. Você já deve ter ouvido falar em suco de clorofila, saberia dizer do que se trata? É importante que você vá à internet, faça uma pesquisa e seja capaz de apontar diferentes opiniões sobre o assunto.

---

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

No Brasil, convencionou-se chamar de suco de clorofila o que originalmente é chamado de *wheatgrass* (**wheat** = trigo e **grass** = grama) nos EUA. A tradução mais apropriada seria suco de grama de trigo. Além da tradução imprecisa, utilizam-se, também, outros vegetais, como a couve, na fabricação do suco de clorofila, o que, certamente, não garante as mesmas propriedades atribuídas ao suco da folha do milho nos EUA.

O suco de *wheatgrass* foi introduzido nos EUA por Ann Wigmore na década de 1970. Ela afirma, em seus muitos livros, que este é o alimento ideal para nutrir o corpo e livrá-lo das toxinas. Ann recomendou o suco de *wheatgrass* para todas as pessoas, especialmente, àquelas que sofrem com dores ou doenças, inclusive a AIDS.

O NCAHF (Conselho Norte-Americano Contra Fraudes na Saúde) argumenta que não há qualquer evidência sobre as propriedades terapêuticas do suco de *wheatgrass*, para além de suas propriedades nutritivas. Veja a tabela a seguir.

**Tabela 7.1:** Comparação nutricional do suco de *wheatgrass* com outros alimentos

	<b>Grama folha de trigo (sete tabletes de 3,5 g)</b>	<b>Alimentos comuns com equivalência nutricional</b>
Proteínas	860 mg	2.300 mg em ½ xícara de brócolis cozido
β-caroteno	1.668 IU (unidade internacional)	20.253 IU em uma cenoura crua
Vitamina B12	0,05 mcg (micrograma)	1 mcg em 250 mL de leite semidesnatado
Cálcio	15 mg	89 mg em ½ xícara de brócolis cozido
Magnésio	3,9 mg	47 mg em ½ xícara de brócolis cozido
Fósforo	3,9 mg	37 mg em ½ xícara de brócolis cozido
Ferro	0,87 mg	2,2 mg em uma xícara de espaguete cozido

Fonte: *Alternative Medicine-An Objective View*. Berkeley: Institute for Natural Resources, 1998, p.23.

A crença de que a molécula de clorofila tenha propriedades terapêuticas reside na semelhança estrutural entre as moléculas de clorofila e hemoglobina. Por isso, algumas pessoas referem-se à primeira como “sangue das plantas”. Entretanto, essa é uma analogia incabível, pois a clorofila é a principal molécula responsável pela captação de luz nos organismos fotossintetizantes e nada tem a ver com o transporte de oxigênio para as células. Nas plantas, o oxigênio é liberado pela quebra da água durante a fotossíntese e chega às células das plantas por difusão.

🔒 Mas, então, qual a semelhança entre essas moléculas?

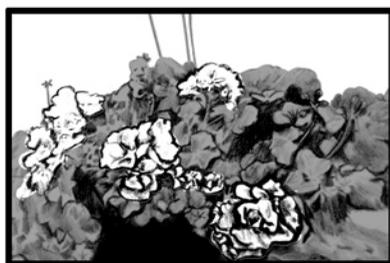
🔓 A semelhança está na via biossintética. Ambas as moléculas são sintetizadas a partir do ácido glutâmico e possuem um anel porfirínico. Entretanto, a clorofila possui um átomo de magnésio no interior do anel, e a hemoglobina, um átomo de ferro. Essas moléculas não desempenham funções semelhantes nem possuem propriedades equivalentes. Essa via bioquímica é, ainda, compartilhada pelo citocromo (proteína redox ativa que contém ferro e transporta elétrons, encontrada, por exemplo, em cloroplastos e mitocôndrias, onde participa da fosforilação oxidativa), que, também, possui um átomo de ferro no interior do anel, mas nem por isso tem a mesma função da hemoglobina.

## FLAVONÓIDES

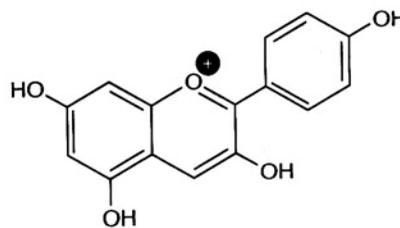
Além dos pigmentos já citados, existem outros que não participam na fotossíntese e estão presentes principalmente no vacúolo. Esses pigmentos não fotossintéticos são hidrossolúveis, e grande parte deles pertence à classe de compostos fenólicos denominada flavonóides, composta por mais de 4.500 tipos de pigmentos já caracterizados. A estrutura básica é composta por 15 átomos, que podem ser divididos em vários grupos como o das antocianinas (Figura 7.3).

As cores das antocianinas dependem em parte das moléculas ligadas a um dos anéis. Um aumento no número de grupos hidroxílicos muda a absorção para comprimentos de onda maiores e resultam na cor azul do pigmento. A substituição de um grupo hidroxil por um grupo metoxil (OCH<sub>3</sub>) muda a absorção para comprimentos de onda mais curtos, resultando em uma cor mais rosácea.

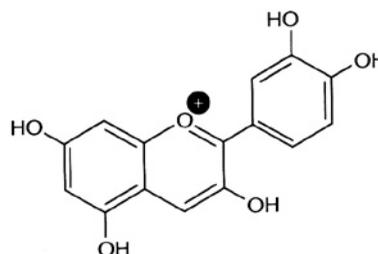
Os flavonóides podem proteger as plantas contra a radiação ultravioleta (exemplo: campferol) e são responsáveis pelas características de cor, qualidade e resistência da madeira na formação do cerne de troncos lenhosos. Vários flavonóides têm sido estudados devido a suas propriedades medicinais, como moduladores da resposta imune, antiinflamatória (inclusive das gengivas), anticâncer, antiviral, e hepatoprotetora.



*Pelargonium* (gerânio)



Rosa





*Delphinium*  
(Larkspur)

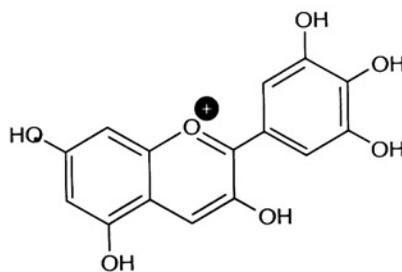


Figura 7.3: Estrutura de algumas antocianinas responsáveis pela coloração de flores e frutos.

Tabela 7.2: Coloração das antocianinas

ANTOCIANINA	SUBSTITUIÇÃO	COR
Pelargonidina	4' = OH	Vermelho-alaranjado
Cianidina	3' = OH, 4' = OH	Vermelho-arroxeadado
Delfinidina	3' = OH, 4' = OH, 5' = OH	Púrpura-azulado
Peonidina	3' = OCH <sub>3</sub> , 4' = OH	Vermelho-róseo
Petunidina	3' = OCH <sub>3</sub> , 4' = OH, 5' = OCH <sub>3</sub>	Púrpura

## MEDICINAL OU TÓXICO?

Nesta parte da aula, você saberá o que são plantas tóxicas e como essa toxidez está relacionada não só às substâncias presentes nas plantas e à sua concentração, mas, também, a cada um de nós independentemente, ou seja, o que pode ser tóxico para você não necessariamente é tóxico para seu colega e vice-versa.

Refleta sobre as questões abaixo:

- 🔑 Você consegue imaginar uma sociedade sem **MEDICAMENTOS** vendidos em farmácias ou fornecidos em hospitais e postos de saúde? O que esta sociedade pode utilizar para o tratamento das enfermidades?
- 🔑 Lembre-se de que o uso de medicamentos, como conhecemos hoje, é uma prática relativamente recente na história da humanidade e do que discutimos na Aula 6.

### MEDICAMENTO

É todo produto farmacêutico utilizado para modificar ou explorar sistemas fisiológicos ou estados patológicos, em benefício da pessoa a quem se administra com finalidade profilática, paliativa, curativa ou de diagnóstico OMS (Organização Mundial da Saúde).

Até bem pouco tempo (século XIX), o homem dependia, fundamentalmente, da natureza para cura das enfermidades, seja através de alimentos que possuem substâncias com papel medicinal (como os carotenóides e flavonóides que vimos anteriormente nesta aula) ou por meio de plantas medicinais propriamente ditas. A utilização de plantas com fins medicinais para o tratamento, cura e prevenção de doenças é uma das mais antigas formas de prática medicinal da humanidade.

Um dos primeiros registros da descrição de plantas medicinais remonta ao papiro de Ebers, encontrado no século XIX pelo egiptólogo Yorg Ebers, nas proximidades da casa mortuária de Ramsés II (no Egito), e acredita-se que pertença à época 1500 a.C. Esse papiro é um dos mais importantes documentos da cultura médica e descreve mais de 700 tipos de plantas, receitas e formas de uso para uma infinidade de enfermidades. Esse conhecimento do homem sobre o poder medicinal das plantas surgiu, provavelmente, à medida que tentava suprir suas necessidades básicas, e foi adquirido através de observações, experimentações e casualidades realizadas nos locais onde viviam. Por meio dessas práticas, o homem foi capaz de observar que algumas espécies de plantas eram tóxicas. Inclusive em certos relatos de sociedades do passado, tal propriedade foi utilizada intencionalmente. Veja os exemplos:

- os gregos utilizaram a cicuta (*Conium maculatum*) no processo de condenação de Sócrates, filósofo que viveu entre 470-399 a.C., e que foi condenado à morte por ingestão desta planta, que abordaremos em maiores detalhes mais adiante;
- grande parte do mito e magia envolvendo bruxas da Idade Média na Europa revela histórias sobre pessoas que detinham conhecimento sobre determinadas propriedades das plantas. E, como para as pessoas daquele período as plantas pareciam ter poderes mágicos, dominar o conhecimento sobre o uso das plantas representava ter poder, o que colaborava mais ainda para o misticismo ao redor dos feiticeiros. Muitas das plantas venenosas ou tóxicas eram utilizadas por eles para a eliminação de inimigos ou adversários, não só do próprio feiticeiro, mas também para o préstimo de pequenos serviços, inclusive para fins políticos e militares.

Mas, e na sociedade atual? Sabendo sobre a existência destas plantas, tente refletir sobre a comercialização de plantas medicinais em nosso cotidiano antes de prosseguir.

Você deve lembrar-se de propagandas nos meios de comunicação (TV, rádio, revistas etc.) que prometem produtos com “benefícios seguros, já que se trata de fonte natural”. Porém, muitas dessas preparações não possuem certificado de qualidade e são produzidas a partir de plantas cultivadas, o que descaracteriza a medicina tradicional. Um outro problema deriva do fato de que as supostas propriedades medicinais não possuem comprovação científica por não terem sido investigadas ou por não terem tido ação farmacológica comprovada, como você viu em maiores detalhes na Aula 6.

Você deve estar se perguntando, então, sobre o perigo que essa utilização indiscriminada pode trazer à saúde da população. Para a utilização adequada, faz-se necessário o conhecimento sobre origem, forma de uso, parte da planta utilizada, dentre outros aspectos, para que se possa garantir a boa qualidade do produto e que este possa cumprir seus propósitos terapêuticos. O não cumprimento dessas medidas pode expor o usuário a sérios danos à sua saúde ou à própria vida. As últimas estimativas do Sistema Nacional de informações toxicológicas da Fundação Oswaldo Cruz (Sinitox) registram a ocorrência de 1.728 casos de intoxicação humana por plantas no ano de 2002 (<http://www.fiocruz.br/sinitox/2002/brasil2002.htm> - Tabela 3).



### ATIVIDADE

2. Entre no *site* citado anteriormente e compare as estimativas, para o mesmo ano, distribuídas por faixa etária na **Tabela 7**. Você saberia dizer por que o número de casos na faixa etária entre 1-4 anos (744 casos relatados) é mais que o dobro do maior número de casos da categoria seguinte (325 casos relatados)?

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Existem vários fatores que influenciam na toxicidade de uma espécie, como veremos mais adiante. No caso de crianças nesta faixa etária, que ainda não possuem discernimento, a maior causa de acidentes com substâncias tóxicas é devida à presença destes agentes na própria residência ao alcance delas. Além disso, a maior intoxicação entre crianças está relacionada à baixa dose necessária para causar danos à saúde.*

Algumas plantas podem causar **INTOXICAÇÕES** agudas ou crônicas. A intoxicação aguda é aquela que se apresenta de forma súbita, alguns minutos ou algumas horas após a exposição ao agente químico, enquanto a intoxicação crônica ocorre após exposições repetidas (utilização repetida) ao mesmo agente tóxico, durante um período de tempo prolongado (durante meses, por exemplo).

### INTOXICAÇÃO

É a manifestação clínica do efeito nocivo produzido em um organismo vivo como resultado da interação de uma substância química com esse organismo.

Farmacologicamente, **DOSE** é a relação entre miligramas da droga por quilograma de peso do paciente.

Você lembra do caso da morte de Sócrates de que falamos anteriormente? Nesse caso, a utilização da cicuta (*Conium maculatum*) pode ser considerada um caso de intoxicação aguda, já que o filósofo foi submetido a uma determinada **DOSE** cujos sintomas se manifestaram algumas horas depois, levando-o à morte. A cicuta é uma planta herbácea e perene que pertence à família Apiaceae, bastante comum na Europa e Ásia, e, também, na América do Norte e Austrália, onde foi introduzida. A toxicidade desta espécie está relacionada aos alcalóides, presentes em toda a planta, mas, principalmente, nas folhas e sementes. Os alcalóides são uma classe de metabólitos nitrogenados, representados por um número muito grande de substâncias estruturalmente diversas, encontradas em muitas plantas vasculares, em alguns microrganismos e em animais. Apresentam em comum um ou mais átomos de nitrogênio, encontrados na maioria dos casos em um anel heterocíclico. Os alcalóides apresentam diferentes origens biossintéticas e são classificados de acordo com a estrutura que contém o átomo de nitrogênio, sendo sintetizados, em geral, a partir de diferentes ácidos aminados, como você viu na Aula 28 de Botânica II, sobretudo lisina, tirosina e triptofano. Outros precursores, tais como esteróides e terpenóides, também contribuem para a formação do esqueleto final de um alcalóide.

Um exemplo de intoxicação crônica é o caso do confrei (*Symphytum officinale*) utilizado na medicina tradicional como cicatrizante e mais recentemente em chás para o tratamento de artrite e infecções, e passou a ser amplamente comercializado. O confrei pertence à família Boraginaceae, atualmente cultivado em todo o mundo. Apresenta alcalóides, os quais, se ingeridos por longo tempo, provocam graves perturbações hepáticas e pulmonares, que podem aparecer mesmo alguns anos após a interrupção do uso. Sua utilização foi condenada pela OMS.

### ATIVIDADE



3. Nós acabamos de ver os alcalóides, um grupo de substâncias amplamente distribuídas nas plantas e que foram citadas em dois exemplos em que podem ser tóxicas. Faça uma pesquisa e procure identificar alcalóides bastante conhecidos e que apresentem importância atual na área médica.

---



---



---



---



---



---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Existem vários exemplos que foram descritos no quadro a seguir. Indicamos os precursores biossintéticos para você ter uma idéia deste grupo de substâncias, mas não é necessário incluí-los na sua resposta.*

Exemplos	Precursor biossintético	Utilização
Nicotina	Ornitina (aspartato)	Estimulante, sedativo, tranqüilizante (cigarros)
Cocaína	Ornitina	Estimulante do Sistema Nervoso Central (SNC)
Morfina, codeína	Tirosina	Analgésico
Reserpina	Triptofano	Tratamento de hipertensão e psicoses
Estricnina	Triptofano	Veneno para ratos, tratamento para distúrbios oculares
Cafeína	Relacionado a via biossintética das bases purínicas (adenina e guanina)	Estimulante do SNC (encontrado em café, chás, cacau etc.)

🔒 De que forma você imagina que a dose possa influenciar o efeito da toxicidade? Lembre-se dos dados da estimativa do Sinitox por faixa etária.

🔒 Se você se lembrou de que a dose é a relação entre miligramas da droga por quilograma de peso do paciente, você está no caminho certo. Essa relação contribui para maior ocorrência de acidentes na faixa etária das crianças.

Pegue a bula de um medicamento qualquer. Olhe a parte que fala sobre posologia. Compare as doses indicadas para diferentes

faixas etárias. Provavelmente, você vai perceber que a dosagem para crianças e idosos é menor do que para adultos. No caso da toxicidade, o raciocínio é o mesmo, ou seja, esta também depende da dosagem. Os toxicologistas consideram, por princípio, que todas as substâncias são tóxicas, dependendo da dosagem utilizada.

A toxicidade potencial de uma substância também pode ser influenciada pela saúde do paciente que a consome. Por exemplo, algumas doenças tornam a pessoa mais suscetível à ação tóxica de determinados componentes, que não afetariam pessoas saudáveis. Isso, de fato, pode ocorrer quando o fígado ou o rim está acometido por algum processo patológico.

## A HOMEOPATIA

A homeopatia, conforme a conhecemos hoje, foi criada pelo médico alemão Christian Frederick Samuel Hahnemann, no século XVIII. Após se decepcionar com a medicina da época, cuja terapêutica muitas vezes era mais violenta que a própria patologia, Hahnemann abandonou a clínica e passou a viver da tradução de livros médicos. Num destes livros, a *Matéria médica* do escocês Willian Cullen, deparou-se com uma descrição intrigante dos efeitos tóxicos da quina (*Cinchona officinallis*), muito semelhantes aos das febres palustres (exemplo: malária), coincidentemente, o mesmo tipo de febre contra a qual a quina ainda hoje é utilizada.

Tomado pela desconfiança e curiosidade, passou a ingerir pequenas doses diárias de quina e percebeu que, após certo tempo, começou a demonstrar os mesmos sintomas dessas febres, confirmando as observações de Willian Cullen. Baseado nessa experiência, Hahnemann elaborou o princípio da *Similitude*. Esse é o primeiro princípio da homeopatia, no qual toda substância capaz de causar um conjunto de sintomas, quando administrada em doses adequadas (abaixo dos níveis tóxicos) num organismo saudável, poderá também curar esses mesmos sintomas, quando presentes num organismo doente. Dessa experiência com a quina, também tirou o segundo princípio, a *Experimentação em Organismo Saudável*, que é o procedimento de testar substâncias em indivíduos saudáveis, para elucidar os sintomas, permitindo que os efeitos observados pelo pesquisador possam ser atribuídos com segurança à substância testada.

O terceiro e o quarto princípios referem-se ao *Uso de Substâncias Diluídas e Dinamizadas* e ao *Uso de Substância Única*. O primeiro visa diminuir os efeitos tóxicos e nocivos das drogas, adotando grandes diluições. O último princípio determina que a utilização de uma substância de cada vez durante a experimentação em homeopatia fornece respostas mais precisas e não confunde o pesquisador com os sintomas de várias substâncias aplicadas ao mesmo tempo.

Desde a época de Hahnemann, muitos autores e estudiosos fizeram suas próprias experimentações em homeopatia, e muitas substâncias de origem mineral, animal e vegetal são utilizadas atualmente. No Brasil, as preparações homeopáticas seguem normas previstas na Farmacopéia Homeopática Brasileira e também em outras farmacopéias.

Alguns exemplos de substâncias tóxicas utilizadas em homeopatia estão no quadro a seguir, e têm de ser utilizados a partir de determinada diluição, numa concentração de substâncias ativas que não ofereça riscos à saúde do paciente.

Medicamento	Origem	Toxicidade
Aconitum	Acônito <i>Aconitum nappellus</i>	Tóxico
Cicutium	<i>Cicuta</i> <i>Coniumm maculatum</i>	Tóxico
Curare	Várias plantas sul-americanas. Utilizado por índios para caça e pesca.	Tóxico
Opium	<i>Papaver somniferum</i>	Medicamento de controle especial da vigilância sanitária
Arsenicum	Arsênico	Tóxico
Chloroformium	Clorofórmio	Tóxico
Iodum	Iodo	Perigoso

Além de todos os fatores citados até aqui, é bom ressaltar que a presença de substâncias tóxicas em uma planta pode estar relacionada a uma estação do ano ou a determinadas condições ambientais (o que possibilitaria que a mesma espécie possa ser tóxica em determinada região e não tóxica em outra região), ou mesmo à parte da planta, onde o componente tóxico pode ser encontrado, e também a certas variedades ou cultivares.

A erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides L.*), por exemplo, é uma espécie bastante utilizada na medicina popular brasileira como vermífugo e para problemas digestivos. O óleo essencial desta espécie irrita a mucosa do trato gastrointestinal e pode ser extremamente tóxico (dependendo da dosagem), causando inclusive sérios danos ao sistema nervoso central. Acredita-se que a toxicidade do óleo esteja relacionada ao ascaridol, seu componente majoritário, um terpenóide. Esses óleos essenciais variam muito de acordo com as condições ambientais, inclusive em relação a seus constituintes, diferindo também em toxicidade. A diferença entre a dose terapêutica e a dose tóxica em humanos é bastante tênue. O óleo proveniente das sementes e raízes é potencialmente mais tóxico do que o de folhas.

### CONCLUSÃO

Os vegetais e os produtos deles derivados são amplamente utilizados na medicina popular, homeopática e halopática. É fundamental procurar distinguir o que se trata apenas de crença ou propaganda do que é realmente eficaz. A informação é, na verdade, nossa maior arma.

### ATIVIDADE FINAL

Liste dez exemplos de organismos fotossintéticos ou produtos deles derivados que possuam papel medicinal e qual sua utilização. Certifique-se de que você listou exemplos entre os vários grupos vegetais.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

Você pode ter feito uma lista com vários exemplos. Aqui, citamos apenas alguns.

- 1) *Laminaria sp.* – utilizada pela presença de iodo para combater o bócio.
- 2) *Digenea simplex* – vermífugo.
- 3) *Alginato de sódio* – fabricação de ataduras.
- 4) *Carragenanas* – tratamento de úlcera gástrica.
- 5) *Equisetum giganteum* – diurético.
- 6) *Lygodium venustum* – infusões.
- 7)  $\beta$ -caroteno – precursor da vitamina A.
- 8) *Licopeno* – antioxidante.
- 9) *Flavonóides* – antiinflamatórios.
- 10) *Flavonóides* – moduladores de resposta imune.

**RESUMO**

Algas, briófitas e pteridófitas, assim como as angiospermas, são utilizadas na medicina. Em particular, dentre as inúmeras substâncias de origem vegetal, aquelas que conferem cor às plantas, desempenham relevante papel na composição de medicamentos. Além disso, a homeopatia revela que a diferença entre o medicinal e o tóxico depende da dose.

**INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na Aula 8, você conhecerá um pouco sobre o grande potencial que algas e plantas possuem para reduzir os problemas de poluição causados pela sociedade humana.



## Despoluição verde

AULA

8

### Meta da aula

Abordar as causas e conseqüências da poluição aquática, apontando perspectivas para uma reversão deste quadro e fazendo uso dos seres fotossintetizantes na despoluição ambiental.

Esperamos que, após a leitura desta aula, você seja capaz de:

- identificar alguns efeitos da poluição;
- avaliar a importância dos organismos fotossintetizantes como agentes nos processos de despoluição;
- descrever o processo de fitorremediação.

## INTRODUÇÃO

A Natureza vem sofrendo forte impacto da ação humana há milhares de anos, a começar pela extinção da chamada megafauna, por volta de 10.000 anos a.C., pela caça predatória que o homem realizou ao longo de sua migração desde a África em direção aos outros continentes. Em alguns locais, como na ilha de Páscoa, o desmatamento e a extinção dos recursos naturais chegaram ao seu clímax, e a ocupação humana tornou-se inviável. Porém, foi a partir da Revolução Industrial que os processos de degradação ambiental tornaram-se mais intensos. Essa aceleração se deve principalmente:

1. ao desmatamento;
2. à contaminação ambiental.

O desmatamento é realizado para suprir diversas necessidades humanas relacionadas à intensificação da atividade agrícola, à ampliação de áreas urbanas e ao aumento das atividades extrativistas de larga escala, como a extração de madeira e a mineração. A contaminação ambiental ocorre em diversos níveis, como corpos d'água (inclusive a reserva subterrânea), solo, atmosfera e cadeias tróficas.

Mas como os poluentes chegam ao ambiente?

Poluentes orgânicos e inorgânicos chegam ao ambiente por diversas fontes como: derramamentos (combustíveis e solventes), treinamento militar (explosivos), agricultura (pesticidas e herbicidas), indústria (química e petroquímica), dentre outras.

## O AMBIENTE MARINHO

O planeta Terra tem cerca de 70% de sua superfície cobertos principalmente por águas salgadas. Os outros 30% são constituídos por continentes, os quais são sempre circundados por sistemas marinhos costeiros. Algumas regiões são naturalmente beneficiadas pela riqueza das águas provenientes do fundo do mar, um fenômeno denominado **RESSURGÊNCIA**. Esse fenômeno responde por uma alta produtividade de organismos marinhos, como acontece com as anchovetas no Peru e nas regiões de Arraial do Cabo e Cabo Frio, com repercussões para o norte até Macaé e para o sul até a Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro. A ressurgência ocorre, principalmente, no verão, trazendo resultados benéficos tanto de organismos planctônicos como de bentônicos. Dentre todos os estados costeiros brasileiros, somente o do Rio de Janeiro é privilegiado por esse fenômeno, e um dos proveitos de que o fluminense lança mão é a pesca

### RESSURGÊNCIA

Fenômeno de subida de águas frias, ricas em sais nutrientes, que vêm aflorar na superfície.

de lula, muito comum nesse período. A ressurgência é um processo de eutroficação (*eu* = verdadeiro; *trofos* = nutrição) natural, ocorrendo sem a interferência do homem.

## O MAR COMO UM VASILHAME

Como conseqüência da crescente atividade humana, tem ocorrido um intenso processo de degradação dos ambientes naturais, e estes processos têm chegado, realmente, a níveis alarmantes nesses últimos anos. O meio marinho é um receptor onde são depositados todos os tipos de lixo, poluentes e nutrientes que são carreados do meio terrestre através dos rios e de descargas diretas dos sistemas de drenagem. Esses detritos e poluentes provêm das indústrias e da agricultura, bem como da crescente e desordenada urbanização, traduzidos pelo esgoto, muitas vezes, lançado *in natura* no mar.

Como resultado desse fato, as áreas costeiras rasas funcionam como um verdadeiro “vasilhame” que recebe todas essas descargas de poluentes, o que é muito observado em estuários ou sistemas fechados ou semifechados, caso da baía de Guanabara, por exemplo.

A descarga de nutrientes carreados dos continentes conduz a uma eutroficação e, em casos extremos, à hipertroficação. Então, vamos definir o que é eutroficação artificial: é um processo de enriquecimento ambiental, com origem antrópica, constituído por altos teores de nutrientes inorgânicos, sobretudo nitrogênio e fósforo, enquanto baixos teores desses nutrientes caracterizam uma condição oligotrófica (*oligo* = pouco; *trofos* = nutrição). Assim, a eutroficação pode induzir mudanças na estrutura das populações de animais e plantas locais, aumentando a produção dos organismos bentônicos e pelágicos.

Portanto, os efeitos dos poluentes lançados no mar, principalmente nos ecossistemas costeiros, modificam sua estrutura e funcionamento, deteriorando o ambiente. Contudo, se o processo de eutroficação não for muito intenso, pode ocorrer uma resposta ecológica benéfica, oriunda da degradação dos poluentes, com aumento da biomassa planctônica e bentônica.



### ATIVIDADE

1. Explique por que no texto a baía de Guanabara foi descrita como um vasilhame.

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*A baía de Guanabara pode ser considerada um vasilhame, já que para ela correm vários rios da região metropolitana de vários municípios, carregando em suas águas insumos agrícolas e esgoto doméstico e industrial.*

## MALEFÍCIOS DA EUTROFICAÇÃO

O aumento da massa planctônica pode conduzir ao esgotamento do oxigênio, causando mortalidade de outros organismos, como acontece quase sempre em fevereiro, próximo ao carnaval, na lagoa Rodrigo de Freitas, causando a morte de milhares de peixes. Outro exemplo típico é o fenômeno da maré vermelha, provocada pela alta proliferação de um organismo microscópico ficoplanctônico denominado dinoflagelado (aqui, uma releitura das Aulas 12 e 13 da disciplina Botânica I, bem como da Aula 6 de Botânica II, é válida). Esses organismos se desenvolvem num meio rico em nitrogênio e fósforo e se manifestam em número abundante, traduzindo-se em algo perigoso para a saúde humana. Quando sob condições favoráveis (elevada quantidade de nutrientes biodisponíveis, temperatura elevada e alta radiação solar), os cistos de resistência desses dinoflagelados, que se encontravam em estado de dormência, começam a se dividir de maneira exponencial e acabam por gerar grandes florações. Por modificarem a cor da água para um tom marrom-avermelhado, essas florações são popularmente chamadas de marés vermelhas.

Os organismos causadores dessas florações produzem substâncias tóxicas, como hepatotoxinas ou neurotoxinas. O homem, ao ingerir peixes ou moluscos contaminados, apresenta um tipo de intoxicação denominado “ciguatera”. Esse é um problema extremamente sério no desenvolvimento de atividades pesqueiras, muito comum nas regiões tropicais do mundo. No Brasil, é comum ter-se notícia da maré vermelha em águas litorâneas de nosso estado.

**ATIVIDADE**

2. Quais são as conseqüências para o homem quando ocorre a maré vermelha?

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*O consumo de organismos filtradores durante os períodos de ocorrência da maré vermelha causa problemas de saúde. Esses organismos absorvem, através das brânquias, as toxinas liberadas pelos dinoflagelados, as quais se acumulam na carne desses animais, promovendo uma seqüência de contaminação entre esses animais e o homem. Além disso, essas florações em águas dulcícolas acabam por contaminar a água que pode ser usada para o consumo humano.*

**EFEITOS DA EUTROFICAÇÃO**

Um dos mais consideráveis efeitos ligados à eutroficação é a mudança da vegetação marinha bentônica constituída por algas unicelulares (microscópicas ou microalgas) e algas pluricelulares (macroscópicas ou macroalgas) e gramas marinhas (plantas vasculares). Estudos realizados no Laboratório de Macroalgas Marinhas da UFRJ em 2002 demonstraram que, entre as macroalgas, houve alteração da composição florística na ilha de Boa Viagem, em Niterói, Rio de Janeiro, com predominância de *Ulva fasciata* e de *Enteromorpha compressa* (Figura 8.1). Essas são espécies indicadoras de poluição orgânica, favorecendo a ocorrência das denominadas marés verdes, que, assim como as vermelhas, causam dano ao homem e à biodiversidade. Os resultados apontaram uma profunda alteração nas comunidades algáceas da baía de Guanabara ao longo de mais de três décadas, em decorrência dos efeitos deletérios da poluição, comprovando biologicamente a péssima qualidade da água.



Figura 8.1: *Ulva fasciata* (a) e *Enteromorpha compressa* (b).

Outra consequência do aumento do nível de nutrientes é a redução da diversidade específica da flora e da fauna, sobretudo, a redução da quantidade de animais filtradores, como mexilhões, ostras e peixes, bem como de espécies algáceas mais sensíveis, sobrevivendo somente aquelas que resistem à poluição.

Assim, espécies como *Ulva fasciata* e *Enteromorpha compressa* são usadas para avaliar a qualidade do sistema aquático, funcionando como indicadores de águas poluídas, já que, com o aumento da poluição, elas passam a dominar o cenário, ocupando o espaço das espécies que não toleram os poluentes. Portanto, quanto maior é a diversificação das populações animais ou vegetais, melhor é a qualidade da água.

## CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

A magnitude do dano ambiental atual requer medidas urgentes e intensas de mitigação. Elas devem tanto procurar reduzir os danos futuros como remediar os já causados. A desaceleração da degradação ambien-

tal foi formalizada no Protocolo de Quioto (veja Aula 1) e depende da participação de diversas nações para ter alguma chance de sucesso.

Existem diferentes formas de tentar recuperar áreas poluídas.

1. Escavação: no caso de solos contaminados, estes são removidos e tratados no local ou em estações de tratamento, podendo ou não ser, posteriormente, repostos no local de origem.

2. Incineração: processo de destruição térmica realizada sob alta temperatura (de 900 a 1.250°C) e utilizado para o tratamento de resíduos de alta periculosidade, ou que necessitam de destruição completa. Este processo é muito utilizado para tratar rejeitos químicos de laboratórios e linhas de produção. A Bayer oferece esse serviço no estado do Rio de Janeiro. Para tal, a empresa precisou se adequar para o tratamento dos resíduos e para que a fumaça lançada na atmosfera seja menos poluente. O Greenpeace, entretanto, vem denunciando o serviço como altamente poluente.

3. Extração com solvente: utilizam-se solventes de diferentes polaridades, dependendo da natureza do composto tóxico a ser extraído.

4. Reações de oxirredução: utilizam compostos químicos para transformar os contaminantes no próprio local, convertendo-os em formas não-tóxicas na maioria dos casos. Agentes oxidantes possíveis incluem o permanganato de potássio, o peróxido de hidrogênio e o ozônio. Os agentes redutores podem incluir o ferro metálico, o zinco e o sulfato ferroso, dentre outros.

Esses procedimentos, apesar de funcionais, freqüentemente necessitam da remoção do material contaminado para locais específicos, o que pode resultar em mais contaminações, além de aumentar o custo do processo.

Porém, é na capacidade de diversos organismos de isolar e/ou transformar substâncias contaminantes que reside nossa maior esperança. O próprio ambiente pode nos trazer a solução para minimizar a atuação dos poluentes. Como? Vamos continuar a aula para descobrir.

## A BIORREMEDIAÇÃO

Alguns seres vivos são capazes de absorver substâncias tóxicas, ou transformar essas substâncias em compostos menos tóxicos. A utilização desses organismos para minimizar o impacto ambiental é chamada de **BIORREMEDIAÇÃO**.

### BIORREMEDIAÇÃO

Conjunto de tecnologias para combater a contaminação de solos e águas, utilizando seres vivos para degradar ou transformar substâncias químicas poluentes.

A biorremediação pode ser feita *in situ*, ou seja, no próprio local da contaminação, e, assim, evitar os problemas gerados com o transporte do solo contaminado. A escolha do(s) organismo(s) destinado(s) à biorremediação depende de muitos anos de pesquisa, resultando em profundo conhecimento do organismo sob diferentes condições ambientais.

Imagine a seguinte situação: existe um composto tóxico em um determinado local, e para tentar minimizar sua atuação foram utilizados microorganismos no solo. Esses microorganismos não foram estudados adequadamente em laboratório, e não se previu que, após metabolizado, o composto se tornava uma substância mais tóxica do que a inicial. Uma situação assim é inaceitável!

Diversas ilhas havaianas sofrem hoje uma praga de caramujos exóticos, introduzidos propositalmente num programa de manejo de uma outra espécie exótica introduzida acidentalmente. A idéia era que a segunda espécie combatesse a primeira. Entretanto, a segunda, juntamente com a primeira, está dizimando as espécies nativas de caramujos! Esse é um caso clássico de controle biológico realizado sem as devidas pesquisas e testes.

Por isso, a biorremediação, assim como o controle biológico, deve ser estudada previamente, analisando-se os organismos e as condições do local contaminado, bem como as características da própria substância tóxica.

## O PAPEL DOS ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES AQUÁTICOS NA DESPOLUIÇÃO

Diversos organismos aquáticos atuam como biorremediadores, ou seja, têm a capacidade de retirar, do meio aquoso, elementos químicos poluentes. Esses elementos são absorvidos pelos seus talos, tanto de algas microscópicas quanto de macroscópicas, e pelas raízes, quando se trata de gramas marinhas. Esse fato sugere que algumas espécies são importantes na recuperação do sistema aquático, principalmente, quando se trata de íons metálicos como cádmio, zinco e mercúrio, num processo de **BIOACUMULAÇÃO**. Dessa maneira, esses organismos fotossintetizantes podem ser considerados como despoluidores verdes, já que possuem clorofila.

### BIOACUMULAÇÃO

Nome genérico de captação e retenção de uma substância contaminante por um ser vivo a partir da água, de sedimentos ou de outro ser vivo. Esse termo é aplicado somente quando os organismos envolvidos estão vivos, como é o caso das algas.

O processo de bioacumulação varia muito entre os organismos, principalmente aqueles dos níveis tróficos inferiores de uma cadeia alimentar. Nos animais, o modo de obtenção dos alimentos também influencia na bioacumulação. Assim, os invertebrados, como ostras e mexilhões, bem como os peixes herbívoros, têm alta capacidade de concentrar metais pesados ao filtrarem o plâncton durante a sua alimentação. Um caso muito comentado na imprensa mundial foi o acidente ecológico em Minamata, no Japão, decorrente do processo de bioacumulação de mercúrio nos peixes que foram ingeridos pela população local.

Um outro problema da bioacumulação é a ingestão de macroalgas por outros animais, provocando um aumento na concentração de metais acumulados ao longo dos elos da cadeia trófica, num processo conhecido como magnificação trófica.



### ATIVIDADE

3. Você deve estar se perguntando: “Como podemos nos alimentar das algas, já que elas são organismos bioacumuladores?” Descreva as circunstâncias em que isso é seguro para a saúde.

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Podemos nos alimentar de algas (e de animais filtradores) sem que nenhum prejuízo seja causado a nossa saúde, desde que essas algas sejam cultivadas ou coletadas em locais limpos, livres de poluição aquática. Por exemplo, no Japão, o gênero *Porphyra* (aquela alga vermelha com a qual se faz o sushi, lembra-se da Aula 2?) é cultivada em certas áreas muito controladas pelos órgãos governamentais. Os locais de cultivo são também controlados quanto ao teor da poluição de outras algas que produzem ficocolóides no mar.*

## A MARICULTURA

Não se pode deixar de ressaltar a importância da maricultura. A demanda crescente dos organismos fotossintetizantes marinhos (macroalgas), destinados à alimentação, e aos ficocolóides usados em quase todos os seguimentos da indústria, bem como de crustáceos, moluscos e peixes, resulta em organismos controlados e estimulados pelo homem. Para tais finalidades, é premente que se previnam locais específicos menos impactados pela ação do homem para que se possam realizar os trabalhos de cultivo sem conseqüências desastrosas para o futuro.

Portanto, a preservação dos ambientes costeiros é algo muito importante, uma vez que há grande possibilidade de exploração dessas áreas com a maricultura e com a pesca planejada, gerando muitos empregos para a população que vive nas áreas costeiras e promovendo o aumento do consumo dos produtos alimentícios de origem marinha. A maricultura é uma ótima alternativa para a exploração do mar durante o período de desova, tanto de peixes como de crustáceos, para os pescadores que ficam impossibilitados de realizar a pesca nesse período.

### ATIVIDADE



4. A maricultura é uma alternativa como fonte de renda para a população costeira. Ela pode ser desenvolvida em áreas impactadas?

---

---

---

---

---

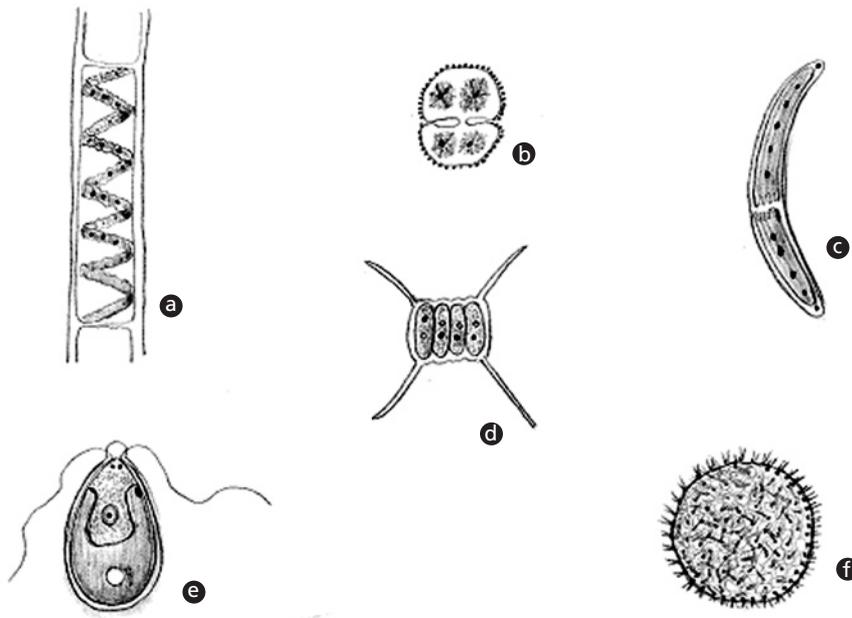
### RESPOSTA COMENTADA

*Você deve ter pensado na forma de obtenção de nutrientes de muitos animais e vegetais consumidos pelo homem. Tanto as algas como ostras, mariscos e peixes têm a capacidade de acumular em seus organismos algumas substâncias poluentes, tornando-se, assim, impróprios para o consumo humano. A maricultura não pode ser desenvolvida em áreas impactadas, pois os organismos envolvidos nessa atividade seriam contaminados, já que são seres bioacumuladores.*

## OS VEGETAIS AQUÁTICOS E A DEPURAÇÃO DAS ÁGUAS

Um grande desafio do século XXI é a depuração das águas, visto que a quantidade de água doce e potável no mundo é limitada e, dada a grande densidade demográfica atual, a previsão para o futuro não é muito animadora. Uma das alternativas para a obtenção dessa água doce seriam os processos de dessalinização de águas salgadas para consumo humano e uso na agroindústria. Porém, isso exige alto investimento, que, atualmente, apenas países ricos, como Israel, possuem condições de realizar. Uma outra alternativa, mais próxima de nossa realidade, seria a depuração ou reciclagem de água contaminada. Nesse contexto, acredita-se que os vegetais aquáticos podem desempenhar um papel importante no domínio da depuração. A descontaminação da água consiste em eliminar os compostos orgânicos pelas bactérias aeróbicas. Elas não se desenvolverão se o meio ambiente não estiver rico em oxigênio, ao contrário do que é tipicamente notado em águas poluídas, que possuem uma baixa concentração de oxigênio. É nesse momento que os vegetais aquáticos desempenham um papel importante, pelo seu poder de realizar a fotossíntese, liberando o oxigênio necessário ao meio ambiente.

Alguns gêneros de algas são utilizados nessa depuração de águas. Veja a **Figura 8.2**:



**Figura 8.2:** *Spirogyra* (a), *Cosmarium* (b), *Closterium* (c), *Scenedesmus* (d), *Chlamydomonas* (e) e *Volvox* (f).



### ATIVIDADE

5. Qual pode ser o papel das algas em uma área muito impactada?

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*As algas, em áreas impactadas, podem ter um papel importante na absorção de substâncias poluentes, como, por exemplo, os metais pesados, contribuindo para a depuração dessas águas poluídas. Algumas delas servem como indicadores biológicos de áreas impactadas.*

A biorremediação não exclui a utilização de processos não-biológicos de descontaminação já citados anteriormente; algumas vezes, podem-se reunir as duas formas a fim de melhorar sua eficiência. Por exemplo, a recuperação de solo contaminado por metais pesados pode ser realizada com a extração de parte da terra fortemente contaminada, formando valas, seguida da substituição por solo não-contaminado. Numa segunda etapa, podem-se plantar árvores e espécies herbáceas sobre as valas. As espécies arbóreas e herbáceas escolhidas devem, preferencialmente, ser nativas da região e absorver e tolerar os metais pesados. Mais uma vez, é importante enfatizar a necessidade da realização de pesquisas para avaliar quais as necessidades do local, sendo necessário, nesses casos, um grupo multidisciplinar de cientistas.

Essa forma de biorremediação com utilização de plantas é chamada de **FITORREMEDIAÇÃO**, e pode ser empregada em associação com microorganismos na rizosfera para reduzir os poluentes do ambiente. As micorrizas (associações de plantas com fungos) também favorecem a absorção de compostos inorgânicos do solo, pois favorecem a absorção de compostos dissolvidos no solo, inclusive os contaminantes.

#### FITORREMEDIAÇÃO

Utilização de plantas e sua microbiota associada para remover, capturar ou minimizar os efeitos de substâncias tóxicas no ambiente.

🔗 Quais são as vantagens da fitorremediação?

🔗 Assim como as outras formas de biorremediação, a fitorremediação representa um custo menor quando comparado com outros processos tradicionais de descontaminação. Além disso, uma grande área pode ser descontaminada, recebendo ainda uma cobertura

vegetal, melhorando inclusive esteticamente. Em alguns casos, até as propriedades físicas e biológicas do solo são beneficiadas.

Mas, apesar do baixo custo, o procedimento pode ser considerado demorado, quando comparado aos procedimentos mais tradicionais. Isso porque deve ser respeitado o ciclo de vida das plantas em questão, além de seu limite de tolerância ao poluente. Outros aspectos, tais como o clima e as características físico-químicas do solo, devem ser levados em consideração na escolha da(s) planta(s).

Deve-se tomar especial cuidado para evitar que esses poluentes se insiram na cadeia alimentar, como já vimos anteriormente.

Outra limitação é quanto à profundidade da área de descontaminação, pois esta é determinada pelo alcance das raízes das plantas. As raízes de plantas herbáceas possuem cerca de 50cm, e as raízes de algumas árvores, cerca de 3m. Se a área contaminada for muito profunda, deve-se optar por plantas com sistema radicular compatível.

A fitorremediação pode atuar em diversas substâncias orgânicas ou inorgânicas como:

- metais pesados;
- hidrocarbonetos de petróleo;
- agrotóxicos;
- herbicidas;
- solventes, dentre outros.

Dependendo das propriedades particulares de cada poluente, os compostos orgânicos podem ser degradados na região das raízes ou absorvidos, seguidos de degradação, acumulação ou volatilização, enquanto os compostos inorgânicos não podem ser degradados, mas podem ser estabilizados ou acumulados nos tecidos das plantas (Figura 8.3).

Existem diferentes formas de se classificar a fitorremediação, dependendo de como o processo ocorre:

1. Fitoestabilização – é a estabilização do poluente no solo, seja através de prevenção da erosão, percolação ou pela conversão para formas menos disponíveis para os organismos. É utilizada contra contaminantes orgânicos e inorgânicos, quando se deseja limitar sua difusão. Exemplos de gêneros utilizados: *Eragrostis* e *Ascolepis*.

2. Fitoextração – retirada do poluente pelas raízes e acumulação nos tecidos da planta. O caule e as folhas são, então, retirados e podem

ser utilizadas para fins não-alimentares, ou submetidos a queima, ou, ainda, utilizados para reciclagem do elemento acumulado, interessante nos casos de metais valiosos. Essa técnica é utilizada quando há contaminação por metais, como cádmio, níquel, cobre e chumbo. Exemplos de espécies utilizadas: *Brassica juncea* e *Alyssum bertolonii*.

3. Fitoestimulação – há um estímulo à atividade microbiana na rizosfera, responsável pela degradação do composto tóxico no solo, promovido pelo crescimento das raízes que liberam exsudatos, utilizados como fonte de carbono e energia. Limita-se a contaminantes orgânicos, como alguns hidrocarbonetos do petróleo.

4. Fitodegradação – metabolização dos contaminantes a compostos não-tóxicos, ou menos tóxicos à planta e ao ambiente. Funciona bem para compostos que podem ser transportados nas plantas, como o TNT e herbicidas. Alguns exemplos são: *Populus sp.* e *Myiophyllum spicatum*.

5. Fitovolatilização – após a fitodegradação, alguns poluentes podem ser liberados como formas menos tóxicas voláteis. Utilizada para alguns compostos orgânicos e inorgânicos que possuam elementos químicos como selênio (espécies de *Brassica*) e mercúrio, que apresentam formas voláteis.

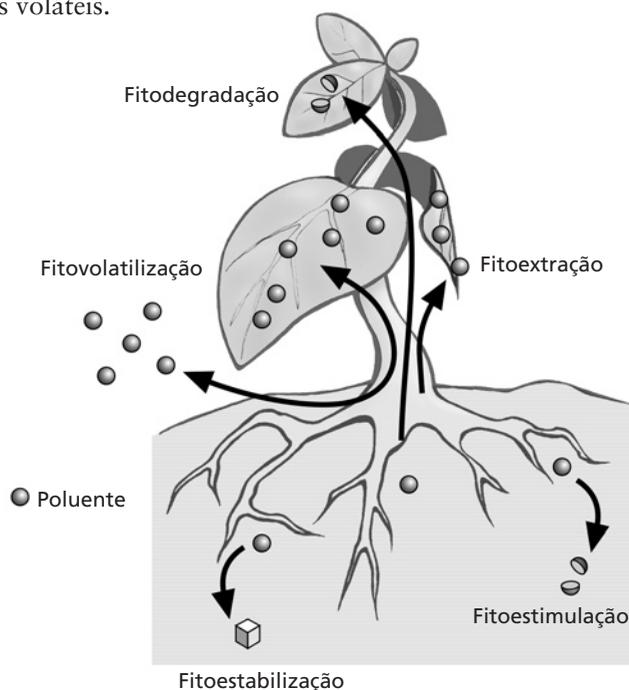


Figura 8.3: Esquema representando os diferentes processos de fitorremediação.

Um dos focos é o combate à contaminação por metais pesados; poderíamos colocar nesta classificação os poluentes ambientais que afetam a saúde pública, como o ferro, o chumbo, o cádmio e o mercúrio, por exemplo. O chumbo é um dos metais pesados responsáveis por graves contaminações em países industrializados. Uma vez acumulado no corpo humano, o chumbo afeta vários sistemas, incluindo o sistema nervoso. Por sua vez, o cádmio é considerado agente cancerígeno, mesmo em baixa concentração.

Algumas espécies de plantas já foram estudadas, e seu efeito biorremediador de metais pesados foi comprovado. Uma delas é a *Bacopa monnieri* (Scrophulariaceae), que você já conhece desde Botânica I. Ela vem sendo estudada em condições de laboratório para o tratamento de esgoto industrial com metais em sistemas aquáticos, tais como: cobre, cromo, ferro, manganês, cádmio e chumbo.

Outro exemplo é *Arabidopsis thaliana*, modificada geneticamente por cientistas da Coreia, que tem tolerância a metais pesados como o cádmio e o chumbo e consegue acumular grande quantidade desses metais, podendo, assim, ser utilizada em fitorremediação. Foi utilizada uma proteína de *Saccharomyces cerevisiae* para a transformação genética de *A. thaliana*, conferindo resistência a esses metais pesados.

O processo de fitorremediação desses metais envolve a solubilização deles no solo, absorção pela planta, translocação para a parte aérea e resistência ao acúmulo no vegetal. Algumas plantas podem produzir proteínas (fitoquelatinas) que eliminam os metais ou podem diminuir a toxicidade do composto (fitodegradação).

## **ONDE A FITORREMEDIAÇÃO VEM SENDO REALIZADA?**

A fitorremediação vem sendo realizada principalmente nos Estados Unidos e Europa. Estima-se que o mercado de fitorremediação nos Estados Unidos movimente entre 100 e 150 milhões de dólares por ano, o que dá aproximadamente 0,5% do total gasto com processos de descontaminação em geral; já a biorremediação ocupa cerca de 2% desse total.

No Brasil, esta área ainda é incipiente, mas já existem pesquisas em diversas universidades do país, como UFRJ, no Rio de Janeiro; Unicamp e USP, em São Paulo; UFLA e UFV, em Minas Gerais; e UFPR, no Paraná.

#### Fungos como biorremediadores

Você está vendo a utilização de algas e plantas como biorremediadores, mas outros seres vivos podem ser usados com o mesmo propósito. Os fungos, por exemplo, também podem ser utilizados.

Os fungos são nossos conhecidos das Aulas 3 e 9 de Botânica 1 e Aulas 2 e 3 de Botânica 2. Caso você não recorde, reveja o assunto voltando a essas aulas.

Um exemplo da utilização desses seres aclorofilados é o uso do cogumelo *Pleurotus*. Este já é consumido na alimentação, e agora a sua viabilidade como biorremediador está sendo estudada. O gênero pertence à subdivisão *Basidiomycotina* e, assim como outros desse grupo, produz enzimas que degradam produtos tóxicos como dioxinas, pesticidas e corantes têxteis.

Pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas vêm estudando a espécie *Pleurotus sajor-caju* na biodegradação de efluentes têxteis. Esses efluentes utilizados na indústria são corantes e também poluentes, acabando por modificar o aspecto do ambiente em que são liberados. A biorremediação desses produtos deve conter, portanto, um processo de descoloração.

Os pesquisadores concluíram que as linhagens estudadas de *P. sajor-caju* têm potencial para serem utilizadas na biorremediação desses efluentes têxteis, mas ainda é necessário o estudo de como se dá o processo realizado pelo fungo para viabilizar a sua utilização.

#### Você já ouviu falar do chorume?

O chorume é aquele líquido escuro resultado da decomposição do lixo. Ele representa um dos maiores problemas dos lixões e aterros sanitários, pois pode se infiltrar no solo e contaminar sistemas de água subterrâneos. No Brasil, ainda não é comum o tratamento do chorume e, quando existem estações de tratamento, elas não realizam o tratamento completo dos poluentes.

A fitorremediação pode ser utilizada para tratar esse problema. São duas as formas de tratamento estudadas. Uma delas trata diretamente do chorume na fase líquida, utilizando para isso o aguapé, ou *Eichornia crassipes* (Pontederiaceae), planta aquática que possui raízes submersas muito longas e uma parte que flutua na água. A outra forma realiza a fitorremediação do solo contaminado utilizando plantas como batata, cenoura e alface.

## INTERVENÇÃO DO HOMEM NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Um exemplo de área degradada recuperada com o auxílio da vegetação é o caso do lago Batata, localizado no município de Oriximiná, no Pará. Este lago foi assoreado com rejeitos da lavagem de bauxita que reduziram em 30% a sua área original, diminuindo-lhe também a área vegetal. Um grupo de pesquisadores do Departamento de Ecologia da UFRJ realiza seus trabalhos nessa área, e, para que esse impacto seja minimizado, foram plantadas espécies nativas dos igapós, obtidas pela implementação de coleta de sementes na água com redes, com as espécies herbáceas canarana e o arroz-bravo.

## A MAIOR FLORESTA METROPOLITANA DO MUNDO

Em terra firme, há o exemplo da Floresta da Tijuca, no município do Rio de Janeiro. Nos séculos XVII e XVIII, a floresta primária foi praticamente toda derrubada para dar lugar a plantações de café e pequenas chácaras. Esse desmatamento associado à demanda crescente por água potável acabaram por comprometer gravemente o abastecimento de água na cidade, pois as nascentes de água foram secando. Para recuperar e preservar essas fontes mananciais, no século XIX, a floresta foi replantada e hoje é a maior área metropolitana florestada do mundo.

## CONCLUSÃO

As perspectivas são animadoras. A despoluição e a recuperação dos ambientes costeiros e terrestres impactados são de extrema importância, pois além de melhorarmos a qualidade de vida da população, permitimos a regeneração dos recursos renováveis e sua exploração sustentável. O papel da fitorremediação nesse processo vem ganhando importância crescente, à medida que as pesquisas revelam a capacidade que vários organismos têm de extrair e eliminar e/ou acumular substâncias tóxicas do ambiente.

## ATIVIDADE FINAL

Após o estudo desta aula, você já deve ter compreendido o que são plantas biorremediadoras. Mas, além dessas, existem as chamadas plantas bioindicadoras. Procure informação na internet e diferencie-as das plantas biorremediadoras, citando exemplos de ambas que não tenham sido vistos nesta aula.

---

---

---

---

---

---

---

---

#### RESPOSTA COMENTADA

*Plantas biorremediadoras são aquelas capazes de absorver e degradar substâncias contaminantes e plantas bioindicadoras são as que acumulam os contaminantes e, por isso, podem ser usadas para assinalar a presença de um contaminante no ambiente. Um exemplo de planta biorremediadora é *Crotalaria juncea* (guizo-de-cascavel), usada para descontaminação do solo com níquel. Quanto a um exemplo de uma bioindicadora, temos a bromélia *Tillandsia usneoides* (barba-de-velho), que, por ser uma planta atmosférica, retira água e nutrientes diretamente do ar por meio das folhas. Assim, essas plantas acumulam poluentes que estejam no ar e podem ser usadas para avaliar seu grau de contaminação. Porém, é importante ressaltar que uma espécie bioindicadora pode ser usada como biorremediadora, se forem removidas as partes do vegetal – ou todo ele, se for o caso – que acumulam o poluente.*

#### RESUMO

Existe um grande potencial a ser explorado usando a eficiência de algas e plantas em limpar sistemas aquáticos e terrestres, beneficiando o processo de biorremediação. Essa capacidade dos organismos vivos de remover substâncias tóxicas do ambiente ocorre naturalmente, e nas últimas décadas sua utilização vem sendo aperfeiçoada. A despoluição do ambiente é, freqüentemente, realizada conjugando-se processos tradicionais (físicos e químicos) aos biológicos, embora alguns processos sejam, ainda, bem dispendiosos e estejam em fase de pesquisa. A composição florística tanto no ambiente aquático como no terrestre é importante indicativo dos níveis de poluição ambiental.

#### INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 9, você estudará os combustíveis renováveis para veículos, seus benefícios e problemas.

## Combustível renovável

AULA

# 9

### Meta da aula

Apresentar aos alunos possíveis soluções para o problema da crise do petróleo e do efeito estufa por meio da produção de combustíveis renováveis.

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- explicar a importância econômica e ambiental da produção de álcool combustível a partir da cana-de-açúcar;
- explicar a importância econômica e ambiental da produção de biodiesel como combustível automotivo.

## INTRODUÇÃO

O consumo mundial de petróleo no ano 2000 já era de 76 milhões de barris, sendo que nosso país consumia cerca de 2,2 milhões.

Os combustíveis fósseis, constituem a maior contribuição para a emissão de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) na atmosfera causada pelo Homem, o que agrava fortemente o efeito estufa. Além disso, o petróleo não é um recurso renovável.

Além das questões ambientais, as crises mundiais associadas às reservas de petróleo, bem como o aumento do preço dos barris, serviram para estimular as pesquisas, visando desenvolver alternativas para seu uso.

Nesta aula, vamos abordar a utilização de **BIOCOMBUSTÍVEIS** como alternativa ao uso de petróleo.

### BIOCOMBUSTÍVEIS

Combustíveis naturais, biodegradáveis e renováveis.

É preciso lembrar que o efeito estufa é um fenômeno natural que permite a existência de vida na Terra e que, sem ele, o planeta estaria coberto de gelo. A questão é o agravamento dessa tendência natural com o aumento da liberação de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis e as queimadas. Dentre as fontes naturais de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, estão os vulcões. Segundo o Instituto de Estudos Avançados do Centro Técnico Aeroespacial do Brasil, a taxa atual de emissão por vulcões está em torno de 500 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, enquanto a emissão por combustíveis fósseis é de 22 bilhões de toneladas anuais.

## ÁLCOOL, O COMBUSTÍVEL VERDE

Você certamente conhece alguém que tem ou já teve um carro movido a álcool, e sabe que esse combustível é produzido a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). Por muito tempo, representou para nós, brasileiros, a não-dependência do mercado externo de combustíveis à base de petróleo.

Não custa lembrar que álcool é o nome genérico de várias substâncias que possuem grupos hidroxila (-OH) ligados a um átomo de carbono. O álcool que produzimos como combustível é o etanol, proveniente da cana-de-açúcar. O combustível é composto de 96% de etanol e 4% de água. É também adicionado à gasolina (25%) como substituto do chumbo, utilizado em outros países. A mistura de gasolina com álcool garante a diminuição dos níveis de poluição.

## A CANA-DE-AÇÚCAR

Classe: Monocotiledonea

Ordem: Cyperales

Família: Poaceae

A cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) foi introduzida na América, a princípio, como planta ornamental. No Brasil, inicialmente foi utilizada para fazer garapa (quem nunca experimentou um caldo de cana geladinho?) e, posteriormente, açúcar e aguardente.

Durante o processamento da cana para a obtenção de açúcar e álcool, são geradas toneladas de bagaço, que é utilizado como combustível em caldeiras geradoras de energia elétrica.

O calor é necessário para o processamento da cana, e as caldeiras das unidades industriais podem ser alimentadas com o próprio bagaço da cana, que é produzido durante o processamento. Assim, as unidades industriais tornam-se auto-suficientes na produção de energia.

🗣️ Por que o álcool é chamado de combustível verde?

🗣️ Porque o carro a álcool polui apenas 30% do total de poluição provocado por um carro a gasolina. Além disso, a cana-de-açúcar é um recurso renovável e, como os demais vegetais, absorve gás carbônico da atmosfera para seu crescimento, desenvolvimento e manutenção da vida.

## O PROGRAMA NACIONAL DO ÁLCOOL (PROÁLCOOL)

Henry Ford já dizia, em 1925, que o álcool era o combustível do futuro. Em 1975, após uma crise do petróleo, o governo brasileiro, financeiramente incapaz de importar petróleo pelos preços altíssimos estabelecidos pelo cartel da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), criou programas visando à substituição do diesel e da gasolina por outras fontes de energia. O álcool foi considerado, então, um substituto ideal para a gasolina. Os dirigentes do nosso país ofereceram subsídios e isenção de impostos aos usineiros para que estes transformassem cana em etanol.

Foram financiadas estradas, destilarias e postos compatíveis com o combustível verde. Os fabricantes de veículos foram estimulados a produzir carros movidos a etanol.

Assim, em 1979, foram lançados no mercado automobilístico modelos especialmente criados para utilizarem o álcool como combustível. Estes carros chegaram a constituir mais de 90% da produção das montadoras em 1984.

No entanto, no final da década de 1980, o preço do petróleo caiu e o do açúcar aumentou, de forma que a sua exportação passou a ser mais lucrativa do que a produção de etanol. O governo, então, reduziu os subsídios.

Os motoristas passaram a ter dificuldade em encontrar álcool nos postos e voltaram a usar os carros movidos a gasolina. A participação dos carros a álcool no mercado começou a cair vertiginosamente.

Atualmente, os preços dos barris de petróleo não param de aumentar. Além disso, existem no país milhões de hectares plantados com cana-de-açúcar. O nosso país é o maior produtor mundial de açúcar, e o preço do álcool é, aproximadamente, a metade do preço da gasolina.

Como você já deve ter visto nos jornais e na TV, o álcool continuou a ser produzido após o baque inicial da retirada dos estímulos governamentais, e, após duas décadas, a indústria se reestruturou. Atualmente, cresce a produção de veículos movidos a álcool e gasolina, os chamados veículos com motores flexíveis. Eles constituem quase 39% dos carros fabricados em 2005, e a tendência é que essa participação no mercado aumente.

## O PROTOCOLO DE QUIOTO

Na aula de *commodities*, foi citado o Protocolo de Quioto.

- Do que se trata mesmo?
- Trata-se de um acordo internacional que estabelece metas para o controle da emissão dos gases poluentes responsáveis pelo aumento do efeito estufa.

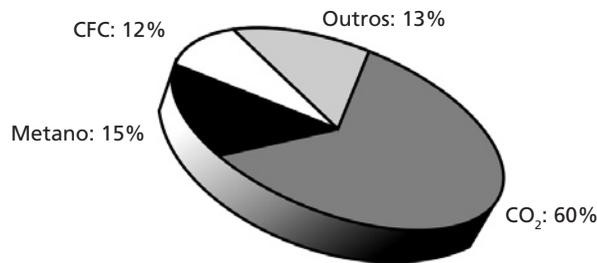
Os países desenvolvidos signatários deste protocolo devem reduzir as emissões de gases, no período entre 2008 e 2012, em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990. O protocolo não prevê a redução da emissão de gases por países em desenvolvimento, como o Brasil. Já está em vigor após a adesão da Rússia, em 2004, que fez com que o acordo conseguisse o número mínimo de signatários. Os Estados Unidos

abandonaram o protocolo, apesar de responderem por cerca de 25% da emissão desses gases que agravam o efeito estufa. O presidente George W. Bush afirmou que o acordo seria prejudicial à economia do país.

🗨️ Quais são os gases que devem ser reduzidos?

🗨️ O principal é o gás carbônico, que é liberado por carros ou indústrias que usam carvão ou petróleo como combustível. Ele é o principal causador do efeito estufa. Além dele, devem ser reduzidos os gases metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorcarbono (HFC), perfluorcarbono (PFC) e hexafluor sulfúrico ( $\text{SF}_6$ ). O HFC e o PFC são os denominados clorofluorcarbonos (CFC).

No **Gráfico 9.1**, você verá a contribuição relativa de diferentes gases na produção do efeito estufa.



**Gráfico 9.1:** Demonstrativo da contribuição relativa de alguns gases para o aumento do efeito estufa.



O gás metano é produzido pela decomposição de matéria orgânica em ausência de oxigênio. Esse processo ocorre durante a digestão de ruminantes, cultivo de arroz em áreas alagadas, decomposição de resíduos em zonas de aterros sanitários e industriais, dentre outros. O metano é mais efetivo do que o gás carbônico como gás estufa. Porém, como ocorre na atmosfera em quantidades bem menores, e como permanece na atmosfera bem menos tempo que o  $\text{CO}_2$ , está em segundo lugar em contribuição para aumento do efeito estufa. O metano pode ser utilizado como combustível, é o gás natural. Você já deve ter ouvido falar em automóveis movidos a gás, não é mesmo?

## O PROÁLCOOL E A BALANÇA COMERCIAL

O álcool pode ser obtido a partir de outras culturas além da cana-de-açúcar. Por exemplo, nos Estados Unidos, ele é derivado do milho, pois essa cultura tem grande importância naquele país. No início do Proálcool, buscou-se contemplar o setor produtor de cana ao mesmo tempo que se procurou substituir a gasolina. Com isso, desenvolvemos uma tecnologia mais barata que a americana para produção de álcool. Porém, para que o Brasil possa assumir importância mundial na produção de álcool para combustíveis, é preciso aumentar muito nossa produção atual.

Para você ter uma idéia, para a substituição de 10% da gasolina por álcool no mundo, será preciso produzir cerca de 150 bilhões de litros. Se o Brasil quiser atender dois terços dessa demanda e liderar o mercado mundial, nossa produção terá de ser cerca de cinco a seis vezes maior. Em termos de área agrícola dedicada ao plantio da cana, isso equivaleria a um incremento semelhante. Porém, isso não seria indicado, já que o impacto ambiental com tamanha devastação é enorme.

É fundamental avaliar as conseqüências ambientais decorrentes de grandes planos nacionais como esse e, a exemplo do que vem ocorrendo com o plantio de soja em detrimento de vastas áreas de cerrado e floresta, evitar que um novo Proálcool represente um custo ambiental demasiadamente alto.

Mais áreas agrícolas dedicadas ao plantio da cana podem ser criadas substituindo outras culturas menos rentáveis, inclusive as pastagens, e até utilizando áreas com solos degradados a partir do desenvolvimento de novas variedades de cana.

Além da perda da biodiversidade por causa da monocultura da cana-de-açúcar, existem outros riscos ambientais, como a poluição do curso dos rios, uma vez que as usinas lançam vários produtos poluentes no solo (solução cáustica usada na lavagem da cana, detergentes e anticorrosivos usados na manutenção dos equipamentos), e o aumento do uso de agrotóxicos.

Outro fator importante é a matéria-prima para obtenção de álcool. As principais fontes são o açúcar da cana e o amido do milho. Mas a matéria-prima mais abundante para isso são os resíduos de culturas como cana, milho, arroz e soja. Uma tecnologia que converta, por exemplo, a fibra da cana ou a casca do arroz em álcool contribuirá enormemente



#### COMENTÁRIO

*Você viu anteriormente que o Proálcool passou por maus momentos após a retirada dos subsídios do governo. Porém, embora a principal matriz energética do mundo continue sendo o petróleo, as preocupações mudaram após a constatação de que havia uma mudança climática acontecendo. A comunidade científica concluiu que o aquecimento do planeta deve-se ao aumento da emissão de poluentes produzidos pela queima de combustíveis fósseis e vem alertando governantes e população das conseqüências eminentes. Vimos também que nosso país detém, há muito, tecnologia para produção de veículos movidos a álcool, além de espaço e condições para o plantio da cana-de-açúcar. Recentemente, foi também desenvolvida, em nosso país, tecnologia para a produção de motores flexíveis. Estão em andamento pesquisas visando misturar álcool ao diesel. No passado, o Proálcool surgiu como uma solução aos preços proibitivos dos barris de petróleo. O programa permitiu que fôssemos os pioneiros no desenvolvimento de tecnologia para a produção em larga escala de álcool combustível e de veículos movidos a álcool. Atualmente, a preocupação com o efeito estufa atinge países do Primeiro Mundo, como o Japão e países do bloco europeu, os quais se comprometeram, através do Protocolo de Quioto, a reduzir a emissão de gases poluentes. Esse contexto é favorável para que nosso país se torne o maior exportador mundial de combustíveis renováveis e pouco poluentes como o álcool, o qual se torna, portanto, uma promessa para o futuro. Não se esquecendo dos veículos com motores flexíveis, o Brasil pode, inclusive, oferecer essa tecnologia a outros países. Outra forma de reduzir a emissão de gases poluentes é a adição de biodiesel, conforme veremos mais adiante.*

## O BIODIESEL

O motor a diesel foi criado em 1895 pelo Dr. Rudolf Diesel (Figura 9.1) e desenvolvido para que pudesse rodar com vários tipos de óleo, incluindo os de origem vegetal. O chamado óleo diesel, como o conhecemos, foi produzido pela indústria petrolífera. Este era mais barato que os outros combustíveis e passou a ser amplamente empregado. Como o petróleo era abundante e seus derivados baratos, a utilização de óleos vegetais como combustível foi relegada a segundo plano.



Figura 9.1: Rudolf Diesel.

Biodiesel é o produto da reação química entre um óleo vegetal e um álcool, como etílico ou metílico, na proporção de 1:3. Durante a reação, conhecida por transesterificação ou alcoólise, os triglicerídeos que compõem o óleo são convertidos em ácidos graxos e depois em ésteres de ácidos graxos (Figura 9.2).

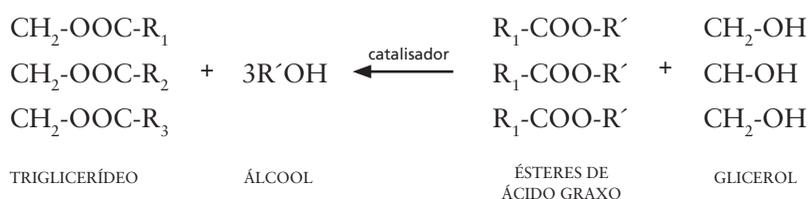


Figura 9.2: Transesterificação de triglicerídeos com álcool. R = grupos alquila.

## O PRÓ-ÓLEO

Após as sucessivas crises do petróleo, o mundo começou a buscar combustíveis alternativos. No Brasil, além do Proálcool, também foi criado o programa de óleos vegetais (pró-óleo) no final da década de 1970. O Brasil iniciava estudos para desenvolver combustíveis de óleos

vegetais. Porém, o programa não teve o mesmo sucesso e repercussão do Proálcool.

A Comunidade Econômica Européia obteve sucesso na pesquisa de combustíveis alternativos vegetais, como o biodiesel de óleo de canola, que é a matéria-prima mais utilizada naquele continente. Na Malásia, o biodiesel foi produzido a partir de palma e nos Estados Unidos, com soja.

Atualmente, pelos motivos já expostos nesta aula, há um retorno à preocupação, em nosso país, de produzir óleo vegetal para ser utilizado como combustível em motores (biodiesel).

O biodiesel pode ser produzido a partir de uma série de óleos extraídos de vegetais, como por exemplo, girassol, nabo-forrageiro, algodão, mamona, soja, canola, babaçu, dendê e pinhão-manso. Pode ser utilizado como combustível puro ou misturado ao diesel de petróleo em diferentes concentrações, conforme sugere o protocolo de Quioto.

## **BENEFÍCIOS PROPORCIONADOS PELA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO BIODIESEL**

– Algumas plantas com sementes oleaginosas podem ser cultivadas em solos menos produtivos e com baixo custo através de modelos de agricultura familiar.

– Para a produção de óleo de babaçu, não é necessário derrubar a floresta para fins agrícolas. Basta retirar os frutos das plantas que já existem. Os babaçuais também podem ser plantados em solos pouco férteis, condenados, muitas vezes, à desertificação.

– As plantas utilizam o CO<sub>2</sub> atmosférico; assim, o CO<sub>2</sub> produzido pela queima do biodiesel é aproveitado e não causa aumento da concentração atmosférica.

– A produção de biodiesel favorece a geração de empregos no setor primário, contribuindo, assim, para estabilizar o crescimento populacional nas grandes cidades.

– O biodiesel é mais fácil de transportar e armazenar que o diesel de petróleo, por apresentar baixo risco de explosão.

– Não é necessária a adaptação de motores para a utilização do biodiesel.

– A utilização de biodiesel reduz a emissão de partículas e de enxofre dos escapes dos motores a diesel.

## DESAFIOS PARA O USO DOS BIODIESEL

Embora já existam veículos que utilizam biodiesel no Brasil e no exterior, ainda existem algumas limitações técnicas para seu uso direto ou em mistura com o diesel, pois os resultados práticos não são considerados inteiramente satisfatórios. Dentre os principais problemas, estão a alta viscosidade, acidez, presença de gomas formadas por oxidação e polimerização durante a estocagem. Em função disso, diversos estudos estão sendo realizados, e inúmeros resultados promissores já foram obtidos.

## O BABAÇU, UMA PLANTA NATIVA

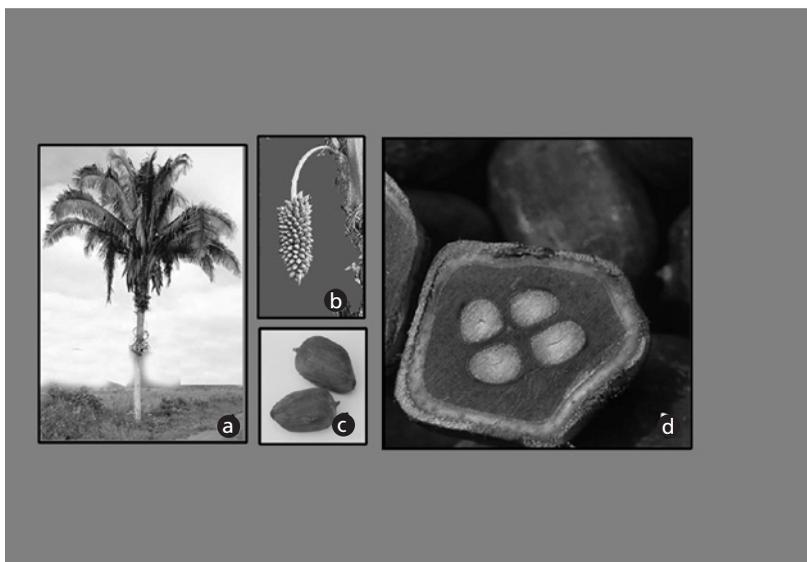
Classe: Monocotiledonea

Ordem: *Arecales*

Família: *Arecaceae*

*Orbignya speciosa* é uma palmeira que ocorre espontaneamente na região amazônica e na Mata Atlântica na Bahia, enquanto a *Attalea apoda* ocorre na Zona da Mata de Minas Gerais. Seus frutos possuem sementes oleaginosas. A palmeira apresenta grande velocidade e capacidade de regeneração, sendo a primeira a surgir após as queimadas. Além disso, multiplica-se por sementes, as quais são extremamente resistentes aos predadores, devido à dureza do fruto.

Cada fruto possui de três a cinco sementes, que são extraídas manualmente em um sistema tradicional (**Figura 9.3**). A extração e a comercialização de sementes, nas regiões onde o babaçu ocorre, constituem o sustento de grande parte da população interiorana que não possui terras, geralmente envolvendo o trabalho de mulheres, as quebradeiras, acompanhadas de suas crianças.



**Figura 9.3:** Babaçu: (a) palmeira; (b) infrutescência; (c) fruto; (d) fruto aberto com quatro sementes.

Como o dendê e o buriti, as sementes de babaçu apresentam alta concentração de gorduras com aplicação alimentícia ou industrial. Os principais destinatários das sementes do babaçu são as indústrias locais que produzem óleo cru a partir do esmagamento das sementes. O óleo é utilizado na fabricação de sabão e glicerina, além de óleo comestível, parte do qual é transformado em margarina. É utilizado, ainda, para a produção de ração animal.

### **OUTROS USOS DO BABAÇU**

Além do óleo, as populações regionais utilizam inteiramente a planta do babaçu:

- as folhas são a matéria-prima para a fabricação de cestos, abanos, peneiras esteiras etc., além de telhados;
- durante a seca, servem de alimento para a criação de animais;
- o estipe (caule) do babaçu é usado em marcenaria e, quando podre, serve de adubo;
- as palmeiras jovens fornecem palmito;
- o vinho de babaçu é apreciado regionalmente;
- as amêndoas verdes raladas e espremidas com um pouco de água em um pano fino fornecem um líquido com propriedades nutritivas.



## CONCLUSÃO

O nosso país possui potencial para tornar-se auto-suficiente na produção de combustíveis produzidos a partir da biomassa vegetal, e ser um grande exportador dos mesmos. É importante, porém, que sejam estimuladas pesquisas visando ao aproveitamento sustentável de nossa enorme diversidade vegetal, bem como o estímulo à produção de novas tecnologias adaptadas à nossa riqueza genética.

## ATIVIDADE FINAL

Você acha que os programas governamentais para estimular a produção de álcool e biodiesel devem ter planejamento conjunto? Por quê?

---

---

---

---

---

---

### COMENTÁRIO

*Você deve se lembrar de que o biodiesel é composto por ésteres graxos produzidos por reação de transesterificação de triglicerídeos com álcool, na proporção de 1:3, em presença de um catalisador. A reação de transesterificação pode ser realizada com etanol, que é um produto abundante no Brasil, com menor grau de toxidez e de poluição. Assim, ambos os programas devem ser concebidos levando em consideração a demanda total de álcool (misturado ou não à gasolina) mais a produção de biodiesel para o mercado interno e externo.*

## RESUMO

Durante muitos anos, acreditou-se que o petróleo era um bem inextinguível. A mudança desse paradigma com as sucessivas crises do petróleo, que fizeram com que o preço desse bem disparasse, aliada à percepção do agravamento do efeito estufa, em grande parte causado pela queima de combustíveis fósseis (que gera

o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico), promoveram uma demanda no mundo por pesquisas voltadas para a produção de combustíveis alternativos. No Brasil, temos como exemplo de sucesso o atual domínio da tecnologia para a produção de álcool – o combustível verde – menos poluente que o petróleo, a partir da cana-de-açúcar, abundante em nosso país. Estamos agora voltando nossas atenções, também, para a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais. O biodiesel adicionado ao diesel de petróleo torna-o também menos poluente. Assim, temos o potencial para tornarmo-nos grandes exportadores desses produtos obtidos a partir de nossos seres clorofilados.

### **INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Você aprenderá o conceito de telhado verde e suas vantagens nas edificações urbanas. Veremos, ainda, suas vantagens para a sociedade e o meio ambiente urbano.



# Telhado verde, o fim do calor e das enchentes

# AULA 10

## Meta da aula

Apresentar o conceito de telhado verde e as vantagens de sua inclusão nas edificações urbanas.

## objetivos

Esperamos que, após a realização das experiências propostas, você seja capaz de:

- descrever telhado verde e sua importância para a sociedade e para o meio ambiente urbano;
- identificar as vantagens de preceitos ecológicos na arquitetura urbanística.

## INTRODUÇÃO



### LE CORBUSIER

Nasceu em 1887, era suíço, naturalizado francês, e foi um dos maiores arquitetos do século XX. Na verdade, seu nome é Charles-Edouard Jeanneret. Le Corbusier foi um pseudônimo adotado por ele, e é como ele ficou conhecido mundialmente. Ele realizou projetos na França e em vários lugares do mundo, inclusive no Brasil. Seus projetos possuíam algumas características marcantes, que ele descreveu como os cinco pontos essenciais para uma nova arquitetura. São eles:

1. edifícios com sustentação sobre pilares, os pilotis, deixando a parte abaixo do edifício livre;
2. os edifícios deveriam apresentar os jardins nos telhados, também chamados terraços-jardins;
3. o térreo era aberto, a sustentação não precisava mais das paredes;
4. uma faixa de janelas deveria acompanhar todo o comprimento da fachada do edifício;
5. as fachadas eram simples, mas tratadas esculturalmente, utilizando o cimento armado.

Com certeza, você já ouviu falar dos Jardins Suspensos da Babilônia. Esses jardins são muito famosos em todo o mundo e, apesar de não sabermos se realmente existiram, são considerados uma das sete maravilhas do mundo antigo.

Acredita-se que os jardins foram construídos por Nabucodonosor, rei da Babilônia, por volta de 600 a.C. Ele os teria construído para deixar sua esposa mais feliz. Ela, que era persa, sentia falta do relevo e da vegetação a que estava acostumada.

Hoje, temos uma idéia de como seriam esses jardins somente por descrições em escritos históricos. Essas magníficas construções possuíam plataformas em diferentes alturas, construídas com tijolos de barro e revestimento de betume, uma espécie de asfalto. A Babilônia era uma região árida e, para levar água para o jardim, foram construídos mecanismos para trazer água do rio Eufrates. Para compor essa maravilha, existiam fontes de água, esculturas, e vegetação exuberante, inclusive árvores.

Com certeza, a rainha ficou muito feliz com o presente! É uma pena não podermos ver essa fantástica construção hoje.

Possuímos, entretanto, algumas maravilhas da arquitetura ao nosso alcance, e pode-se dizer que os “jardins suspensos” estão na moda. Hoje são chamados de jardins no telhado, terraços-jardins ou telhados verdes. Você já vai entender o que é isso!

## TERRAÇOS-JARDINS NO RIO DE JANEIRO

O prédio do Ministério da Educação e Cultura (MEC), no centro da cidade do Rio de Janeiro, foi projetado de acordo com o que **LE CORBUSIER** considerava importante. A equipe de planejamento da obra contava com grandes nomes da arquitetura, como Oscar Niemeyer e Lucio Costa. Os jardins no telhado foram planejados por **BURLE MARX**, que ganhou grande notoriedade após esse projeto. Inaugurado em 1945, é uma das construções modernas mais importantes do país.



### ROBERTO BURLE MARX

Nasceu em 1909 em São Paulo. É o paisagista brasileiro mais famoso, inclusive internacionalmente. Burle Marx foi o autor de diversos projetos, além dos jardins do prédio Gustavo Capanema, onde se encontra o MEC. Também são dele os projetos dos jardins da praia de Botafogo, do Aterro do Flamengo e dos jardins do Museu de Arte Moderna (MAM) do Rio de Janeiro. Ele também é o autor dos jardins da Pampulha em Minas Gerais, do Parque do Ibirapuera em São Paulo, dentre muitos outros projetos no Brasil e em outros países.



**Figuras 10.1.a e b:** Terraço-jardim do Museu de Arte Moderna (MAM) situado no Aterro do Flamengo, Rio de Janeiro, RJ.

## NATURAÇÃO

Atualmente, existe um conceito amplo, o da naturalização, que consiste em trazer a natureza de volta ao foco principal. Assim, existe a tentativa de transformar edificações urbanas em áreas verdes, buscando melhores condições de vida, de forma econômica e sustentável.

Os jardins no telhado, ou telhados verdes, são uma parte importante desse processo e se tornaram mais comuns nas cidades. Esse aumento é impulsionado pela necessidade de construções que reduzam a agressão ao meio ambiente.

Os telhados verdes trazem muitos benefícios, não só para os moradores da residência que possui esse telhado, mas, também, para a população da região.

🔒 Pense um pouco e veja se você saberia dizer quais são as vantagens de um telhado verde.

🔒 Eles permitem uma ampliação da área vegetal nas cidades, a diminuição de enchentes (captação de água da chuva), além de amenizar o calor da residência.

## VANTAGENS DE UM TELHADO VERDE

### Ampliação da área vegetal

A existência de áreas verdes, em locais onde antes havia apenas concreto, aumenta a área de cobertura vegetal nas cidades, trazendo benefícios para todos:

- a poluição é reduzida, já que as partículas de impurezas do ar tendem a ser retidas na vegetação;
- aumento da área recreacional útil nas cidades;
- aumento da biodiversidade nas cidades com retorno de animais, como pássaros e insetos.

### Redução da frequência de enchentes

É engraçado pensarmos que os babilônios utilizavam uma espécie de asfalto para impermeabilizar suas construções, e que nós utilizamos o mesmo material nas ruas de nossas cidades, impedindo o escoamento da água. Assim, começamos a entender por que sofremos com enchentes e inundações. Além do asfalto, as próprias construções impedem o bom escoamento da água.

🔒 Você consegue imaginar como o telhado verde pode diminuir esse problema?

🔒 A cobertura vegetal permite que um maior volume de água seja absorvido e mais lentamente drenado, o que reduz o despejo de grandes volumes de água no sistema de escoamento das cidades em curto espaço de tempo. A água da chuva pode, ainda, ser aproveitada na própria residência, sendo utilizada na limpeza geral ou na descarga de vasos sanitários, reduzindo os gastos com água e ainda reutilizando este recurso tão necessário.

Algumas cidades, como Chicago, nos Estados Unidos, já estão tentando demonstrar que a presença de telhados verdes reduz os problemas de inundação.

### Redução da temperatura da construção

A existência de uma área verde na parte superior da casa ou nas paredes laterais ameniza a temperatura do interior. Isso porque a presença da vegetação reduz a insolação da casa, produzindo um efeito de resfriamento no verão e também diminuindo a perda de calor no inverno. Assim, existe também uma redução dos gastos com energia, já que reduz a utilização de aparelhos de ar condicionado e aquecedores.

Além de todas essas vantagens, os telhados verdes também são responsáveis por:

- Realizar um isolamento acústico – o substrato e a vegetação reduzem a passagem de ruídos externos para o interior dos prédios, o que é extremamente funcional nas grandes cidades. Estima-se que um telhado verde com uma camada de substrato de aproximadamente 12cm pode reduzir 40 decibéis, e uma camada de aproximadamente 20cm, cerca de 46-50 decibéis ([www.greenroofs.org](http://www.greenroofs.org)).

- Aumentar o valor da propriedade – a construção de uma área verde em uma propriedade aumenta o valor desta, e o mesmo ocorre com os telhados verdes. Porsch e Köhler estimam que, em São Paulo, a presença de telhados verdes aumente o valor anual do aluguel em US\$200 por m<sup>2</sup>.

- Produção de plantas de interesse comercial – o telhado pode ser aproveitado para a produção de espécies interessantes economicamente como alimentos, flores e ervas. Um hotel em Vancouver (Canadá) produz alguns desses produtos utilizados em sua cozinha e consegue economizar cerca de US\$30.000 por ano com esses custos ([greenroofs.org](http://greenroofs.org)).

### ATIVIDADE



1. Suponha que você tenha sido consultado sobre a inclusão de áreas verdes no seu condomínio, que possui uma área relativamente pequena em torno dos prédios. Não deixe de listar os profissionais que terão de fazer parte da equipe, caso seja realizada a obra e suas vantagens.

---

---

---



*resposta algumas das seguintes vantagens, acertou: os telhados proporcionam um aumento da área de lazer, diminuem enchentes, permitem isolamento acústico e térmico, aumentam o valor da propriedade e reduzem os gastos com energia.*

## CONSTRUÇÃO DE TELHADOS VERDES

Para se fazer um telhado verde, aplica-se uma cobertura vegetal sobre a construção, tomando-se as medidas necessárias para evitar danos ao edifício, como por exemplo, uma camada impermeabilizante que impeça a passagem de água.

### A construção de um telhado verde

#### A preparação

Uma das maiores preocupações deve ser com a impermeabilização do telhado. Sem uma boa camada de isolamento, podem ocorrer infiltrações e invasão das raízes. Para evitar esses problemas, são utilizados diversos materiais. O PVC, embora não seja considerado um produto ecológico, em razão de sua linha de produção, torna-se uma alternativa interessante, à medida que protege bem contra infiltrações e invasões por raízes e é muito durável, dispensando, assim, o uso de mais de um material para proteção. Pode-se, também, utilizar mantas próprias para jardineiras e até asfalto! Aconselha-se evitar árvores com raízes fortes e profundas.

Observe a figura a seguir com as camadas que constituem um telhado-jardim.

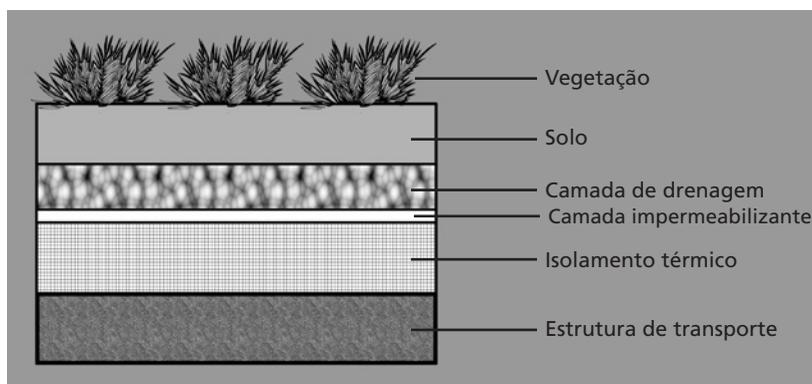


Figura 10.2: Perfil esquemático de um telhado verde.

### As plantas

O ambiente criado no teto-jardim é mais hostil do que o de jardins comuns, já que as plantas são submetidas à intensa insolação e ventos fortes constantes. A quantidade de substrato também é pouca, já que não costuma ultrapassar 50cm de altura, e também é baixa a disponibilidade de nutrientes devido às chuvas e regas que carregam os nutrientes.

Para minimizar todas essas dificuldades, é necessário pensar muito bem quais espécies utilizar. As plantas devem ser resistentes a essas situações de estresse constante, por isso, é comum a utilização de plantas que naturalmente já ocupam ambientes mais hostis, como os terrenos arenosos das restingas, costões rochosos e caatinga, assim como plantas que melhoram a fertilidade do solo.

São, freqüentemente, utilizadas plantas de famílias comuns nessas regiões como: Bromeliaceae, Cactaceae, Crassulaceae, Orquidaceae, Verbenaceae e Leguminosae. Você deve conhecer a maior parte destas famílias botânicas, afinal, são comuns na jardinagem. Visite o *site* de Botânica II para ver alguns desses exemplares ([http://geocities.yahoo.com.br/bot2\\_cederj](http://geocities.yahoo.com.br/bot2_cederj)).

### A manutenção

Apesar de todas as precauções, como em qualquer construção, podem ocorrer infiltrações. É preciso, portanto, atenção para remediar esses problemas.

O telhado-jardim pode requerer rega constante; para isso, pode-se recorrer à rega manual ou a um sistema de irrigação que pode, inclusive, reutilizar a água da chuva. Além disso, como já foi dito anteriormente, as plantas sofrem com a perda de nutrientes. A escolha de plantas que naturalmente melhoram a qualidade do solo, como as leguminosae, é uma opção interessante. Pode ser necessário, também, recorrer à adubação para contornar esse problema.

### Os custos

Os telhados verdes requerem a presença de um profissional da arquitetura, além dos custos com a construção, a impermeabilização, as plantas e a manutenção.

Os custos para se fazer telhados verdes são mais altos do que os de construções comuns, mas compensam a longo prazo. Como já foi visto, são reduzidos os gastos com energia, água, além de muitos outros benefícios.

Se você se interessou pelo assunto desta aula, pode procurar mais informações na internet. Se você souber ler em inglês, aí vai uma dica:  
- [www.greenroofs.com.br](http://www.greenroofs.com.br)  
Você também pode encontrar algumas informações em português no seguinte endereço:  
- [www.ivig.coppe.ufrj.br](http://www.ivig.coppe.ufrj.br)

## CONCLUSÃO

O telhado verde tem grande potencial para ser utilizado em áreas urbanas. Essa idéia poderia ser incentivada pelo governo por meio de créditos para construção civil e redução de impostos, já que os benefícios se estendem a todos. O barateamento dos custos de material poderia ser outra forma de permitir que mais pessoas pudessem dispor de um telhado verde, e assim melhorar a qualidade de vida nas cidades.

## RESUMO

Os telhados-jardins se apresentam como uma ótima idéia para contornar problemas urbanos como inundações e ausência de espaços verdes. Além de trazer benefícios para a cidade como um todo, os moradores também se beneficiam com esse tipo de cobertura, pois dispõem de uma área de lazer, gastam menos com energia e água e têm seu imóvel valorizado.

A construção de um telhado verde requer algumas preocupações, como a camada de impermeabilização, as plantas e também a posterior manutenção. O gasto inicial é maior do que o de construções comuns, mas são compensados a longo prazo.

### ATIVIDADES FINAIS

Visite a página da Ecohouse na Urca/RJ, construída pela arquiteta Alexandra Lichtenberg ([www.ecohouse.com.br](http://www.ecohouse.com.br)). Navegue pela página e perceba como uma construção bem planejada pode gerar menos impacto ao ambiente.

Observe como essa casa foi construída:

1. Descreva resumidamente como essa casa foi planejada e quais os objetivos da arquiteta ao construí-la.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Descreva, também, o telhado-jardim, respondendo a esses dois pontos:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2.1. Como ele foi feito?

---

---

---



– A água da chuva é captada em um tanque e utilizada como água não-potável.

– A água de esgoto é tratada em uma pequena estação e é despejada no sistema de esgoto, e poderá vir a ser utilizada como água não-potável, após serem realizados testes microbiológicos.

– Para arejar a casa, foram feitas grandes janelas e um corredor de passagem de ar.

– Existem espaços planejados que permitem a entrada da iluminação natural, e a iluminação artificial é feita com lâmpadas fluorescentes que são mais econômicas.

O projeto visa ao desenvolvimento sustentável e testa, na prática, a viabilidade de uma residência projetada que economiza energia e água, sem perder o conforto.

2.1. O telhado verde foi construído de forma a evitar infiltrações, utilizando-se uma manta asfáltica e argamassa impermeáveis e uma camada de garrafas PET com argila para acumular a água.

As plantas utilizadas são resistentes a períodos de seca e insolação excessiva, e possuem raízes curtas.

2.2. As vantagens para os moradores são principalmente:

– Redução da insolação, que abaixa a temperatura interna em até 10°C, diminuindo os gastos (cerca de 25%) com refrigeração.

– Produz um efeito de isolamento acústico.

– É um espaço para lazer e para uma pequena horta.

– Valoriza o imóvel.

## **INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, “Harmonia e beleza nos jardins”, você verá como a escolha de plantas para compor jardins é feita. Vamos conhecer países onde o paisagismo é uma arte milenar e um pouco da evolução dos jardins.

## Harmonia e beleza nos jardins

AULA

# 11

### Meta da aula

Apresentar a história, a evolução e os tipos de jardins.

## objetivos

Esperamos que, após a realização das atividades propostas, você seja capaz de:

- descrever como se deu a evolução dos jardins, relacionando com a história da sociedade;
- definir paisagismo e entender a importância das plantas em um jardim;
- definir como se escolhem plantas para compor os jardins.

## INTRODUÇÃO

Vamos começar esta aula recordando um pouco sobre os primeiros vegetais que conquistaram o meio terrestre. Essas primeiras plantas tiveram de se adaptar ao ambiente mais seco, rigoroso e desfavorável que é a atmosfera. Por isso, tiveram de desenvolver adaptações tanto morfológicas como fisiológicas para enfrentar esse problema. São as briófitas, vulgarmente denominadas musgos, vivendo na sua maioria em locais úmidos, ainda ligados à água, como seus ancestrais.

No Japão, os musgos são usados tradicionalmente na composição de jardins. Os monges zen-budistas que viveram há milhares de anos apreciavam o crescimento espontâneo desses vegetais nos jardins de seus templos. Eles acreditavam que havia uma espécie de comunicação entre os monges e os musgos durante o ritual das venerações da fé do Zen.

No jardim japonês, a espécie mais amplamente plantada é *Polytrichum commune*, que ajuda a contemplar a natureza e compreender melhor os conceitos mais profundos da filosofia do Zen. Nesses jardins, os princípios mais significativos são a não valorização da simetria, da naturalidade, da harmonia e da simplicidade, os quais se traduzem em sensações de paz, tranquilidade e serenidade. Os jardins japoneses são exemplos de prazeres espirituais.

### JARDIM

É definido por alguns autores como um local da natureza onde houve intervenção humana.

🔒 Feche os olhos e imagine um **JARDIM**. O que você pensou? Quais as sensações associadas a essa lembrança?

🕒 Você pode ter lembrado de algum jardim agradável, de um lugar que você tenha visitado e gostado muito ou até mesmo do jardim de sua casa.

Mas, independentemente disso, as sensações estão relacionadas sempre ao prazer. Esse prazer pode ser físico, como o proporcionado pelos sentidos, tais como a beleza ou um cheiro agradável, ou ainda espiritual, conforme exemplificaremos.

## AS BRIÓFITAS NAS FLORESTAS E JARDINS

Se você for à Floresta da Tijuca, ou qualquer outra floresta poderá observar que há um tapete de musgos que serve como um despertador da sensibilidade humana. Ele apresenta uma riqueza de cores indo do verde claro – como as espécies do gênero *Leucobrium* – até o verde mais escuro, como é o caso do gênero *Polytrichum* (Figura 11.1).



**Figura 11.1:** *Polytrichum* do Parque Cremerie em Petrópolis em vista geral (a) e em maior detalhe (b).

No estado do Rio de Janeiro, se você der um passeio no Parque Cremerie em Petrópolis, observará que os espaços, normalmente preenchidos por gramado, são substituídos por musgos (**Figura 11.1.b**), o que visualmente é muito harmonioso com a paisagem local.

Além disso, esses musgos cobrem o substrato dos **bonsais**, outro tipo de jardim japonês em miniatura. Além de ornamentá-los, esses musgos servem como elementos que mantêm o substrato úmido para esses bonsais. É comum também encontrarmos nos mercados musgos retendo a umidade para as plantas insetívoras, muitas vezes chamadas de forma equivocada de carnívoras, como a *Dionea*, *Nepenthes*, *Drosera* etc. Além disso, os musgos também são comumente encontrados com as plantas da família Orchidaceae.

## COMO FAZER UM BONSAI?

A palavra bonsai refere-se ao cultivo de árvores plantadas em bandejas. A seguir, você verá como fazer.

### *Itens necessários*

- tesoura afiada (se possível, uma pequena e uma grande);
- fios de cobre de diversas espessuras;
- alicate para corte de arames;
- um pedaço de tela de *nylon*;
- *Hashi* (os “pauzinhos” da comida japonesa!) com pontas (que podem ser feitas com um apontador) ou espetos de churrasco;
- terra preta;
- argila (preferivelmente em flocos de aproximadamente 0,5 cm);
- areia peneirada;
- pedras pequenas;
- uma muda de planta de caule lenhoso, folhas pequenas e com copa cheia.

### *Como fazer*

1. Observar fotos ou árvores na natureza e identificar padrões na forma do tronco, dos galhos e da copa.
2. Podar a parte aérea da muda, buscando formas similares a árvores naturais observadas (a muda deve ser preparada antes do plantio definitivo no vaso ou bandeja).
3. Usar os fios de cobre para simular o efeito da gravidade sobre os galhos mais velhos.
4. Preparar o substrato: uma parte de terra preta, uma parte de argila e duas partes de areia.
5. Preparar o vaso definitivo:
  - coloca-se um pedaço de tela de *nylon* sobre o orifício de drenagem do vaso;
  - cobre-se o fundo do vaso com pequenas pedras ou com o substrato preparado.
6. Transplantar a muda para o vaso definitivo:
  - remoção do saco ou vaso em que a muda foi vendida;
  - remoção do excesso de terra com auxílio dos *hashis* até que a planta caiba no vaso definitivo (com muito cuidado para não danificar mais raízes do que o necessário);

- poda de parte das raízes;
- acomodação da planta sobre o vaso devidamente preparado;
- preenchimento dos espaços vazios com o substrato (sempre empurrando com o *hashis* para que a planta não fique frouxa);
- leve pressão com as mãos sobre o vaso completamente cheio pelo substrato.

### Observações

Após esses passos, a planta deverá ser regada com muito cuidado para que a terra não saia pelas bordas. Isso pode ser feito por imersão do vaso em uma bacia com água até um nível inferior à altura do vaso. O vaso é retirado da água quando o substrato estiver completamente molhado.

Se a remoção de raízes for muito drástica, recomenda-se podar o máximo possível da parte aérea, a fim de diminuir as taxas de transpiração da planta.

Essa “receita de bonsai” foi cedida por Caio Imbassahy, mestrando do Museu Nacional do Rio de Janeiro.



Na Holanda, existe um parque em miniatura, com diversos pontos turísticos do país. Dentre os cenários, foi feita a reprodução de uma floresta típica de região temperada com bonsais de mais de trinta espécies arbóreas (Figura 11.2).



**Figura 11.2:** Parque Madurodan, Holanda. Observe as diferentes espécies vegetais em bonsai.

## EVOLUÇÃO DOS JARDINS

Desde os períodos mais antigos da história, o homem está diretamente ligado à natureza, necessitando dela para sobreviver. Com o início da agricultura e pecuária e da organização de estruturas sociais e políticas, foram criados fatores de distanciamento entre o homem e os elementos naturais. Esse distanciamento foi ainda mais acentuado após a Revolução Industrial, período no qual se inicia a criação de grandes jardins públicos, como veremos mais adiante.

Há uma preocupação crescente ao longo da história, mesmo que inconsciente, nos diferentes povos, de manter o elo entre o homem e a natureza, através dos jardins.

Quer um exemplo? Lembra-se do motivo pelo qual Nabucodonosor construiu os Jardins Suspensos da Babilônia para sua esposa? Se não, dê uma olhada na Aula 10.

A jardinagem evoluiu também como expressão artística, dando origem a formas consagradas de jardins como, por exemplo, o francês ou o inglês. Os jardins passaram a ser diretamente influenciados por características culturais e por idéias vigentes em cada período. Fatores locais como clima, vegetação e terreno também influenciavam (e influenciam) bastante na escolha de espécies e forma de um jardim.

Nesta parte da aula, veremos exemplos de alguns jardins importantes para a humanidade e como se deu sua evolução até os dias atuais. Mas, antes, abordaremos algumas características gerais sobre jardins.

Os elementos que compõem um jardim podem ser naturais ou artificiais, como por exemplo: vegetação, pedras (**Figura 11.3**), água, animais (**Figura 11.4**), elementos arquitetônicos (como o palácio ou a casa), inclusive nos lagos (**Figura 11.5**), pinturas, esculturas, mobílias (como mesas e cadeiras).



Figura 11.3: Jardim com pedras, entremeado com plantas.



Figura 11.4: Jardim com elementos artificial (estátua) e natural (pavão).



Figura 11.5: Presença de elemento arquitetônico no lago.

Os jardins podem ser divididos:

– quanto ao tipo

1. **privados**: são os jardins, de diferentes estilos, desde a Antigüidade até o século XX, que não são abertos ao público em geral;
2. **públicos**: jardins, também de diferentes estilos, que apareceram no século XIX, abertos à visita pública.

– quanto ao uso:

1. **do prazer**: são jardins decorativos, geralmente tornam os elementos da arquitetura mais agradáveis, mostram *status*;
2. **científico**: são os jardins botânicos, para o estudo das plantas;
3. **utilitário**: um pomar, uma horta ou espaços para cultivo que não são decorativos.

Começaremos a acompanhar, então, a evolução de jardins desde a Antigüidade. É importante para o bom entendimento desta aula que você pense no jardim de cada um dos períodos evidenciados aqui como uma manifestação de idéias da época, e não de idéias atuais.

## ANTIGÜIDADE

Na Antigüidade, o cenário era dos grandes impérios agrários, como a Mesopotâmia (o primeiro império foi fundado em cerca de 5.000 a.C.) e o Egito (fundado em cerca de 3.100 a.C.). Os jardins eram utilitários e podiam ser ligados aos palácios (como no Egito) ou interligar as casas dentro das cidades muradas (como na Mesopotâmia).

No Egito, os jardins eram privados, com muros, animais e quiosques, recebiam irrigação do rio Nilo, eram simétricos e apresentavam espécies comuns da região, como uva, tâmara, palmeira e figueira. As flores não eram comuns nesses jardins.

Posteriormente, pode-se destacar a importância da civilização grega, cuja fundação é datada de 776 a.C., e romana, fundada, em 753 a.C. A cultura romana sofreu grande influência grega, e por isso seus jardins são muito similares, embora tenham sofrido adaptações em função do clima.

Na Grécia, os jardins eram geométricos e estavam presentes nos canteiros centrais, praças, ginásios, academias, teatros (que surgiram na Grécia) e túmulos. Em Roma, estavam presentes nas casas e decorados

com animais, bancos, pinturas, baixos-relevos, **PÉRGOLAS**, fontes, canais, vasos de plantas e flores presentes em arranjos. Surgem nesse momento a **ARTE TOPIÁRIA** e os **AUTÔMATOS**.

Ambos os tipos de jardins utilizam conhecimentos de hidráulica, fazendo a água entrar por um ponto mais alto do terreno e terminar em um chafariz, utilizando o mesmo princípio de vasos comunicantes.

As cidades de Pompéia e Herculano, que pertenciam ao império romano, foram encobertas pela erupção do vulcão Vesúvio em cerca de 79 a.C. e redescobertas no século XVIII. Esse fato possibilitou que grande parte das cidades fosse preservada por causa da lava, incluindo casas, pinturas, esculturas e jardins. Inclusive, pôde-se ter uma idéia de quais eram as principais espécies de plantas utilizadas na época, pelas sementes que foram preservadas.

## IDADE MÉDIA

### O jardim ocidental

Com a queda do império romano e as invasões bárbaras, a Europa passou a viver em uma atmosfera de incerteza e insegurança. A informação escrita, neste período, estava restrita aos mosteiros e, em menor escala, aos palácios, onde os nobres se cercavam de sábios. Nos mosteiros, os jardins possuíam, em geral, função de horta, inclusive com plantas medicinais e pomar.

O jardim era dividido em quatro, com formato retangular, fechado por muros ou cercas vivas. As espécies utilizadas eram muito variadas, desde plantas da Europa até do Oriente. Poderia haver, por exemplo, plantas como a arruda, que segundo a crença da época afastava animais maléficis. Plantas nocivas e de raízes longas (que afetam a arquitetura) eram dispensadas. Também existiam nos jardins os gramados, labirintos e chafarizes. Surgiram os jardins secretos e os primeiros livros ligados a jardinagem.

### O jardim muçulmano

É um jardim espiritual como o japonês, constituindo um local de repouso e isolamento. Enquanto na Europa, durante a Idade Média, o conhecimento se encontrava principalmente nos mosteiros, nos países árabes, o desenvolvimento científico floresceu, nas áreas de astronomia, alquimia e medicina.

#### PÉRGOLAS

Pérgolas ou pérgulas são objetos de madeira ou alvenaria que servem de suporte para o crescimento de trepadeiras.

#### ARTE TOPIÁRIA

É a arte de dar forma aos elementos vegetais através da poda. Surgiu em Roma e se difundiu pelo mundo, com momentos de grande ou pouca ocorrência ao longo do tempo.

#### AUTÔMATOS

São elementos para adorno em jardins que se põem em movimento pela força da água, como por exemplo, moinhos e cenários em miniatura.

A religião era o islamismo, que impôs alguns elementos ao jardim, como a proibição da representação da figura humana, por isso, não existiam esculturas no jardim, murado e privado.

Esse jardim possuía muitos vasos, continha flores, caminhos com pisos de cerâmica, sistemas de drenagem de água, grandes jatos de água, e, como ela é um elemento de purificação, havia grande importância no barulho que ela faz. O aroma produzido por flores e arbustos aromáticos também aguçava os sentidos. Existiam, também, quiosques para observação visual e auditiva.

### ATIVIDADE



1. Trace um paralelo entre os jardins ocidental e muçulmano, ressaltando as principais diferenças e semelhanças.

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*O jardim muçulmano é um jardim espiritual, tem uma preocupação com as sensações humanas, tais como o olfato, daí a presença de flores e arbustos aromáticos, dentre outras. A concepção de jardim ocidental, ao contrário, tem maior preocupação com a utilidade, daí a presença de frutas (alimentação) e o cultivo, também, de plantas medicinais. Ambos os jardins são privados e possuem formato simétrico.*

## RENASCIMENTO

No final da Idade Média, começaram a surgir os burgos, ou cidades, e também se definiram as classes sociais (burguesia, nobreza e camponeses). No Renascimento (séculos XV e XVI), a sociedade estava em plena revolução comercial: foi o início das grandes navegações e descobertas. Havia circulação de dinheiro para financiar a arte e também a construção do primeiro modelo de grande jardim.

Os castelos perderam as muralhas e incorporaram os jardins, algumas vezes ao redor, outras em pátios internos. Houve uma

valorização do homem, que passou a ter mais acesso ao conhecimento, e a cultura greco-romana foi retomada.

O jardim do Renascimento evoluiu do medieval. Este jardim prezava pela harmonia e o traçado geométrico, que são reguladores paralelos e perpendiculares, direcionando o posicionamento do jardim, da pintura e da obra de arte. O jardim era claro, racional e lógico, e seu terreno devia ser montanhoso e com declive.

🗨️ Você lembra onde o terreno também era assim?

🗨️ Isso mesmo, na Grécia. O proprietário teria do ponto mais alto uma perspectiva de todo o jardim.

Havia, nesses jardins, um forte elemento de simetria com a presença de labirintos (até a altura da cintura), grutas, esculturas e fontes de água. No século XVI, o jardim simétrico começou a sofrer transformações para o jardim maneirista (também no renascimento), que correspondia ao jardim renascentista alterado. Ocorreu na Itália e posteriormente foi difundido para outros países, chegando ao Brasil apenas no século XVII.

O jardim maneirista possuía eixos de simetria diversos e a utilização de formas geométricas variadas, com a presença de grutas, esculturas em forma de monstros, autômatos e **ELEMENTOS-SURPRESA**, dentre outros.

O jardim refletia um período de instabilidade causada por guerras e grandes mudanças. Nos jardins maneiristas, surgiram a **ORANGERIE** e as **PARTERRES DE BRODERIES**.

### **ELEMENTOS-SURPRESA**

Podiam ser, por exemplo, uma alameda com uma escultura em determinado ponto. O observador chegava perto, pisava em um sistema e acionava um jato de água que o molhava.

### **ORANGERIE**

Era uma espécie de estufa (sem manutenção da temperatura) onde se guardavam as laranjas e os vasos de plantas que não suportavam baixas temperaturas.

### **PARTERRES DE BRODERIES**

Eram canteiros geométricos que pareciam um bordado ou uma renda e utilizavam vegetação.

### **ATIVIDADE**



2. Compare os jardins da Antigüidade e da primeira fase do período renascentista.

---



---



---



---



---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Os dois tipos de jardim têm muitas características em comum, até porque o Renascimento foi resultado de uma retomada à cultura greco-romana, e isso também se reflete nos jardins.*

*Assim, temos em comum o formato geométrico e simétrico, com características de racionalidade e lógica, a valorização da figura humana e a presença de elementos hidráulicos, como autômatos e chafariz. O jardim renascentista, inclusive, tentava imitar o relevo montanhoso existente na Grécia.*

*Se sua resposta conteve essas informações, está completa, se não, volte ao texto e releia os tópicos referentes a esse assunto.*

## **ABSOLUTISMO**

Nesse período (século XVII), o poder estava concentrado nas mãos de um rei, e existia uma dominação da população pelo governante e pela Igreja. Os monumentos eram grandiosos, dando a impressão de esmagar o indivíduo; o governante era cercado de luxo; havia uma teatralidade evidente com grandes espetáculos para poder manipular a população; havia um gosto pela exuberância e pelo ornamento.

Surgiu o chamado jardim francês, jardins grandes, simétricos, com uma grande avenida perpendicular ao palácio que dá uma perspectiva de infinito (**Figura 11.6**). Os jardins ficavam em um terreno plano, com poucos declives, possuíam esculturas (**Figura 11.7**), elementos decorativos, água (canais, fontes de bronze e mármore, chafarizes), terras coloridas, arte topiária (**Figura 11.8**), cercas-vivas (cercas feitas com plantas arbustivas) e funcionavam como grandes cenários para a aparição dos reis. Os reis, por sua vez, utilizavam as muitas janelas dos palácios para proporcionar diferentes pontos de observação do jardim (**Figura 11.9**).

A vegetação utilizada era de plantas perenes, com muitas plantas exóticas (lembra da *Orangerie?*) e flores, como jacinto, narciso, tulipa (**Figura 11.10**), papoula, rosa, dentre outras. No século XVII, ainda não havia chegado ao Brasil esse formato de jardim.



**Figura 11.6:** Praça Paris com vista do Centro do Rio de Janeiro (a) e da igreja da Glória (b). Esse jardim foi criado no século XX, segundo o estilo francês.



**Figura 11.7:** Exemplo de escultura na Praça Paris, Rio de Janeiro.



**Figura 11.8:** Exemplos de arte topiária.



**Figura 11.9:** Jardim em estilo francês na Holanda. Observe a simetria do jardim, a presença de chafariz ao fundo e de arte topiária nas árvores que margeiam o lago.



**Figura 11.10:** Exemplos de tulipas de diferentes cores.

## REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

No século XVIII, o jardim se popularizou. A França e a Inglaterra passavam por problemas econômicos e o jardim francês entrou em decadência. A grandiosidade foi substituída pela graciosidade, e o luxo foi substituído pela aparência. Por exemplo, objetos que no período anterior seriam feitos de ouro, passam a ser somente pintados com tinta dourada.

Surgiu o **JARDIM** inglês, mais **PAISAGÍSTICO**, com caminhos sinuosos, sem organização geométrica. Muros e cercas foram substituídos pelo fosso, conhecido como ha-ha. Houve uma fusão dos jardins aos parques de caça. Estes possuíam gramados de grandes dimensões, ruínas, templos, túmulos, *chinouseries* (elementos do jardim chinês/japonês foram inseridos no jardim inglês), *folies* (como as casas-pirâmides, pontes em lagos etc.) e os elementos efêmeros (as **TRELIÇAS** de madeira, elementos de gesso, flores etc.).

Utilizavam-se árvores de grande porte, como pinheiro, cipreste, abeto e salgueiro-chorão, plantadas de maneira “natural”, e não se retiravam as que eventualmente morrem, de forma a tornar o jardim o mais natural possível.

Os textos sobre jardinagem começaram a ser voltados para as mulheres. No final do século XVIII, iniciou-se o período neoclássico, com a descoberta de Pompéia e Herculano, e houve uma retomada da cultura greco-romana e do Renascimento.

Com a chegada do século XIX, houve um crescimento urbano, o êxodo rural e o fortalecimento da burguesia, com grandes mudanças na estrutura social. As cidades sofreram com a explosão demográfica e tiveram de se adequar às novas condições. Começaram a ser utilizadas máquinas no sistema produtivo e desenvolveu-se a cultura de massa. Surgiam a arquitetura do ferro (Torre Eiffel) e a do vidro. Surgiu, também, o cortador de grama, aparelhando e facilitando o trabalho no jardim.

As grandes pesquisas científicas se iniciaram e, juntamente com a botânica, os jardins científicos e os jardins públicos floresceram. Devido à grande urbanização, a população sentia falta do campo, do natural.

A *orangerie* se transformou na estufa, pois a temperatura poderia ser mantida com a eletricidade. Os jardins que se iniciaram no estilo inglês passaram a ser ecléticos, e os arquitetos começaram a copiar diferentes movimentos culturais anteriores.

Os jardins possuíam *parterres* de flores, terraços, gramados, coretos (de ferro e de vidro), jardins de inverno, fontes, chafarizes, grutas, pontes e arte topiária. A vegetação era bastante variada com a utilização de muitas espécies exóticas e roseirais. No Brasil, a vinda da família real trouxe bastante mudança à corte, havendo predomínio do jardim inglês com a utilização de muitas plantas importadas e algumas tropicais.

### **JARDIM PAISAGÍSTICO**

É um jardim mais voltado para o natural, para o campestre.

### **TRELIÇAS**

São sistemas de vigas ou ripas que são cruzadas e sustentam as trepadeiras próximas a muros ou paredes.



### ATIVIDADE

3. Todo o processo de colonização portuguesa no Brasil foi marcado pela introdução de espécies exóticas, tanto animais quanto vegetais. A introdução de espécies vegetais, vindas da Ásia e da África, foi baseada, principalmente, no interesse econômico.

Além disso, havia uma intensa troca entre as colônias portuguesas de sementes de espécies de interesse econômico, além de muitas sementes e plantas levadas ilegalmente (o que é hoje conhecido como biopirataria). A criação dos jardins botânicos no final do século XVIII e início do XIX facilitou, ainda mais, o intercâmbio e a aclimação de espécies. Reflita um pouco e responda quais seriam os principais problemas relacionados a essa prática tão comum na colonização do Brasil. Quais as conseqüências para a flora nativa?

---

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Os principais problemas estão relacionados ao fato de que muitas espécies exóticas não possuem predadores naturais, podem trazer parasitas e pragas não existentes aqui e causar grandes perdas à flora nativa. Além disso, a ausência de predadores e doenças naturais para as espécies exóticas e sua adaptação ao clima aumentam a competição com espécies nativas, e as primeiras encontram-se freqüentemente mais favorecidas.*

## SÉCULO XX E ATUALIDADE

A partir de 1900 até a atualidade, ocorreram grandes mudanças, principalmente, nas cidades, que continuaram a crescer. Desapareceram as grandes propriedades e os palácios. A indústria continuou a crescer, e a mão-de-obra passou a ser mais qualificada. Surgiram novos materiais, como o plástico e o concreto, por exemplo, e novas tecnologias que provocaram mudanças muito rápidas nos jardins.

Houve uma preocupação crescente com o planejamento urbano, com a preservação da natureza – inclusive com o surgimento de leis que garantissem a conservação de áreas verdes, – e com a importância da criação de parques e jardins públicos. Surgiram os jardins de recuperação de pacientes, que possibilitaram a cura através do contato com a natureza.

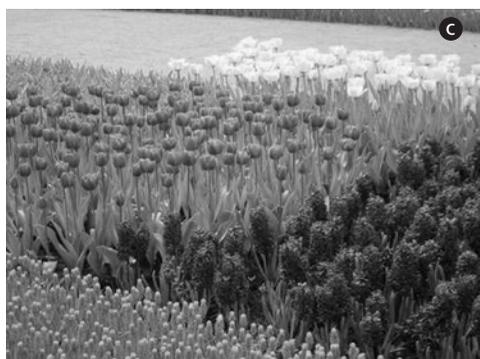
Hoje os jardins continuam a ser ecléticos, com maior predominância do jardim paisagístico e de grande influência oriental. Há gramados com árvores de grande porte, maior utilização de vegetação que requer pouco cuidado e são priorizadas as plantas locais. São populares os vasos de plantas no interior das casas.

A partir das décadas de 1950 e 1960, foram criados os jardins temáticos como o selvagem, que visava mexer o mínimo possível em um espaço natural, e o jardim deserto, que utilizava vegetação de ambientes desérticos, como por exemplo, o cacto. Neste período, os jardins sofreram influência da pintura, passando a ser abstratos, e surge o **TACHISMO** (Figura 11.11).

No Brasil, rapidamente se observam as influências externas. As cidades foram remodeladas a partir do final do século XIX. No Rio de Janeiro, por exemplo, houve grandes mudanças, principalmente no centro da cidade, com a construção dos aterros da Glória e do Flamengo. Como você viu na Aula 10, foram criados grandes espaços públicos com jardins, como o Aterro do Flamengo, o Ibirapuera, a Pampulha e também casas particulares cujos jardins eram de autoria de Burle Marx. Há uma difusão do jardim integrado à arquitetura, dos jardins internos, da ecologia e da importância da proteção da flora natural.

#### TACHISMO

Vem da palavra tache, que significa mancha. Eram jardins abstratos onde a vegetação era plantada formando manchas de colorações diferentes ou mesmo utilizando-se flores diferentes.



**Figura 11.11:** Três exemplos de tachismo no Aterro do Flamengo (a) e em parques holandeses (b, c), utilizando folhas e flores de diferentes colorações.

Atualmente, existe no Jardim Botânico do Rio de Janeiro o Jardim Sensorial. É uma área dedicada aos deficientes visuais, onde as plantas foram plantadas à altura da cintura para que pudessem ser tocadas e as placas de identificação estão também em braile. As plantas foram selecionadas para que o visitante pudesse perceber diferentes consistências, texturas e aromas das plantas. É uma idéia muito interessante, vale a pena visitar. E se você não mora na cidade do Rio de Janeiro, procure saber se na sua cidade há um jardim botânico com áreas dedicadas a um público em especial.

## PAISAGISMO

O paisagismo é uma atividade que mistura arte, ciência e técnica, procurando reconstruir uma paisagem natural dentro do cenário urbano, reintegrando o homem a esta. Burle Marx foi o mais famoso paisagista brasileiro, um dos pioneiros do *design* moderno, priorizando a utilização de espécies locais. A importância desta utilização baseia-se:

1. na idéia de que plantas provenientes do próprio local demandam um menor cuidado por estarem mais adaptadas;
2. se o intuito é reintegrar o homem à paisagem, o jardim tem de ser o mais parecido possível com a localidade onde ele “vive”, com o natural (assim, jardins feitos no Amazonas seriam diferentes de jardins no Rio de Janeiro);
3. valorização da flora tropical, da sua exuberância e possibilidades.

Além dessas idéias de Burle Marx, lembre-se de que o contato com a flora nativa pode conscientizar a população sobre a importância da preservação. Quer ver um exemplo? Foi criado no posto seis da praia de Copacabana um jardim museu, onde são cultivadas espécies típicas de restinga que cobriam as areias deste bairro. É o caso da espécie *Eugenia copacabanensis*, que possui esse nome por ter sido tão abundante no passado no bairro em questão e que hoje dificilmente é encontrada.

A partir da década de 1960, o projeto paisagístico eclético, de caráter europeu, foi banido do foco de atenções na urbanização de espaços públicos e privados, sendo priorizados jardins voltados para a atividade recreativa. Surgiram também na década de 1980, principalmente nas grandes cidades, secretarias especializadas para a criação de projetos e gestão de espaços públicos.

## Extrativismo *versus* cultivo

A utilização de nossa flora no paisagismo de espaços públicos, comerciais e residenciais cresceu muito na última década, com grande utilização de plantas como bromélias e orquídeas. Você reparou como é freqüente encontrarmos bromélias enfeitando os *shoppings*? Entretanto, com essa valorização, surgiu um perigo eminente para essas plantas: o extrativismo predatório. Com perigosa freqüência, muitas dessas espécies são retiradas em grande quantidade de seu ambiente natural (matas e restingas), onde as mais raras já sofrem risco de extinção.

O uso sustentável de nossa riqueza biológica deve ser enfatizado em diferentes fóruns, como escolas, associações de moradores, centros comunitários e cooperativas. É, portanto, fundamental que estejamos atentos à procedência das plantas que adquirimos. O cultivo de flores da nossa fauna cresceu e pode crescer ainda mais. Se você tiver curiosidade, visite os *sites* de empresas:

[www.maniadebromelia.com.br](http://www.maniadebromelia.com.br)

[www.jardimdeflores.com.br](http://www.jardimdeflores.com.br)

[www.bromeliaenatureza.eng.br](http://www.bromeliaenatureza.eng.br)

## CONCLUSÃO

A importância dos jardins para o homem acompanhou toda sua história. O desenvolvimento de diferentes tecnologias e materiais possibilitou uma inovação crescente nos jardins ao longo dos séculos, estando a beleza das espécies sempre presente e a harmonia ligada à disposição destas no espaço. É possível relacionar, claramente, os grandes movimentos da humanidade, como o absolutismo ou o renascimento, à composição dos jardins.

## ATIVIDADE FINAL

Entre na internet e digite os endereços a seguir. Você reconhece os jardins de que falamos nesta aula? Classifique-os e justifique sua resposta. Lembre-se de que sua resposta pode se basear, também, em informações retiradas de outras fontes além desta aula.

1. [http://www.gardenvisit.com/je/corinth\\_grotto\\_garden.jpg](http://www.gardenvisit.com/je/corinth_grotto_garden.jpg)

---

---

---

---

2. [http://www.istockphoto.com/file\\_thumbview\\_approve/225178/2/Versailles\\_orange\\_trees\\_garden.jpg](http://www.istockphoto.com/file_thumbview_approve/225178/2/Versailles_orange_trees_garden.jpg) e [http://www.gruyere.org/gruyeres/bg\\_122\\_2243.jpg](http://www.gruyere.org/gruyeres/bg_122_2243.jpg)

---

---

---

---

3. <http://www.probrasil.com.br/rj/Rio6.jpg> e <http://www.sefa.es.gov.br/painel/images/Jardim1.jpg>

---

---

---

---

4. [http://luminescencias.blogspot.com/1107\\_54\\_Jardim.jpg](http://luminescencias.blogspot.com/1107_54_Jardim.jpg) e [http://www.vivercidades.org.br/publique/media/jardim\\_ingles.jpg](http://www.vivercidades.org.br/publique/media/jardim_ingles.jpg)

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

Conforme você viu nesta aula, existem importantes elementos que distinguem os diversos estilos de jardim. Veja, a seguir, se você conseguiu identificá-los.

1. *Greco-romano. A arquitetura ao redor tem características do período em questão como os arcos e lembra um possível teatro (Grécia). Os jardins são encontrados como parte da concepção arquitetônica, como nesta imagem, em um canteiro central.*

2. *Francês. Esse jardim possui forte simetria, há uma avenida central que culmina em um lago, dando uma perspectiva de infinito, fazendo com que o jardim pareça maior do que é. Você deve ter notado, ainda, a presença das parterres de broderie e da arte topiária.*

3. *Paisagismo de Burle Marx. Como freqüentemente utilizado pelo grande paisagista Roberto Burle Marx, os jardins utilizam formas geométricas (círculos, quadrados) e abstratas (tachismo).*

4. *Inglês. É tipicamente um jardim paisagístico, que parece mexer o mínimo possível no natural, incluindo árvores de grande porte e lagos, sem utilizar-se de podas (arte topiária). Você deve ter observado também a presença de grama e de caminhos sinuosos.*

## RESUMO

Os jardins têm acompanhado o desenvolvimento da sociedade humana ao longo do tempo. Em cada época, o jardim possui diferentes aspectos, que refletem o comportamento e o pensamento de diversos períodos históricos e civilizações. Podemos citar os jardins gregos, romanos, muçulmanos e ocidentais.

Os jardins nos proporcionam uma aproximação com a natureza e estão sempre ligados a alguma forma de prazer, seja ela sensorial ou espiritual. O paisagismo, por exemplo, procura trazer a paisagem natural para dentro do espaço urbano, fazendo essa aproximação do homem à natureza. A escolha das plantas e dos demais elementos do jardim será feita, então, de forma a buscar essa aproximação com o natural e também a proporcionar prazer ao visitante. Essa escolha também vai levar em consideração as características de cada espécie, o relevo e o clima.

## INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Você verá na Aula 12 que o odor de flores favorece a atração de polinizadores e estes, nem sempre, gostam de odor de rosas ou jasmim. Então, do que será que gostam? Fique conosco em mais uma aula e você saberá.



## Cheiro bom, cheiro ruim

### Meta da aula

Apresentar noções sobre a diversidade de aromas produzidos pelos vegetais, sua função como atrativos para a polinização, sua importância na fabricação de perfumes e os problemas relacionados à extração não planejada de espécies nativas produtoras de aroma.

# objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- apontar a importância da produção de aromas pelas flores;
- descrever a utilização potencial de insumos da nossa flora nativa na fabricação de perfumes;
- relacionar meios para a produção de perfumes a partir da flora nativa, de forma a preservar os ecossistemas e as culturas regionais.

## INTRODUÇÃO

Como você já sabe, as flores das angiospermas exibem uma grande variedade de formas, tamanho, coloração e exalam uma infinidade de aromas. Toda essa complexidade é, como se acredita, adaptada para a função reprodutiva que as flores exercem. Assim, cada parte da flor possui um ou vários papéis durante os eventos relacionados à produção e dispersão de gametas e sementes. Dentre esses eventos, está a atração de polinizadores e dispersores, na qual o aroma tem função de destaque, ao lado da forma, tamanho e coloração. Além das flores, os demais órgãos vegetais podem produzir substâncias odoríferas, como você viu na Aula 5.

Nesta aula, abordaremos a importância do aroma na polinização, na fabricação de perfumes e, ainda, os problemas associados à extração indiscriminada de espécies produtoras de “cheiro bom”.

Você certamente não usará perfume sem pensar nessas questões!

## O AROMA DAS FLORES

O aroma das flores consiste, geralmente, em uma mistura de vários componentes como terpenóides, compostos aromáticos e alifáticos. Dentre os componentes da mistura, existem alguns extremamente voláteis, ao lado de outros menos voláteis. O aroma pode, ainda, variar nos diferentes órgãos florais, bem como durante as diferentes fases da floração. A grande maioria das flores libera o aroma de forma difusa por toda a sua superfície, embora, em algumas, ocorram **OSMÓFOROS** especializados para a sua produção e liberação.

O aroma específico de uma flor auxilia o seu polinizador a localizá-la e reconhecê-la. Aromas específicos podem, dessa forma, estimular a fidelidade dos insetos a determinadas espécies, aumentando, dessa forma, a eficácia da transferência intra-específica de pólen.

🕒 Você já reparou que as flores que se abrem durante a noite (vitória-régia, por exemplo) podem apresentar odor bastante intenso, além de agradável para nós? Por que isso ocorre?

🕒 Porque o aroma adquire importância especial na atração de polinizadores noturnos, que recebem menor estímulo visual.

### OSMÓFOROS

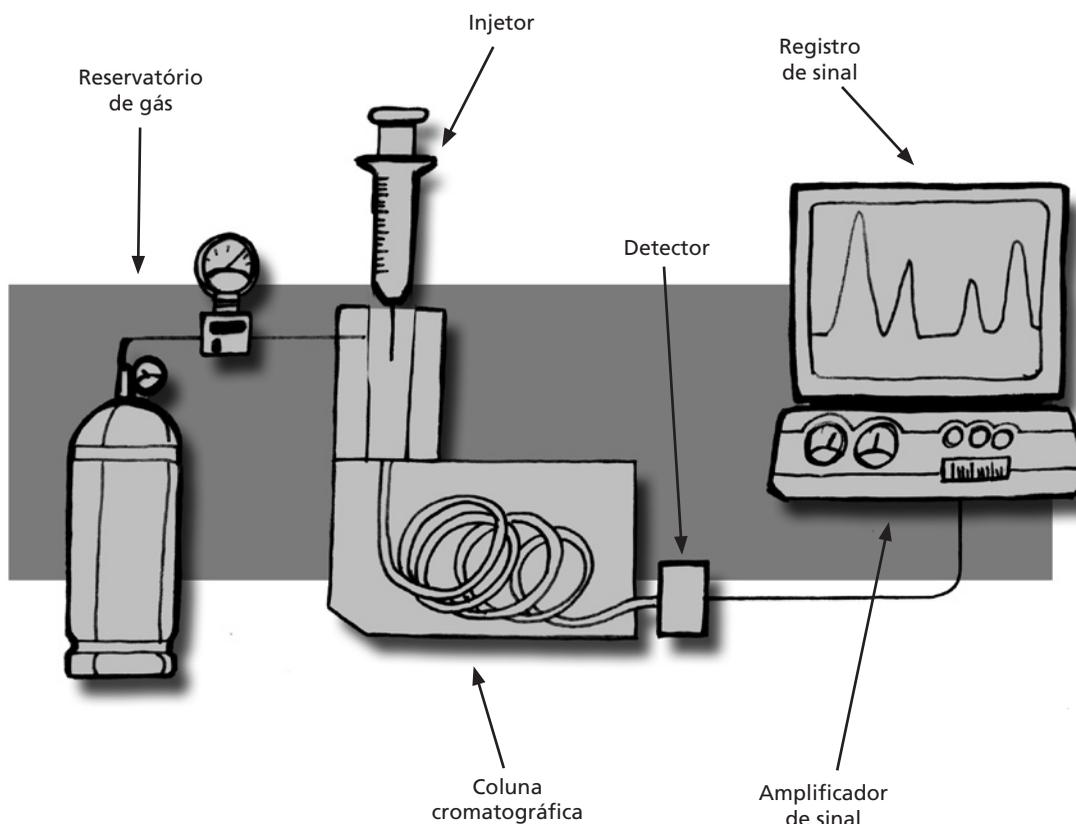
São órgãos florais com tecidos secretores bem definidos.



Embora o olfato humano possa detectar muitos odores, é menos sensível do que os órgãos receptivos da maioria dos visitantes das flores. Devido à alta sensibilidade desses visitantes, mesmo as flores que aparentemente não têm cheiro produzem quantidades suficientes de aroma. Assim, para estudar a composição qualitativa e quantitativa dos aromas, são utilizados aparelhos sofisticados como o cromatógrafo a gás e o cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas. Várias técnicas são utilizadas para coletar amostras de fragrâncias.

O cromatógrafo a gás é o aparelho utilizado para separar misturas de substâncias gasosas e analisar seus componentes. O aparelho possui um fluxo de gás, chamado gás de arraste ou de fase móvel. Possui também uma fase estacionária, que é uma coluna cromatográfica para a separação da mistura. A mistura de substâncias introduzidas no injetor do cromatógrafo é separada na coluna e levada pelo gás de arraste até um detector. O tempo em que cada substância fica retida (tempo de retenção) é tanto menor quanto mais volátil for a substância.

O detector gera um sinal proporcional à quantidade da substância na mistura. Assim é produzido um cromatograma. Veja na **Figura 12.1** a representação esquemática de um cromatógrafo a gás e, na **Figura 12.2**, a reprodução de um cromatograma.



**Figura 12.1:** Representação esquemática de um cromatógrafo a gás.

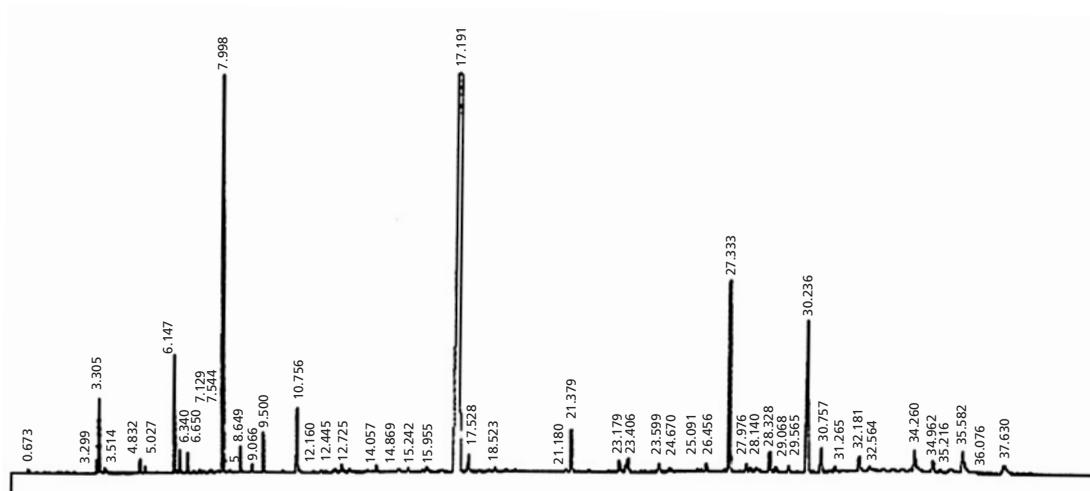


Figura 12.2: Cromatograma do óleo essencial de *Lippia alba*. Cada sinal, na forma de um pico, corresponde a uma das substâncias da mistura, as quais foram separadas no cromatógrafo a gás. À direita, estão representadas as substâncias mais voláteis, que chegaram mais rápido ao detector. Os números, que estão pouco visíveis, mostram o tempo de retenção das substâncias.

O tempo de retenção é utilizado para discriminar as substâncias quando comparado a um padrão de substâncias. Para uma análise mais primorosa, é utilizado o espectrômetro de massas acoplado a um cromatógrafo a gás. O espectrômetro de massas fornece dados sobre a composição atômica e molecular de cada substância.

A espectrometria de massas utiliza o movimento de íons em campos elétricos e magnéticos para classificá-los de acordo com sua relação massa/carga. A técnica se baseia no princípio de que os íons são desviados por esses campos.

## CHEIRO RUIM

Nem todas as flores que exalam aromas intensos têm cheiros agradáveis para nós, humanos. Algumas possuem odores bem desagradáveis. Você imagina o motivo?

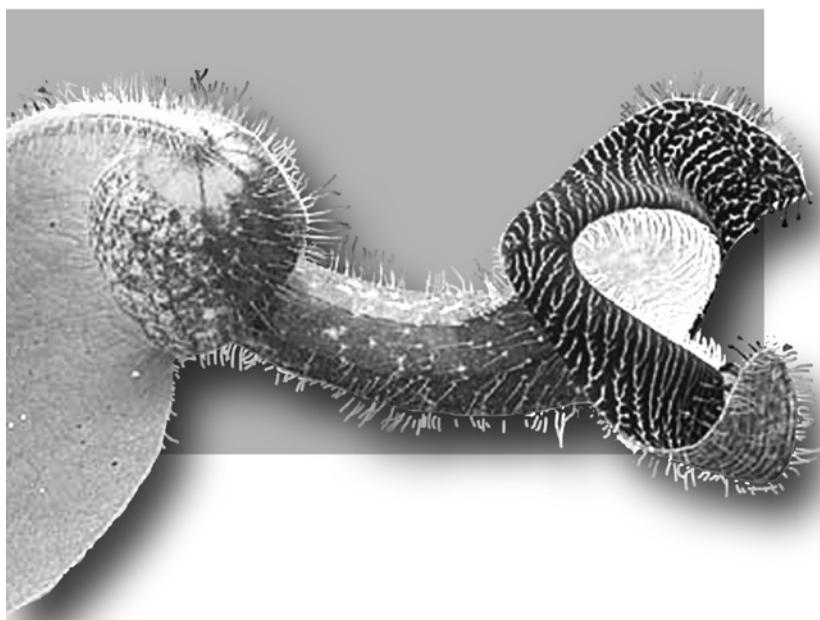
Várias espécies de angiospermas são polinizadas exclusivamente ou principalmente por moscas. Tais plantas podem ser miiófilas ou sapromiiófilas.

As plantas miiófilas geralmente possuem flores pequenas, de coloração clara e opaca e de odor agradável. O néctar e os órgãos reprodutivos são expostos, sendo, dessa maneira, acessíveis para visitantes de língua curta. A mosca, por exemplo, aprende a associar

o odor com a presença de néctar, que é utilizado para a sua alimentação. Algumas também se alimentam de pólen.

As plantas sapromiíófilas, porém, costumam apresentar flores com simetria radial, as quais possuem, com frequência, cavidades que funcionam como armadilhas. A coloração das flores é escura, marrom ou esverdeada, e o odor é bastante desagradável para os humanos, mas é irresistível para espécies de moscas que se alimentam e reproduzem sobre matéria orgânica em decomposição. As moscas são atraídas e caem nas armadilhas onde se debatem para se libertar, fazendo, assim, com que grandes quantidades de pólen fiquem presas em seus corpos. Quando, finalmente, conseguem deixar a armadilha, são novamente atraídas por outra flor da mesma espécie, fazendo, assim, a polinização. Nas flores sapromiíófilas, raramente há néctar, pois o atrativo é a ilusão de presença de matéria decomposta.

Você deve conhecer alguma planta sapromiíófila, como, por exemplo, espécies de papo-de-peru (*Aristolochia spp.*), apresentada na **Figura 12.3**. Elas possuem flores-armadilha, de odor desagradável e coloração semelhante aos de matéria decomposta.



**Figura 12.3:** Flor de *Aristolochia sp* (papo-de-peru), que exala odor desagradável e possui armadilha.

## OUTROS TIPOS DE FLORES COM ODORES DESAGRADÁVEIS PARA NÓS

Existem outros exemplos de flores que exalam aroma desagradável, mas que não apresentam armadilhas, como diversas espécies de aráceas (Figura 12.4). Os polinizadores das aráceas são abelhas, besouros e moscas, dentre outros. O odor exalado pelas inflorescências é o principal fator na atração dos polinizadores. O odor costuma ser comparado, pelos humanos, a fezes, estrume, peixe podre, gás sulfuroso, bicho morto, queijo, fruto deteriorado etc.



Figura 12:4: Flor de *Anturium sp.*, a qual exala odor bastante desagradável.

### ATIVIDADE



1. Como você já viu, algumas flores “enganam” os polinizadores, em vez de oferecer recompensas, como o néctar. Faça uma pesquisa e explique como isso pode estar relacionado com a reprodução do polinizador.

---

---

---

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Alguns compostos produzidos e liberados por flores de determinadas espécies de orquídeas (*Ophrys spp*) imitam feromônios sexuais e atraem machos de abelhas (*Andrena spp*) que promovem*

*a polinização ao tentarem copular com a flor, como se esta fosse uma fêmea. Além de liberarem aromas atrativos, as flores podem, também, assemelhar-se, na aparência, por sua forma e cor, aos insetos polinizadores.*

*Caso você não lembre, feromônios são sinalizadores químicos, na forma de substâncias voláteis. São ativos em quantidades mínimas e, quando liberados por um inseto, são percebidos pelos demais. Constituem mensageiros químicos importantes para alimentação, acasalamento, defesa, estabelecimento, reconhecimento de caminhos, oviposição etc. Podem ter natureza terpênica, assemelhando-se, assim, às essências produzidas pelas plantas.*

## CHEIRO BOM

Quando lemos esse subtítulo, fica difícil deixar de pensar em perfume. A palavra em português (perfume), em francês (*parfum*), em italiano (*profumo*) e em inglês (*perfum*) deriva de *per fumus*, que em latim significa “pela fumaça”. Acredita-se que tão logo aprendemos a manipular o fogo, descobrimos que poderíamos queimar algo para liberar fumaça perfumada.

Na Antigüidade, os rituais religiosos envolviam a utilização de incensos, velas aromáticas e bálsamos, a maior parte produzida a partir de essências de plantas. As velas aromáticas e incensos eram comumente oferecidos aos deuses e aos mortos, sendo, inclusive, citadas em orações. Uma das etapas dos rituais de mumificação, comuns no Egito, a partir do terceiro milênio antes de Cristo, consistia em substituir o cérebro e demais órgãos internos do morto por estopa embebida em resina perfumada. Já durante o transporte do sarcófago até a tumba, eram acesos incensos que representavam o sopro da vida imortal.

Mais tarde, por volta do segundo milênio antes de Cristo, os perfumes deixaram de ser privilégio dos deuses e dos mortos, e passaram a ser utilizados e apreciados por todos no Egito.

Na Idade Média, inicialmente, por serem muito caros e difíceis de se conseguir, os perfumes eram privilégio dos nobres. Por volta do século XVIII, na França, o perfume passou a ser consumido em larga escala, sendo extremamente apreciado.

Com o desenvolvimento da química orgânica, foi possível desvendar a composição dos óleos e extratos, possibilitando, dessa forma, a produção de fragrâncias sintéticas, as quais foram exaustivamente utilizadas.

#### BIOPROSPECÇÃO

Atividade exploratória que tem por objetivo a identificação de componentes do patrimônio genético da biodiversidade, além da obtenção de informações sobre o conhecimento tradicional associado a esse patrimônio.

Atualmente, existe uma grande demanda por fragrâncias novas e naturais, o que estimula o trabalho de **BIOPROSPECÇÃO**. As empresas de perfumaria estão constantemente buscando novos insumos a partir de produtos de plantas provenientes de diferentes ecossistemas. Nesse sentido, a biodiversidade brasileira vem atraindo a atenção de pesquisadores e empresas de todo o mundo. As empresas internacionais predominam no setor de perfumaria, porém empresas nacionais, como a Natura, de cosméticos, demonstram nosso sucesso e competitividade no setor.



No período entre 1990 e 2003, a indústria brasileira apresentou uma taxa de crescimento anual de 5,2% no segmento “higiene pessoal, perfumaria e cosméticos”, com um crescimento acumulado, no mesmo período, de 103,4% nas exportações (MARINHO, 2004).



Sempre é bom lembrar que os estudos acadêmicos e o desenvolvimento de produtos costumam ter por base o conhecimento popular, como você viu na Aula 6. Devemos sempre ter em mente também que a utilização de produtos a partir da nossa flora deve levar em consideração o desenvolvimento sustentável, ou seja, a extração das espécies deve ser feita baseada em planejamento, para que não seja danosa e predatória e para que traga qualidade de vida para as populações que dela vivem.

## CONFECIONANDO UMA COLÔNIA

O perfume continua a despertar os mais variados sentimentos e sensações, lembrando que o olfato não é apenas um dos cinco sentidos, mas algo capaz de, em frações de segundo, nos conduzir no tempo e espaço. Você quer aprender a fazer uma colônia floral?

Material para confeccionar 240mL de colônia (você pode comprar esse material em lojas de produtos de perfumaria):

- 10mL de essência de alfazema;
- 200mL de álcool de cereais;
- 10mL de água filtrada (não use água com cloro);
- vidro com tampa (limpo e seco);
- funil de bico fino.

Obs.: Prefira o álcool que já tenha fixador diluído, pois se mistura de forma mais homogênea (é só pedir assim na loja de produtos para perfumaria). Em geral, é vendido em litro.

A combinação de fragrância de um perfume, segundo os perfumistas, forma as diferentes notas do perfume. Um bom perfume possui três notas: os componentes mais voláteis do perfume formam a nota superior, são aqueles que detectamos nos primeiros 15 minutos de evaporação. A nota do meio leva mais tempo para ser percebida. A nota de fundo, também chamada base do perfume ou fixador, é a parte menos volátil e leva de quatro a cinco horas para ser percebida. O fixador é o componente mais caro do perfume.

#### *Como fazer*

1. Coloque 10mL de essência no vidro;
2. Em seguida, 200mL de álcool;
3. Envolve o vidro num saco plástico e deixe-o na geladeira por 24 horas;
4. Retire o vidro da geladeira e coloque 10mL de água, retorne-o para a geladeira até completar uma semana;
5. Está pronto; agora é só engarrafar.

Você poderá engarrafar a sua colônia em diferentes tamanhos de vidro, como, por exemplo, o de 60mL, que neste caso lhe dará 4 frascos.

## NOSSA FLORA PERFUMADA

A seguir, apresentamos alguns exemplos de espécies da flora nativa utilizadas em perfumaria por empresas nacionais:

### **Priprioca**

A empresa CHAMMA desenvolveu uma água de colônia, o “Banho de Chamma”, que tem em sua composição uma mistura de cascas de árvores e raízes da Amazônia. Dentre as raízes utilizadas, está a de priprioca (*Cyperus articulatus L.*). O óleo essencial dessa espécie é constituído principalmente por **SESQUITERPENOS** pertencentes às classes do cipereno, cariofilano, eudesmano, patchoulano e rotundano. A priprioca está entre as principais ervas aromáticas vendidas no estado

### **SESQUITERPENOS**

São terpenos com 15 átomos de carbono.

do Pará, onde costuma ser cultivada em quintais, para uso próprio, ou em sistema de consórcio com outras culturas, para comercialização. A espécie é comercializada principalmente no mercado Ver-o-Peso, em Belém, para uso em banhos perfumados e fabricação de fragrâncias domésticas.

A priprioica é utilizada, também, no “Perfume do Brasil”, desenvolvido pela Natura. Também fazem parte da composição desse perfume o breu branco e o cumaru.

#### **Breu branco**

O breu branco é produzido por uma árvore, de mesmo nome, da Floresta Amazônica (*Protium pallidum*). Seu tronco é fino, em comparação com o das grandes árvores da floresta, porém pode crescer tanto como elas. O breu é exsudado pelo tronco da árvore. Com o tempo, solidifica-se, formando uma massa dura, esbranquiçada e cinzenta, ou cinza-esverdeada, de aroma extremamente agradável. É quebradiço e facilmente inflamável. Tem vários usos na cultura cabocla local – todos de herança indígena. O principal é como defumador e incenso em rituais religiosos. É usado também como combustível para o fogo – para ajudar a acender o fogão a lenha, por exemplo – e como ingrediente para a calafetação de canoas.

#### **Cumaru**

A árvore do cumaru é tão cheirosa que seu nome científico é *Dypterix odorata*. As sementes são muito utilizadas em perfumaria. Os nossos índios costumavam confeccionar colares e pulseiras de sementes de cumaru; o seu óleo era aplicado nos cabelos, para dar perfume e brilho.

A madeira do cumaru apresenta grande valor econômico, sendo muito utilizada. Ainda bem que essa espécie adapta-se muito bem no reflorestamento de áreas devastadas; porém, nesses casos, a árvore atinge um porte menor. Outra coisa boa é que a planta desenvolve-se e já produz sementes para a extração de óleo aos quatro anos de idade.

**ATIVIDADE**

2. Agora, que tal fazer outras experiências perfumadas? Pesquise e descubra outras essências nativas que estejam sendo utilizadas na indústria de perfumaria por empresas brasileiras.

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Você certamente encontrou outros exemplos, como a baunilha, da qual já falamos na Aula 5. Por que você não entra em contato com os seus colegas? Assim, vocês podem utilizar os exemplos encontrados por cada um e experimentar misturas de essências para fazer colônias com cheirinho bem brasileiro.*

**A PRODUÇÃO DE PERFUMES EM LARGA ESCALA E A UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE**

Loureiro (1992) nos chama atenção, em seu trabalho, para o fato de que a história da região amazônica tem sido, da chegada dos primeiros europeus até os nossos dias, uma trajetória de perdas e danos. A região tem sido, segundo a autora, vítima de sua exuberância e riqueza.

Ao longo da história, foi explorada por causa dos índios, para servirem de escravos, como produtora e exportadora de borracha ou como fonte de ouro, como em Serra Pelada, apenas para citar alguns exemplos.

Com relação à perfumaria, a região possui muitas espécies vegetais produtoras de substâncias responsáveis pelos aromas e perfumes da floresta. Uma das espécies famosas por sua utilização em perfumaria, o pau-rosa (*Aniba roseodora*), pagou um preço caro por produzir linalol, um monoterpeno utilizado na fabricação do famoso perfume Chanel nº 5, o qual era usado por Marilyn Monroe. A planta hoje está na lista de espécies ameaçadas de extinção.



Na década de 1960, exportávamos mais de 500 toneladas, por ano, do óleo retirado do pau-rosa. Atualmente, conseguimos exportar apenas 4 toneladas ao ano. Como o óleo costuma ser extraído do tronco, é necessário matar a árvore. Pesquisadores calculam que, para atender à demanda mundial, de 1930 até os dias de hoje, mais de 2 milhões de árvores do pau-rosa foram retiradas da floresta. Hoje, estão sendo desenvolvidas técnicas para retirar o óleo de galhos e folhas, preservando, dessa maneira, a árvore. Outras espécies vegetais também estão sendo estudadas como potenciais produtoras de linalol. Mas, enquanto isso, continua a exploração ilegal do pau-rosa.

O pau-rosa foi citado apenas como um exemplo de como a biodiversidade da Amazônia e dos demais ecossistemas de nosso país tem sido devastada. Essa devastação acarreta enormes desperdícios de nossos recursos naturais, que podem atingir grande valor econômico.

É comum que políticas públicas estabeleçam oposição entre desenvolvimento, conservação ambiental e respeito às culturas regionais. Loureiro (1992) nos lembra que os índios, negros (quilombolas) e caboclos têm sido considerados, nos planos e nos projetos econômicos, como portadores de uma cultura pobre, primitiva, tribal e, portanto, inferior. Assim, eles nada teriam a aportar de positivo ao processo de desenvolvimento.

Essas pessoas são convencidas de que a aculturação as levará a um nível maior de progresso e desenvolvimento. Perdidos a identidade e o modo de vida tradicional, acabam eles próprios por vender suas terras e suas matas, reforçando o preconceito já estabelecido contra si. Frequentemente, após a desestruturação de sua forma de vida e trabalho anteriores, e, sem alternativas, engajam-se em atividades predatórias, como a conhecida exploração madeireira e a garimpagem. Passam, eles mesmos, a defender essas atividades, que agora constituem seu meio de subsistência. Dessa forma, o saber acumulado pelas populações regionais, no que tange ao uso dos recursos naturais, e que poderia constituir meio de subsistência e fonte de conhecimento para todos nós, é perdido.

Embora esse paradigma venha mudando muito lentamente, o extrativismo vegetal não-predatório é considerado primitivo e antieconômico. Dessa forma, a destruição de ecossistemas nativos para a implementação de atividades econômicas consideradas mais “modernas” é frequente no nosso modo de vida.

Assim, perdemos e continuamos perdendo a maior parte de nosso banco genético. Continuamos a perder espécies que possibilitariam o desenvolvimento e a produção de produtos economicamente valiosos

em vários setores da indústria, como o de perfumaria, sobre o qual estamos conversando nesta aula.

Devemos também nos lembrar de que faltam investimentos suficientes em pesquisa e produção de novos produtos a partir de espécies nativas, e que nosso patrimônio genético tem sido contrabandeado para o exterior.

## CONCLUSÃO

Como você pôde ver nesta aula, existem diversas espécies nativas de nosso país com potencial para serem utilizadas na indústria de perfumaria, e o desenvolvimento sustentável como uma forma de desenvolvimento que satisfaça as necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das futuras gerações, precisa integrar as políticas públicas como condição essencial para o nosso progresso econômico.

## ATIVIDADE FINAL

Imagine que você seja responsável por uma indústria de perfumaria e pretenda investir na exploração econômica de uma grande área, cuja maior parte tem mata nativa e alguns povoados. Como você planejaria a exploração, de forma que trouxesse lucro para você, seus filhos e netos?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### COMENTÁRIO

*Na sua resposta, você deve ter abordado as seguintes questões:*

- 1. respeito às populações locais e sua cultura;*
- 2. exploração baseada na sustentabilidade do ecossistema, de modo a preservá-lo para as gerações futuras;*

3. busca de parcerias com setores responsáveis pela pesquisa, visando ao aproveitamento de espécies florestais e/ou seus produtos, levando em consideração o saber regional;

4. geração de emprego e renda na própria região.

Escreva sua resposta e troque idéias a respeito do tema com seus colegas. Essa é uma discussão bem interessante e, com certeza, enriquecerá suas aulas no futuro!

## RESUMO

Existem diversas espécies vegetais que produzem substâncias odoríficas em seus diferentes órgãos. A produção dessas substâncias nas flores está geralmente associada à polinização. Dependendo da espécie que poliniza determinada flor, os aromas podem ser considerados desagradáveis por nós, humanos, ou tão agradáveis a ponto de serem utilizados na fabricação de produtos para perfumar pessoas e ambientes. Porém, o uso indiscriminado dessas fragrâncias tem colocado em risco diversas espécies nativas, enquanto outras espécies com potencial utilização em perfumaria sequer são consideradas. O respeito ao saber acumulado por populações regionais aliado a pesquisas visando ao desenvolvimento sustentável de novos produtos de perfumaria nos traria grandes benefícios econômicos a curto e, especialmente, a longo prazo.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você verá que, além da utilização em perfumaria, as plantas e as algas são muito utilizadas na indústria de cosméticos. Quem não quer ficar bonito?

## Algas e plantas: juventude e beleza

# AULA 13

### Meta da aula

Apresentar aos alunos a importância dos produtos oriundos de algas e plantas para a indústria de cosméticos.

## objetivos

Ao final da aula, o aluno deverá ser capaz de:

- identificar o papel das plantas na indústria de cosméticos;
- relacionar o conhecimento sobre técnicas modernas de cultivo vegetal com a demanda da indústria de cosméticos;
- reconhecer a utilização em cosméticos atuais de espécies utilizadas na Antigüidade.

## INTRODUÇÃO

A rica diversidade de substâncias encontradas nos seres clorofilados é extensamente aproveitada pelo homem na indústria. Dentre esses recursos de extrema importância para ela, estão algumas espécies de algas marinhas, utilizadas tanto na indústria alimentícia como na de cosméticos e fármacos. Mas, para se utilizarem as algas marinhas na indústria, é essencial conhecer a fundo a espécie de que estamos tratando. Além das algas, diversos produtos de plantas, como os óleos vegetais, são amplamente utilizados na fabricação de cosméticos.

## COSMÉTICOS

Segundo a definição da Anvisa, Resolução nº 79/2000, “Cosméticos, Produtos de Higiene e Perfumes, são preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado”.

## A INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

A indústria de cosméticos desenvolveu-se a partir do aumento dos conhecimentos na área da Bioquímica. Inclui, entre os seus segmentos, o de perfumes, do qual já tratamos na Aula 12. Além dele, inclui também produtos para cabelos e maquiagem, dentre outros.

Os principais agentes do setor são as grandes empresas transnacionais, que atuam geralmente nos diversos segmentos. Essas empresas estão interligadas com atividades químicas e farmacêuticas pela proximidade da base técnico-produtiva e comercial dessas atividades. Contudo, as empresas de países em desenvolvimento assumem papel secundário muitas vezes, restritas aos seus mercados locais.

Nesta aula, estudaremos o segmento da cosmetologia, a fitocosmética que se dedica ao estudo e aplicação das substâncias de origem vegetal.

## FITOCOSMÉTICOS

Esse termo já é utilizado pela indústria brasileira há cerca de uma década, porém, apenas nos últimos anos, houve um grande crescimento nacional e mundial, do interesse por esse setor. A fitocosmética tem como grande aliada a biodiversidade brasileira, e apresenta os extratos vegetais em substituição aos produtos animais e minerais.

Os fitocosméticos que incorporam princípios ativos da indústria farmacêutica são também chamados de cosmecêuticos, e estão sujeitos à regulamentação da Anvisa, antes de seu lançamento no mercado. Na classificação da Anvisa, esses produtos recebem o grau 2.

🗨 Mas, o que são produtos grau 2?

🗨 Os produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes são classificados pela Anvisa, de acordo com o **GRAU DE RISCO** que representam à saúde humana, correlacionado com a sua segurança de uso. Os produtos classificados como grau de risco 1 são considerados como produtos de risco potencial mínimo. Os produtos classificados como grau de risco 2 são os que apresentam risco potencial, e os critérios para esta classificação são definidos em função da finalidade de uso do produto, áreas do corpo abrangidas, modo de usar e cuidados a serem observados para a sua utilização. Assim, os produtos de grau de risco 2 apresentam indicações específicas, cujas características exigem comprovação de segurança e/ou eficácia, bem como informações e cuidados quanto ao modo e às restrições de uso.

### GRAU DE RISCO

Refere-se ao nível de efeitos adversos que cada tipo de produto pode ou não oferecer, considerando sua formulação, finalidade e modo de uso.

## COSMÉTICOS ANTIGOS

Todos já ouvimos falar muito da civilização egípcia. Saiba que os cosméticos eram muito valorizados por essa civilização: óleos e bálsamos perfumados eram espalhados pelo corpo e utilizados em banhos. Era costume pintar os olhos para que parecessem mais alongados. Os “cabeleireiros” criavam tinturas para colorir as perucas. Utilizavam-se vernizes nas unhas. Existiam, ainda, cosméticos para tratar rugas.

Você já se perguntou como eram feitos esses cosméticos? Um ingrediente era o olíbano, uma resina aromática extraída por meio de incisões no tronco de árvores. Na Antiguidade, o olíbano era queimado em cerimônias e foi o primeiro incenso de que se tem conhecimento.

Atualmente, a palavra incenso, em português, refere-se tanto às resinas naturais, extraídas principalmente de plantas das famílias Burseraceae, Estiracaceae e Anacardiaceae, como às preparações nas quais são adicionadas essências às resinas naturais para aumentar o aroma exalado durante a queima.

♁ Mas, de onde se extrai o olíbano?

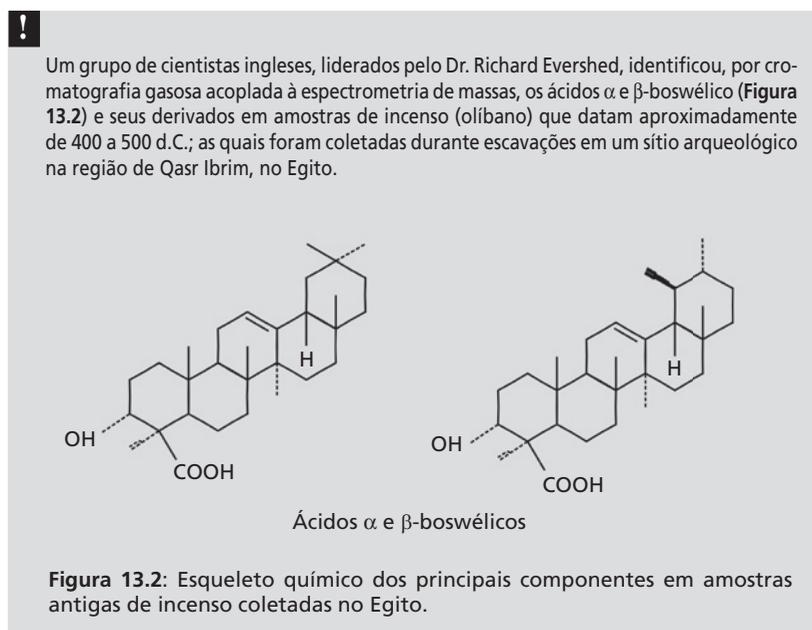
♂ De espécies do gênero *Boswellia* (Figura 13.1), principalmente de *B. carteri*, *B. sacra*, *B. frereana* e *B. serrata*. A resina é obtida através de incisões nas cascas das árvores. Após escorrer, ela seca e endurece, sendo, então, coletada. O óleo essencial do olíbano pode ser obtido da resina por hidrodestilação ou, ainda, por extração com solventes.



Figura 13.1: *Boswellia* sp. (a) Aspecto geral da planta; (b) resina solidificada.

## O OLÍBANO EM COSMÉTICOS

Os antigos egípcios queimavam o olíbano e pulverizavam a resina carbonizada para fazer o *khol*, que era usado para delinear os olhos, produzindo aquela maquiagem que estamos acostumados a ver em pinturas egípcias e sarcófagos. Para evitar os odores corporais, utilizavam, além dos perfumes, “desodorantes” à base de terebintina e olíbano. No mundo antigo, a resina era também incluída como ingrediente em cremes para perfumar as mãos.



Atualmente, o olíbano ainda é utilizado em cosméticos. Uma famosa empresa nacional, por exemplo, possui uma linha desenvolvida para cabelos crespos (Figura 13.3), em que se utilizam, na fórmula, o azeite de dendê e o extrato de olíbano. Segundo propaganda dessa empresa, o azeite de dendê, que é rico em vitaminas A e E, restaura o brilho, hidrata e reduz o volume dos cabelos, enquanto o extrato de olíbano protege a queratina e forma um fio sedoso sobre os fios, deixando-os macios.



Figura 13.3: Produtos para cabelo contendo olíbano.

## OUTROS EXEMPLOS DE PLANTAS UTILIZADAS EM COSMÉTICOS NA ANTIGÜIDADE

Além do olíbano, do qual já falamos, outras plantas produtoras de óleos essenciais foram utilizadas, desde a Antigüidade, na confecção de perfumes, cosméticos, dentifrícios e sabões. Como exemplos, podemos citar a lavanda, a mirra e o benjoim, utilizados em perfumes e aromatizantes, e a sálvia, cujas folhas eram mascadas para clarear os dentes.

### ATIVIDADE



1. Pesquise os nomes específicos e as famílias da mirra, benjoim e sálvia. Verifique se existem cosméticos atuais com produtos destas plantas.

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

Mirra – *Tetradenis riparia*, Família Lamiaceae.

Benjoim – É o nome da resina produzida por plantas do gênero *Styrax*, Família Styracaceae.

Sálvia – *Salvia officinalis*, Família Lamiaceae.

Dois exemplos de produtos atuais são o Creme dental Colgate Herbal, que contém sálvia e mirra, e o sabonete Granado de glicerina com extrato de benjoim. Você, provavelmente, encontrou outros exemplos, pois são tantos!

## AS ALGAS EM COSMÉTICOS

O uso das macroalgas como cosméticos é muito difundido e, mesmo na Antigüidade, elas não eram utilizadas apenas para fins terapêuticos. Na civilização romana, é relatado que as mulheres utilizavam as algas como cosméticos e, ainda hoje, as asiáticas misturam algas com óleo de peixe para tingir suas faces.

As macroalgas ou seus extratos são também usados na **TALASSOTERAPIA**, nos tratamentos antiestresse, respiratórios e nos casos de má circulação sanguínea. Essa terapia tem uma longa tradição na Europa, sobretudo nos SPAs do norte da França. O talasso com algas é um banho de imersão que associa os benefícios da talassoterapia e das algas (em gel) com a finalidade de agir na desintoxicação, diminuição da retenção de líquidos e remineralização do organismo, além da remodelagem do corpo.

De fato, as algas são muito empregadas no sentido de curar tudo que incomodaria alguém. Hoje em dia, são apreciadas em banhos de lama (“fango thermal”) ou como um cobertor para auxiliar na esfoliação das células mortas de pele, rejuvenescendo as pessoas.

Em se tratando de sabonetes, creme de barbear, xampus, condicionadores, cremes para os cabelos, cremes tônicos, batons e outros produtos de maquiagem, muitos desses produtos da cosmetologia contêm macroalgas marinhas em suas composições (Figuras 13.4 e 13.5). Muitas indústrias, inclusive grandes empresas que possuem abrangência mundial, fazem uso de extratos naturais de origem marinha na composição de seus produtos cosméticos. Essa situação é bem similar àquela dos extratos vegetais usados em fertilizantes agrícolas.



**Figura 13.4:** Exemplos de cosméticos que contêm macroalgas marinhas em sua composição.

### TALASSOTERAPIA

É o uso terapêutico do banho do mar aquecido a 37°C (talasso).

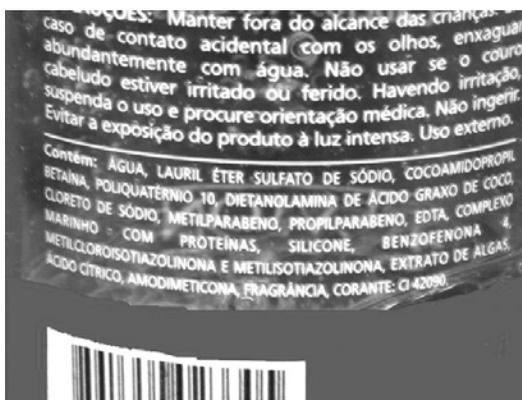


Figura 13.5: Detalhe do rótulo de um dos cosméticos.

Distinguem-se duas utilizações para os cosméticos:

1. nas preparações para as quais a adição de um ficolóide permite atingir a viscosidade desejada ou a estrutura de um gel. O ficolóide mais freqüente, nesse caso, é a carragenana, que é obtido das algas vermelhas, para se conseguir uma textura suave e oleosa. Nesse caso, o ficolóide é considerado inerte, sem propriedade curativa ou preservativa;

2. nas preparações nas quais um extrato algáceo é adicionado como cosmético para aumentar a ação tonificante, de limpeza, como anti-rugas, como laquê para cabelos, ou anti-oxidante. Esse anti-oxidante tem a capacidade de proteger naturalmente contra os raios UVA e UVB (ultravioleta A e B). Esse tipo de filtro solar é composto pela alga vermelha *Porphyra spp.* (Figura 13.6), a mesma espécie utilizada na culinária japonesa para o preparo de *sushis*. Lembra-se da Aula 2? Essas algas vivem no costão na zona das marés, constantemente expostas às radiações solares. Para se defender desses raios UV, elas produzem substâncias capazes de absorver esse tipo de radiação e de proteger suas células de mutações ocasionadas pelo excesso de radiação solar.



Figura 13.6: *Porphyra* spp. encontrada no ambiente natural (Praia Rasa, Búzios, RJ).



**ATIVIDADE**

2. Considerando o forte impacto antrópico que o ambiente marinho vem sofrendo, de que forma as modernas técnicas de cultivo podem auxiliar a indústria de cosméticos?

---



---



---



---



---



---



---

**RESPOSTA COMENTADA**

A indústria de cosméticos requer um suprimento de matéria-prima constante e de boa qualidade. Assim, o extrativismo tradicional não supre os requisitos necessários. Uma alternativa é a cultura de tecidos, em que é possível cultivar algas de interesse nas ótimas condições para seu crescimento e produção das substâncias de interesse. Para que essas condições sejam determinadas, é importante que a indústria invista em pesquisa. Outra alternativa é o cultivo sob condições semi-naturais, em cercados no mar localizados em ambientes livres de poluição e que possuam as condições abióticas necessárias.

Todo esse material é controlado a *priori*, sobretudo para verificar se o extrato não provoca as irritações ou alergias sobre a epiderme. Para isso, testa-se na epiderme dos coelhos.

Nos dias de hoje, as mulheres magras são bem vistas como tipo de beleza; por causa disso, um dos produtos que tem recebido muita atenção é o extrato de *Fucus sp.* (alga parda que cresce nas regiões das marés dos países temperados), que tem a propriedade de auxiliar na perda de peso.

## A PRODUÇÃO BRASILEIRA DE COSMÉTICOS

A produção brasileira de cosméticos, em geral, tem crescido de forma acelerada. Entre 1996 e 2002, o setor apresentou um crescimento médio real de cerca de 9% ao ano, o que supera as taxas de crescimento do mercado mundial.

O crescimento da participação dos fitocosméticos no mercado tem exigido das empresas esforços para desenvolver novos produtos, assim, é necessário que as empresas invistam em pesquisa e desenvolvimento, o que é uma coisa boa, você não acha?

Já vimos na aula sobre perfumes (Aula 12) que algumas empresas brasileiras possuem unidades produtivas de cosméticos importantes e, além disso, realizam esforços para o desenvolvimento de produtos. Algumas possuem laboratórios de pesquisa de novos produtos, que contam com a participação de biólogos especializados, envolvidos nos lançamentos anuais de novidades.

Porém, se compararmos os investimentos em pesquisa e desenvolvimento das nossas empresas de cosméticos com os de grandes empresas internacionais, perceberemos que os nossos esforços ainda são bastante tímidos.

Para exemplificar, temos a L'Oreal, empresa francesa que gasta por ano em P&D (pesquisa e desenvolvimento) cerca de 3% de seu faturamento. Essa empresa possui laboratórios de desenvolvimento de produtos na França, nos Estados Unidos e no Japão. No ano de 2001, estes laboratórios empregavam cerca de 2.700 cientistas, e 493 patentes foram registradas no referido ano.

No Brasil, atualmente, temos pequenas, médias e grandes empresas que comercializam cosméticos à base de plantas. Podemos citar, como exemplos, o Boticário, a Natura e a Água de Cheiro, dentre outras.

Como já começamos a discutir na aula passada, os recursos biológicos são uma fonte de produtos com grande valor científico e econômico. O crescimento da demanda por produtos naturais para a indústria de cosméticos têm contribuído para que os produtores acreditem que possam lucrar e ainda manter as florestas. Assim, já são observadas, no Pará, cadeias de aproveitamento da biodiversidade, em cuja base estão comunidades de pequenos produtores. Empresas compram a produção e dão orientação técnica às famílias residentes nas comunidades, que também contribuem com os estudos de bioprospecção de plantas.

A expansão do interesse da indústria por produtos naturais também tem gerado questionamentos em países como o nosso, que detêm a biodiversidade. Os ecologistas, por exemplo, preocupam-se com o impacto do extrativismo comercial sobre as florestas e sobre as populações tradicionais. Assim, o limite para a obtenção de insumos para empresas de cosméticos e outras empresas que os utilizam deve ser a sustentabilidade dos ecossistemas e a escala de coleta.

Existe, ainda, a preocupação relacionada ao fato de os insumos para a bioprospecção de novas moléculas a serem sintetizadas quimicamente estarem em países diferentes de onde se localizam as empresas que fazem esse trabalho. Dessa forma, para evitar a biopirataria e a extinção de espécies, deve-se regulamentar muito bem a coleta de materiais. Deve-se levar seriamente em consideração a questão do direito de propriedade das populações nativas, bem como questões relacionadas às patentes. Além disso, é fundamental que se conheça o que se está protegendo, o que torna as pesquisas científicas na área fundamentais.

Não podemos deixar de comentar, também, que o desenvolvimento da biotecnologia, em particular o da engenharia genética, facilita a introdução e o cultivo da matéria prima vegetal fora de seu hábitat natural, passando do extrativismo ao cultivo.

## **A CADEIA PRODUTIVA DE FITOCOSMÉTICOS**

Para formar uma cadeia produtiva de fitocosméticos à base de óleos vegetais, são necessários: fornecedor de matéria-prima; usinas de extração de óleo bruto; indústrias de refinamento de óleos vegetais e, finalmente, a indústria de cosméticos.

Como fornecedores de matéria-prima, temos o extrativista e o agricultor. O extrativista geralmente trabalha de forma isolada, e se

não tiver acesso ao conhecimento de técnicas adequadas de manejo florestal, poderá ser responsável pela coleta predatória. Deve, também, tomar conhecimento dos cuidados necessários para a padronização e a qualidade do produto. Já o agricultor necessita ter acesso às técnicas agrícolas adequadas à alta produtividade e à obtenção de um melhor padrão de qualidade da matéria-prima. A extração de óleo bruto é efetuada, em nosso país, freqüentemente de forma artesanal. As indústrias de refinamento são responsáveis pela elaboração de produtos naturais que servirão de matéria-prima para a utilização em cosméticos, os quais serão, então, produzidos nas indústrias de cosméticos.



Os óleos produzidos pelos vegetais apresentam grande importância na indústria de cosméticos, pois são utilizados na produção de emolientes, emulsionantes e hidratantes, por exemplo.

## RESERVAS EXTRATIVISTAS

Como já dissemos, as empresas produtoras de cosméticos utilizam insumos vegetais provenientes de áreas de cultivo e/ou provenientes de extrativismo. No segundo caso, os insumos devem vir de reservas extrativistas registradas no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

Em Botânica II, você já teve contato com as reservas extrativistas, não é mesmo? Então já deve saber que as reservas extrativistas são “espaços territoriais destinados à exploração auto-sustentável e conservação dos recursos naturais renováveis, por populações tradicionais. Em tais áreas, é possível materializar o desenvolvimento sustentável, equilibrando interesses ecológicos de conservação ambiental, com interesses sociais de melhoria de vida das populações que ali habitam” (*site*: [www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)) .

🗎 Como são criadas as Reservas Extrativistas?

🗎 Para a criação e a legalização de reservas extrativistas, é necessária a assinatura de um contrato de Concessão Real de Uso, que deverá incluir um Plano de Utilização. O Plano de Utilização deve provar que a utilização dos recursos naturais será auto-sustentável, não prejudicará o meio ambiente e respeitará a legislação ambiental

vigente. Para saber como deve ser feito o plano de utilização, visite o *site* <http://www.ibama.gov.br/resex/textos/c7.htm>.

### EXEMPLOS DE PLANTAS PRODUTORAS DE ÓLEOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE COSMÉTICOS:

- andiroba (*Carapa guianensis*);
- murumuru (*Astrocaryum murumuru*);
- uricuri (*Cocos coronata/Attalea excelsa*);
- castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*);
- cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*);
- cacau (*Theobroma cacao*).

O óleo produzido nas sementes de andiroba é utilizado, na indústria de cosméticos, para a fabricação de emolientes, dermoprotetores e hidratantes. O óleo de murumuru é utilizado pela população dos locais onde ocorre para a fabricação de sabonetes. É utilizado na indústria de cosméticos como ingrediente de base. O óleo do uricuri serve, tal como o babaçu, como ingrediente básico na indústria de cosméticos. O óleo de castanha-do-Brasil é utilizado na fabricação de produtos para tratamento capilar, como cremes, loções, xampus, condicionadores, sabonetes, dentre outros. O óleo de cupuaçu é utilizado no tratamento da pele e do cabelo, na forma de cremes e loções, batons, óleos para banho, condicionadores e máscaras capilares, emulsões pós-barba, desodorantes cremosos, protetores solares, dentre outros. O óleo de cacau também é muito utilizado na indústria farmacêutica e cosmética, principalmente, em forma de manteiga de cacau.

Você quer aprender a fazer um creme caseiro de aveia? Então mãos à obra:

#### *Ingredientes*

1/2 xícara de chá de água morna;  
1/2 xícara de chá de farinha de aveia;  
1 colher de sopa rasa de glicerina;  
1 ou 2 gotas de essência de sua preferência (opcional). As essências podem ser encontradas em lojas de material para perfumaria.

#### *Preparo*

Misture todos os ingredientes em uma batedeira até obter uma massa homogênea e cremosa. Guarde-a no refrigerador.

Você pode usar esse creme para massagear a pele. Após o uso, enxágüe a pele com água morna.

## CONCLUSÃO

Esperamos que, a partir de hoje, você preste mais atenção nos produtos que utiliza no seu dia-a-dia para seu embelezamento, buscando produtos vegetais e pensando em suas propriedades e no caminho que eles percorreram até sua casa.

## ATIVIDADE FINAL

No quadro a seguir, na coluna da esquerda, estão os nomes vulgares de algumas plantas cujos produtos são utilizados em cosméticos. Escreva na coluna da direita com que finalidade esses produtos são utilizados. Talvez você precise pesquisar algumas respostas.

Hena e índigo	
Camomila e macela	
Limão e alecrim	
Centela, fúcus	
Amêndoa doce, rosa mosqueta	
Cacau	
Babosa	
Aveia, calêndula	
Urucum, cenoura	

**RESPOSTA COMENTADA**

Hena e índigo	Tingimento de cabelos
Camomila e macela	Clareamento dos cabelos
Limão e alecrim	Redução da oleosidade dos cabelos
Centela, fúcus	Redução da celulite
Amêndoa doce, rosa mosqueta	Prevenção de estrias e manchas na pele
Cacau	Hidratação dos lábios
Babosa	Pós-barba, redução de queda dos cabelos
Aveia, calêndula	Pós-sol, pós-barba, hidratação da pele
Urucum, cenoura	Bronzeamento

*Algumas respostas você já sabia pois utiliza em seu dia-a-dia cosméticos que já trazem o nome das plantas no rótulo, não é mesmo? Mas é importante você verificar se, realmente, a planta é descrita para esse fim, pois, às vezes, a propaganda engana.*

**RESUMO**

As algas e plantas produzem diversas substâncias que têm sido empregadas, desde a Antigüidade, no embelezamento. Atualmente, a indústria de cosméticos, além de utilizar os insumos vegetais conhecidos, busca, constantemente, novos insumos, visando ao lançamento de novidades no mercado. O nosso país, com sua flora rica, apresenta grande potencial não só para o fornecimento de matérias-primas vegetais, como também para a produção de cosméticos diferenciados.

**INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, você verá que as plantas invasoras possuem importância econômica muito além dos prejuízos que causam.



# As plantas invasoras são vilãs?

## AULA 14

### Meta da aula

Conscientizar os alunos de que, embora as plantas invasoras sejam um problema sério tanto para a vegetação nativa quanto para a agricultura, elas nem sempre são prejudiciais ao homem.

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- apresentar as dificuldades de manejo de plantas invasoras na agricultura;
- descrever métodos usualmente utilizados na agricultura para a prevenção e controle de plantas invasoras;
- relatar casos alarmantes de desequilíbrio ambiental causado por plantas invasoras.

## INTRODUÇÃO

Planta invasora é uma espécie exótica introduzida em um ecossistema ao qual se adapta e passa a se reproduzir em alta velocidade em relação às demais, alterando esse ecossistema e ocupando o espaço de espécies nativas. Atualmente, a maior ameaça mundial à biodiversidade é a destruição de *habitats* pela exploração humana. Em segundo lugar, está a ameaça causada pelas invasoras.

Entretanto, esse é um conceito que depende da situação e do papel desempenhado por uma determinada planta num dado ambiente (natural ou agrícola). Assim, dependendo do caso, uma mesma espécie pode ser a planta cultivada ou a planta daninha como, por exemplo, algumas gramíneas do gênero *Sorghum* e *Brachiaria*.

## PLANTAS DANINHAS

Segundo a definição de Ashton & Mônaco (1991), planta daninha é simplesmente aquela que cresce onde não é desejada. Assim, uma planta de algodão pode ser considerada daninha se crescer em uma plantação de mamona.

Se as condições edafoclimáticas forem propícias à lavoura e às pastagens, serão favoráveis também às espécies daninhas. Se as condições ambientais não forem ideais para as espécies cultivadas, as daninhas poderão, ainda mais facilmente, sobreviver e se perpetuar.

🔒 Você imagina o motivo disso?

🔒 As espécies daninhas são plantas oportunistas, ou seja, utilizam de maneira eficiente os recursos disponíveis, completando seu ciclo de vida de maneira rápida. Elas apresentam características morfológicas e, principalmente, fisiológicas que lhes conferem grande potencial de infestação ou reinfestação devido à alta longevidade das sementes no solo. Em geral, são resistentes a limitações ambientais como estresse hídrico, umidade excessiva, temperaturas extremas, baixa fertilidade do solo e elevadas taxas de salinidade, acidez ou alcalinidade.

Ainda nesta aula, aprenderemos mais sobre as características das plantas daninhas.

## PREJUÍZOS CAUSADOS PELAS PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas reduzem a produção das lavouras e aumentam seus custos. A diminuição da produção se dá pela competição por espaço, água, luz, nutrientes, gás carbônico e oxigênio ou, ainda, por efeitos químicos, através da alelopatia (veja a Aula 7, se você precisar lembrar esse conceito). O aumento dos custos deve-se a fatores como:

- a) necessidade de empregar métodos de controle para as plantas daninhas;
- b) aumento do custo da colheita (por exemplo, podem entupir as colheitadeiras);
- c) diminuição da qualidade dos produtos (por exemplo, sementes destinadas ao plantio misturadas com sementes de plantas daninhas valem menos);
- d) problemas relacionados ao manejo da água (a presença de plantas daninhas pode prejudicar a irrigação e a drenagem).

## INTERFERÊNCIAS DAS INVASORAS NAS ATIVIDADES HUMANAS

As invasoras interferem fortemente nos sistemas de pastagem. A seguir, citamos os principais pontos:

- a) competição das invasoras com as forrageiras por água, luz, nutrientes e espaço. As invasoras de pastagens são mais favorecidas, porque os animais, em geral, não as comem, pois preferem as forrageiras;
- b) alelopatia;
- c) parasitismo – as invasoras podem tornar-se parasitas de forrageiras;
- d) toxicidade aos animais – algumas espécies são tóxicas para o gado. Os animais, naturalmente, selecionam sua comida, mas, em determinadas situações (como a falta de pasto causada pela seca, pastagem superlotada ou deficiência mineral), os animais podem consumir plantas indesejáveis.

Uma série de plantas tóxicas que podem estar presentes em pastos já foi catalogada. Como exemplo, podemos citar a erva-de-rato ou cafezinho (*Palicourea marcgravii*). É altamente tóxica, causa morte súbita e é responsável por 80% das mortes de bovinos;

e) redução da qualidade do produto pecuário – os produtos de origem animal (carne, lã, leite, couro) podem ter sua qualidade prejudicada pelas invasoras. Podemos citar, como exemplos, a contaminação da lã de carneiros por propágulos de picão-preto (*Bidens pilosa*) (Figura 14.1) e de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e o ferimento do couro de animais e de tetas de vacas leiteiras, causado por pontas de arbustos.



Figura 14.1: Picão-preto (*Bidens pilosa*).

f) redução na qualidade de forragens armazenadas – redução da aceitabilidade desses alimentos pelos animais por causa da presença de partes vegetais de plantas invasoras, como capim-carrapicho em fenos.

g) hospedagem de pragas e doenças – pontos de refúgio e criadouro de animais como carrapatos, cobras e morcegos hematófagos em árvores e arbustos.



De forma geral, pode se caracterizar uma pastagem degradada pela presença de plantas invasoras (plantas indicadoras). Isso ocorre, porque o aparecimento de invasoras em pastagens deve-se, habitualmente, às medidas inadequadas de manejo das plantas forrageiras, que podem acarretar no empobrecimento do solo. Como exemplo de plantas indicadoras, podemos citar o sapé (*Imperata brasiliensis*) (Figura 14.2), que indica acidez do solo, e a samambaia (*Pteridium aquilinum*) (Figura 14.3), que indica altos teores de alumínio tóxico.

Em alguns casos, as plantas daninhas não são invasoras nas pastagens, como no caso da região do Pantanal de Mato-Grosso, onde pastagens naturais apresentam plantas tóxicas, que dividem o espaço com as gramíneas.



Figura 14.2: Sapé (*Imperata brasiliensis*).



Figura 14.3: Samambaia (*Pteridium aquilinum*).



### ATIVIDADE

1. As plantas daninhas têm grande importância na produção agrícola devido ao alto grau de interferência imposta às culturas. Utilizando as suas observações do dia-a-dia, leitura de jornais e o que você leu até aqui, o que acredita ser mais difícil de controlar em uma cultura vegetal, o ataque de pragas e as doenças ou as plantas invasoras?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

*Na verdade, não existe regra. Por um lado, as invasoras são mais difíceis de controlar, pois os ataques de pragas e doenças são causados, geralmente, por uma ou poucas espécies, enquanto a infestação de plantas daninhas é ocasionada por muitas espécies que surgem em diferentes épocas do ano, dificultando, assim, o controle. Por outro lado, algumas pragas, como a vassoura-de-bruxa, no cacaueteiro, e o vírus da mancha anelar, em mamoeiros, são problemas fitossanitários identificados há várias décadas, mas ainda sem solução satisfatória.*

## CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas podem ser controladas das seguintes formas:

a) prevenção: consiste em impedir ou evitar que as plantas daninhas sejam introduzidas em áreas agrícolas onde elas ainda não existem. A introdução ocorre, geralmente, através da contaminação por sementes, máquinas agrícolas e animais. A prevenção é o meio mais eficiente de combate às plantas daninhas, mas, muitas vezes, não é bem-sucedida;

b) erradicação: este método baseia-se na eliminação de todas as plantas, inclusive caules subterrâneos e sementes, para só então realizar-se o plantio da cultura de interesse. Este método tem aplicação limitada, pois só é economicamente viável em pequenas áreas (hortas e jardins)

onde todo o solo pode ser removido e/ou peneirado. No caso de plantio extensivo de culturas, os custos seriam exorbitantes;

c) controle: é o método mais comum para combater plantas daninhas na agricultura. Trata da interrupção temporária do seu crescimento durante o ciclo da cultura de interesse, especialmente no **PERÍODO CRÍTICO DE COMPETIÇÃO**. Veremos, a seguir, os tipos de controle usualmente empregados.

❶ controle à enxada: é uma das técnicas mais utilizadas no controle de plantas daninhas, principalmente em regiões pobres, onde a mão-de-obra é abundante e, portanto, tem baixo custo. A limpeza superficial deverá ser iniciada logo que as plantas daninhas comecem a germinar, pois nesse estágio (plântulas) elas são mais suscetíveis ao controle;

❷ capina mecânica: também chamada de cultivo mecânico; utiliza cultivadores tracionados por animal ou trator. Essa técnica apresenta a desvantagem de causar injúrias ao sistema radicular das plantas cultivadas e não elimina as plantas daninhas na fileira de plantio. O cultivo mecânico é incompatível também com o sistema de plantio direto (como é o caso do plantio da soja no Brasil, no qual não é removida a camada de serrapilheira que sobrou na superfície do solo na colheita anterior), ficando restrito aos plantios no sistema convencional de aração e gradagem do solo. Em relação à capina manual, tem a grande vantagem de maior rendimento operacional, principalmente, em áreas extensas;

❸ controle químico: é realizado por meio do uso de herbicidas, que matam ou retardam o crescimento de plantas daninhas em benefício das cultivadas. Possui grande eficiência no controle de plantas daninhas;

❹ controle biológico: consiste em usar agentes, como insetos, fungos e bactérias, para moderar a ação de uma planta daninha. Para um organismo ser chamado de agente, deve ser submetido a rigorosos testes de especificidade. Além disso, tem de demonstrar perenidade no novo ambiente após sua liberação. O controle biológico pode ser aplicado como alternativa ao uso de produtos tóxicos, que causam danos aos seres vivos, ao solo e à água.

#### **PERÍODO CRÍTICO DE COMPETIÇÃO**

Período no qual a presença de plantas daninhas reduz expressivamente o rendimento das plantas cultivadas.

### EFEITO RESIDUAL

De acordo com a estrutura química e as condições edafoclimáticas, os herbicidas podem ser totalmente degradados ou podem deixar resíduos no solo. Esses resíduos podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das culturas em sucessão. Como exemplo, podemos citar o caso do herbicida atrazine, que, se for usado como herbicida na cultura do sorgo, pode causar injúrias na cultura de soja em sucessão.



Os herbicidas utilizados no método de controle químico das plantas daninhas devem ser registrados no Ministério da Agricultura. Em alguns casos, as Secretarias Estaduais de Agricultura podem baixar portarias proibindo o uso de determinados produtos. Para a utilização do controle químico, deve ser feita uma ampla avaliação. É necessário conhecer a seletividade do herbicida para a cultura, a sua eficácia no controle das principais espécies daninhas presentes na área cultivada e o EFEITO RESIDUAL no solo, para evitar problemas de fitotoxicidade nas culturas utilizadas em sucessão ou em rotação. O uso de herbicidas apresenta maior custo inicial que outros métodos de controle e é indicado para lavouras médias e grandes com alto nível tecnológico, onde a expectativa é de alta produtividade. O seu uso está vinculado aos cuidados normais recomendados nos rótulos pelos fabricantes e à assistência de um técnico responsável. Embora seja o método de controle que mais vem crescendo ultimamente, o controle químico, se utilizado indiscriminadamente, pode causar problemas de contaminação ambiental e seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Cuidados adicionais devem ser tomados com o descarte de embalagens, armazenamento, manuseio e aplicação dos herbicidas.



### ATIVIDADE

2. Agora que você já sabe como ocorre a introdução de plantas daninhas em campos de cultivo, descreva alguns procedimentos que podem ser adotados para prevenir o problema.

---

---

---

---

---

---

---

---

### RESPOSTA COMENTADA

Podem ser adotados procedimentos como:

- uso de sementes de qualidade e de boa procedência, livres de mistura com sementes de plantas daninhas;
- limpeza de máquinas e equipamentos agrícolas antes de movimentá-los de um campo para outro;
- interrupção do ciclo reprodutivo das invasoras presentes em cercas, pátios, estradas, terraços, canais de irrigação ou em qualquer outro lugar da propriedade.

Você pode ter citado outros procedimentos além desses. Se tiver alguma dúvida, não deixe de saná-la com a tutoria a distância.

## CONHECENDO PARA CONTROLAR

Para que possamos controlar eficientemente as plantas daninhas, é necessário que elas sejam bem estudadas em seus aspectos morfológicos e fisiológicos, e que as técnicas de controle também sejam bem conhecidas. Foi denominada *contaminação biológica* a introdução involuntária ou proposital de plantas e/ou animais exóticos. Estes, não encontrando resistência ambiental de inimigos naturais, invadem novos ecossistemas, onde se tornam também indesejáveis ou daninhos, causadores de prejuízos ao ambiente e à economia.

## CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DANINHAS

As principais características comuns às plantas daninhas são:

- aproveitamento dos elementos naturais disponíveis – embora todas as plantas apresentem, basicamente, as mesmas necessidades, as daninhas costumam apresentar maior habilidade no aproveitamento da água, da luz, do CO<sub>2</sub> e de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio;
- germinação e desenvolvimento – todas as plantas germinam e se desenvolvem melhor em condições amenas; porém, algumas espécies têm a capacidade de germinar e de se desenvolver onde a maioria das plantas morreria.

Como exemplo, temos a tiririca (**Figura 14.4**), que pode ser encontrada no Brasil em todos os tipos de solo, clima e cultura agrícola;



**Figura 14.4:** Tiririca (*Cyperus sp.*)

- alta capacidade de florescimento – a maioria das espécies daninhas consegue florescer e produzir sementes mesmo sob condições ambientais extremas;

- alta produção de sementes – esta característica, juntamente com a dormência, confere às espécies daninhas a capacidade de perpetuação da espécie e alto poder competitivo. Várias espécies chegam a produzir mais de 100.000 sementes por planta, enquanto a maioria das espécies cultivadas não produz mais que algumas dezenas (Figura 14.5);



Figura 14.5: A erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*) produz cerca de 72.000 sementes, por indivíduo, em cada floração.

- alta capacidade de dispersão de sementes:
  - anemocoria (pelo vento): serralha (*Emilia sonchifolia*) (Figura 14.6);
  - zoocoria (por animais): picão-preto (*Bidens pilosa*);
  - hidrocoria (pela água): língua-de-vaca (*Rumex crispus*) (Figura 14.7);



Figura 14.6: Serralha (*Emilia sonchifolia*).

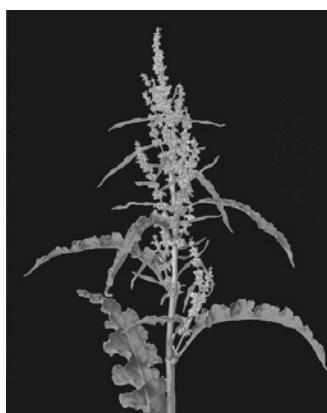


Figura 14.7: Língua-de-vaca (*Rumex crispus*).



Acontece, com frequência, de o tamanho e a forma da semente da invasora coincidirem com os das sementes das plantas cultivadas. São, assim, disseminadas junto com a cultura. De fato, uma das duas formas mais significativas de disseminação de plantas daninhas é a que ocorre por meio de sementes de culturas misturadas com sementes de plantas daninhas. A outra é a disseminação através da água, por canais de irrigação e drenagem.

- dormência – é comum que sementes de plantas daninhas permaneçam dormentes por vários anos, aguardando condições ideais de germinação, desenvolvimento e multiplicação. Além disso, é frequente nas espécies de daninhas a germinação em diferentes épocas do ano;
- reprodução vegetativa – quando são perenes, além de vigorosa reprodução vegetativa e alta capacidade de regeneração de fragmentos, são bastante frágeis, de modo que as plantas se fragmentam e não são totalmente arrancadas do solo, podendo, assim, voltar a se desenvolver;
- adaptação às práticas de manejo – qualquer população de espécies silvestres é provida de mais variação genética do que as populações de plantas cultivadas, pois, no processo de seleção artificial, o homem busca homogeneidade entre os indivíduos. Isso faz com que qualquer que seja a prática de manejo adotada, aquela população, por meio de seus indivíduos, adapta-se e torna-se tolerante àquela prática. Quanto mais heterogênea for uma população, maior será a chance e a velocidade de adaptação à nova prática de manejo. Como exemplo dessa adaptação, pode-se citar o uso contínuo do mesmo herbicida na mesma área, levando uma população, antes suscetível, a tornar-se tolerante ao herbicida através da seleção de plantas resistentes;
- alelopatia – a alelopatia positiva ocorre quando um indivíduo estimula a germinação e o desenvolvimento de outro por meio de compostos secundários. Exemplo: a planta parasita do gênero *Striga* (importante na África e nos EUA) tem sua germinação estimulada quando se planta sorgo.



Quando se lida com plantas daninhas, é importante adotar a rotação de culturas ou a integração de métodos de controle para driblar a sua capacidade de adaptação ao manejo.

Para a escolha da melhor estratégia de manejo de plantas daninhas, são fundamentais estudos científicos que forneçam dados sobre os diferentes aspectos das plantas em cultivo e das potenciais invasoras.

A biologia e a ecologia constituem a base para a escolha do sistema de manejo. Por exemplo: as espécies invasoras de picão (*Bidens pilosa*, *Galinsoga parviflora* – **Figura 14.10**) são sensíveis à ação alelopática (negativa) do centeio. Assim, o uso do centeio como cultura em rotação com a soja numa área infestada com estas duas espécies poderá ajudar no manejo.



**Figura 14.8:** Picão-branco (*Galinsoga parviflora*).

A taxonomia é fundamental para a correta determinação da espécie acarretando na escolha correta da estratégia de controle.

A morfologia interna e a externa das plantas são importantes. Podemos dar o exemplo de algumas espécies que se tornam tolerantes ao 2,4-D (herbicida desfolhante) por possuírem caules subterrâneos que garantem a rebrota livre do herbicida.

A fisiologia e a bioquímica também dão sua colaboração. Como exemplo, temos o arroz, que é resistente ao herbicida propanil (dicloroanilida), pois tem a capacidade de degradá-lo. No entanto, as espécies daninhas de *Echinochloa sp* (capim-arroz – **Figura 14.9**), por não o degradarem, são sensíveis ao produto. É interessante observar

que, com o uso intensivo deste herbicida em lavouras de arroz, já foram reportados casos de adaptação do capim-arroz.



Figura 14.9: Capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*).

### CAUSAS DA MÁ UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS

Existem algumas causas freqüentes dos problemas devidos à má utilização dos herbicidas, que listamos a seguir.

a) O agricultor não procura um profissional especializado e, geralmente, desconhece os efeitos do produto no organismo e para o meio ambiente. A análise do especialista deve levar em consideração o diagnóstico das espécies de invasoras; o conhecimento de seus ciclos de vida; os equipamentos disponíveis para a pulverização; o tipo de vegetação próximo e a localização dos mananciais hídricos.

b) O profissional se equivoca na recomendação de dosagens e/ou mistura dos produtos.

c) A recomendação é feita por engenheiros agrônomos que trabalham para empresas de revenda de herbicidas, as quais podem ter como objetivo comercializar um produto, a despeito de não ser necessariamente a melhor alternativa.

d) Falha no diálogo entre pesquisadores e o agricultor, por ineficiência de órgãos criados para facilitar a troca de experiências.



### ATIVIDADE

3. Sabendo que:

- ❶ plantas anuais são aquelas que possuem um ciclo vegetativo (germinam, desenvolvem, florescem, produzem sementes e morrem) dentro de, no máximo, um ano e reproduzem-se por sementes (exemplo: caruru – *Amaranthus viridis*);
- ❷ as bianuais são plantas que no primeiro ano apresentam apenas crescimento vegetativo para no segundo ano produzirem flores, frutos e sementes, e, após a disseminação das sementes, morrem; algumas podem se comportar também como anuais, dependendo da região (exemplo: rubim – *Leonurus sibiricus*);
- ❸ as perenes se mantêm vivas durante muito tempo, reproduzindo-se todos os anos, além de, geralmente, multiplicarem-se vegetativamente por rizomas, estolões etc. (exemplo: tiririca – *Cyperus sp*).

Que estratégia você utilizaria para o controle das seguintes invasoras:

- a. Caruru?
- b. Rubim?
- c. Tiririca?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### COMENTÁRIO

*Independente da estratégia que você escolheu, precisa ter levado em conta os seguintes fatos relacionados:*

- a. o caruru é uma planta anual, assim, todo o trabalho de controle deve estar voltado à não-produção de sementes;*
- b. o rubim é uma planta bianual, assim, deve ser combatido no 1º ano, antes que floresça;*
- c. a tiririca é uma planta perene que se multiplica vegetativamente com muita eficiência. Elas são melhor controladas por meio de herbicidas sistêmicos, pois os sistemas mecânicos de controle fazem com que se multipliquem ainda mais, pois se fragmentam e espalham pedaços que rebrotam.*

## BIOSSEGURANÇA X PLANTAS INVASORAS

Uma das preocupações freqüentemente apontadas por aqueles que refletem sobre questões de segurança relacionadas ao uso de plantas geneticamente modificadas (GM) é com as plantas invasoras. Teme-se que:

- plantas cultivadas se tornem invasoras em outros ambientes para além dos domínios das plantações;
- através da transferência horizontal de genes, surjam novas variedades de plantas daninhas capazes de danos devastadores.

Com relação ao primeiro ponto, é extremamente improvável que plantas domesticadas consigam se autopropagar de forma eficiente e competitiva em qualquer contexto ecológico, pois, ao longo do processo de melhoramento, sua sobrevivência se tornou inteiramente dependente das atividades humanas.

Já em relação ao segundo ponto, genes de resistência a pragas ou seca, por exemplo, quando introduzidos numa cultura, podem ser adquiridos por seus parentes próximos selvagens, aumentando sua capacidade de invasão, pois culturas como arroz ou aveia ainda compartilham muitas características com seus ancestrais. Essa passagem de genes entre diferentes espécies (transferência horizontal) pode ocorrer por **INTROGRESSÃO**. Embora a hibridização de uma espécie domesticada com uma invasora seja um evento raro e que a produção de pólen em algumas espécies domesticadas também seja raro, eles podem ocorrer:

- exemplos de hibridização são observados entre as espécies cultivadas de milho e seus parentes silvestres;
- eventos de baixa probabilidade, quando multiplicados por uma grande exposição, no caso, número de flores, tornam-se inevitáveis.

Devemos, entretanto, lembrar que os riscos que advêm de eventos de introgressão são independentes do tipo de melhoramento e não estão restritos às plantas GM. Medidas para mitigar os impactos da agricultura precisam receber maior atenção no setor.

## MAS ELAS SÃO MESMO SÓ VILÃS?

As plantas daninhas são, normalmente, citadas pelos prejuízos culturais e econômicos que causam. Raramente são enfocados os seus benefícios potenciais ao homem e às culturas agrícolas.

### INTROGRESSÃO

É a introdução espontânea, e, portanto, sujeita à seleção natural, de alelos ou genes novos em uma população a partir da hibridização entre indivíduos dessa população com os de uma fonte exótica, normalmente de outra espécie. Esse processo natural é equivalente ao do melhoramento vegetal onde se cruza uma variedade comercial com uma selvagem, visando alguma característica dessa última e, depois, são feitos cruzamentos seguidos entre os indivíduos da prole até que se obtenham plantas com as características desejáveis de ambas as espécies (seleção artificial).

Como já dissemos, são plantas que suportam estresses como escassez de água e extremos de temperatura. Espécies que medram em diferentes latitudes e longitudes, em diversos tipos de solos. Têm a capacidade de crescer e se reproduzir onde outras plantas dificilmente sobreviveriam. O estudo destas características pode nos fornecer conhecimento precioso a respeito da conquista e sobrevivência em novos ambientes. Constituem um banco de genes de resistência com enorme utilidade potencial.

Ao lado do que já foi dito, muitas são utilizadas em diversos aspectos do nosso dia-a-dia. Aqui, daremos apenas alguns exemplos. Você certamente conhece outros.

### Alimentação

Folhas de serralha (*Emilia sonchifolia.*), caruru (*Amaranthus viridis.*) (Figura 14.10) e beldroega (*Portulaca oleracea*) (Figura 14.11) são ricas em vitamina A e podem ser consumidas em saladas.



Figura 14.10: Caruru (*Amaranthus viridis*).



Figura 14.11: Beldroega (*Portulaca oleracea*).

### Plantas apícolas

Como exemplos de plantas de interesse para o setor de apicultura, podemos citar o mata-pasto (*Eupatorium squalidum*), o carrapicho (*Desmodium incanum*) e o cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*) (Figura 14.12).



Figura 14.12: Cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*).

## Forrageiras

Como forrageiras, temos o capim-colonião (*Panicum maximum*) e o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), dentre outras.

## Medicinais

Dentre uma infinidade de plantas invasoras com propriedades medicinais, podemos citar a carqueja (*Bacharis trimera*), o picão (*Bidens pilosa*) e a tiririca (*Cyperus sp.*).



### Plantas medicinais x Plantas invasoras

Pesquisadores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro estudaram as plantas invasoras de uso medicinal e alimentar em áreas de produção de olerícolas (hortaliças) no município de Teresópolis, RJ. Os autores encontraram um total de 43 plantas invasoras com indicação da utilização na região, distribuídas por 33 gêneros de 17 famílias, das quais 90% são plantas de uso medicinal e 16% utilizadas na alimentação.

## ADUBAÇÃO VERDE

Monoculturas são muito mais difíceis de manejar do que sistemas mais complexos, pois todas as relações ecológicas, principalmente o equilíbrio presa-predador, estão alteradas, e a pressão sobre a cultura agrícola é intensa. Muitos agricultores optam pelo cultivo de diferentes plantas que, mesmo sem produzir grãos ou frutos, melhoraram os resultados das culturas comerciais. Chamadas de adubos verdes, muitas espécies são utilizadas com efeitos positivos sobre a fertilidade, microfauna e estrutura do solo.

Em função do fato de as invasoras apresentarem alta produtividade e de muitas serem capazes de fixar o nitrogênio do ar (leguminosas), podem ser utilizadas como adubo verde quando tomadas as devidas precauções de manejo. Exemplos: Guizo-de-cascavel e xique-xique (*Crotalaria spectabilis*, *C. lanceolata*) (Figura 14.13).



Figura 14.13: Guizo-de-cascavel (*Crotalaria sp.*).

## CONTROLE BIOLÓGICO X PLANTAS INVASORAS

São conhecidos os efeitos das seguintes plantas, bastante comuns: erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*) repele afídeos; as raízes de rabo-de-foguete (*Tagetes minuta*) produzem substâncias que matam nematóides do solo; o guizo-de-cascavel (*Crotalaria spectabilis*) costuma ser cultivado para controle de nematóides.



### Agricultura sustentável

O emprego de técnicas de agricultura sustentável nos mostra que invasoras podem ser utilizadas para controlar pragas em plantações. A utilização deste tipo de controle, além de melhor que o uso de pesticidas, pode ser mais barata!

Você quer um exemplo? As plantações de milho na África são intensamente atacadas por *Busseola fusca*, um lepidóptero cujas larvas se alimentam das plantas de milho. Os fazendeiros africanos estão conseguindo controlar o lepidóptero plantando capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) ao lado do milho.

O capim-elefante é uma daninha muito agressiva e de difícil controle, embora também possua excelentes qualidades forrageiras. Foi introduzida em nosso país para esse fim. Atualmente, é encontrada infestando lavouras anuais e perenes. Essa "daninha", quando plantada com o milho, protege a cultivada contra o lepidóptero, pois o inseto prefere o capim-elefante, mas ele produz uma substância que mata as larvas. Além disso, o capim-elefante protege o milho de ventos fortes e previne a erosão do solo em torno de suas raízes.

Se você se interessou pelo assunto, busque mais informações sobre as pesquisas desenvolvidas por Dr. Khan, um cientista indiano e diretor de pesquisa do Centro Internacional para a Fisiologia e Ecologia.

## Ornamentais

Diversas plantas invasoras são belíssimas e utilizadas em ornamentação. Dentre elas temos o lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium* – Figura 14.14), a pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* – Figura 14.15) e a campainha (*Ipomoea cairica* - Figura 14.16).



Figura 14.14: Lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*).



Figura 14.15: Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*).



Figura 14.16: Campanha (*Ipomoea cairica*).



Plantas companheiras são aquelas que interagem sinergicamente em um sistema de cultivo de várias culturas numa mesma área (consórcio de culturas), que tem como objetivo alcançar uma produção eficiente. Anteriormente, nesta aula, você viu vários exemplos de plantas daninhas que podem ser cultivadas como companheiras por diferentes motivos.

## CONCLUSÃO

Você ainda acredita que as invasoras são sempre vilãs? Certamente, agora você as vê de uma forma mais abrangente, não é mesmo? Esperamos que esta nova maneira de vê-las possa ser difundida entre seus futuros alunos; afinal, devemos isso a esses seres tão fascinantes e muitas vezes injustiçados, que são as plantas chamadas daninhas!

## ATIVIDADE FINAL

Pesquise e descreva um caso em que uma tentativa mal planejada de introdução de uma espécie vegetal acarretou contaminação biológica.

---

---

---

---

---

---

**RESPOSTA COMENTADA**

*Esperamos que você tenha pesquisado e descrito um dos inúmeros casos de falta de planejamento adequado para introdução de espécie exótica. Dentre eles, podemos citar:*

- o capim-colonião (*Panicum maximum*), de origem africana, que foi introduzido como espécie forrageira; compete fortemente com a flora nativa e forma uma biomassa altamente inflamável;
- algaroba (*Propolis juliflora*), de origem peruana, foi introduzida como forrageira e pela sua madeira; dificulta a germinação de plantas nativas, pois forma uma densa camada de serrapilheira à sua volta;
- aguapé (*Eichornia crassipes*) espécie sul-americana; recobre superfície de corpos de água, impedindo sua oxigenação e prejudicando as espécies aquáticas.

*Não se esqueça de que, embora esses problemas tenham surgido, não significa que não devemos introduzir espécies exóticas, apenas isso não deve ser feito sem pesquisa e cuidados de planejamento.*

**RESUMO**

As plantas invasoras constituem um problema cujo controle é responsável pelo aumento dos custos da produção em lavouras e pastagens. No entanto, são organismos fascinantes, que conseguem sobreviver e se reproduzir onde a maioria das espécies vegetais não conseguiria, e que têm muito a contribuir para o nosso conhecimento em diversas áreas da Biologia. Além da inquestionável importância em termos científicos, são úteis em diversos outros aspectos e podem ser empregadas como plantas medicinais, forrageiras, apícolas, adubo verde e em controle biológico, dentre outros. Enfim, são muito mais do que simples plantas daninhas!



## O Incrível Poder dos Seres Clorofilados

---

Referências

## Aula 1

---

BOLSA de Mercadorias e Futuros. Disponível em: <[www.bmf.com.br](http://www.bmf.com.br)>. Acesso em: 17 jun. 2005.

ENTREVISTA de Amyra El Khalili: inserção dos excluídos no mercado. Disponível em: <<http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-EntrevistasArtigos.asp>>. Acesso em: 13 maio 2005.

GLOBO Rural. Disponível em: <[www.revistagloborural.globo.com](http://www.revistagloborural.globo.com)>. Acesso em: 13 maio 2005.

UNITED Nations Environment Programme. *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUD)*. Disponível em: <[www.unep.org](http://www.unep.org)>. Acesso em: 15 jun. 2005.

VALOR Econômico. Disponível em: [www.valor.com.br](http://www.valor.com.br). Acesso em: 13 maio 2005.

## Aula 3

---

BORÉM, Aloízio. *Melhoramento de plantas*. Viçosa: UFV, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. Disponível em: <[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)>. Acesso em: 16 jun. 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Organização das Nações Unidas para Comida e Agricultura. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 16 jun. 2005.

## Aula 4

---

BRASILEIRO, A. C. M.; CANÇADO, G. M. de A. Plantas transgênicas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 21, n. 204, p. 28-35, maio/jun. 2000.

TORRES, Antonio Carlos; CALDAS, Linda S.; BUSO, José Amauri. *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília, DF: EMBRAPA, 1999. v. 2.

### SITES RECOMENDADOS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br). Acesso em: 22 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Disponível em: <[www.ctnbio.gov.br](http://www.ctnbio.gov.br)>. Acesso em: 22 jun. 2005.

CODEX Alimentarius. Disponível em: <[www.codexalimentarius.net/biotech/en/DNAPlant.htm](http://www.codexalimentarius.net/biotech/en/DNAPlant.htm)>. Acesso em: 22 jun. 2005.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. Disponível em: <[www.cib.org.br](http://www.cib.org.br)>. Acesso em: 22 jun. 2005.

GREENPEACE Brasil. Disponível em:<[www.greenpeace.org.br](http://www.greenpeace.org.br)>. Acesso em: 22 jun. 2005.

MONSANTO: alimentos em abundância em um meio ambiente saudável. Disponível em: <[www.monsanto.com.br](http://www.monsanto.com.br)>. Acesso em: 22 jun. 2005.

WORLD Health Organization. Disponível em: <[www.who.int](http://www.who.int)>. Acesso em: 22 jun. 2005.

## Aula 5

---

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução ANVS n.º 104, de 14 de maio de 1999. Aprova o Regulamento Técnico sobre Aditivos Aromatizantes/Aromas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF; 17 maio 1999.

CAMARGO, Maria Thereza L. de A. *Contribuição ao estudo etnofarmacobotânico de plantas condimentícias empregadas na medicina popular. Rojasiana*, v. 1, n. 2, p. 1-3. 1993.

FAHN, A. *Secretory tissues in plants*. London: Academic Press, 1979.

FUN, C. E., SVENDENSEN, A. B. The essential oil of *Lippia alba* (Mill) n. e. Brown. *Journal of Essential Oil Research*, n. 2, p. 265-267, 1990.

SINGH, G. et al. Chemical constituents and antifungal activity of *Lippia alba* Mill. leaf essential oil. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, v. 22, n. 1, p. 701-703, 2000.

WURYATMO, E.; KLIEBER, A.; SCOTT, E. S. Inhibition of citrus postharvest pathogens by vapor of citral and related compounds in culture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 9, p. 2637-2640, 2003.

## Aula 6

---

ALBUQUERQUE, Ulisses Paulino. *Introdução à etnobotânica*. Recife: Bagaço, 2000.

ALEXIADES, Miguel N. Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: a field manual.

*The New York Botanical Garden*, New York, 1996.

AMOROZO, Maria Christina M. de. A abordagem etnobotânica na pesquisa de plantas medicinais. In: DI STASI, Luiz Cláudio. *Plantas medicinais: arte e ciência – um guia de estudo interdisciplinar*. São Paulo: Unesp, 1996.

BRUM, LIA. *Ciência Hoje On-line*. Disponível em: <[www.cienciahoje.uol.com.br](http://www.cienciahoje.uol.com.br)>. Acesso em: 3 maio 2005.

LIMA, Sharon Santos. *Polygonum acre* H. B. K. var. *aquatile* (Erva-de-bicho): estudos biotecnológicos para produção de um fitoterápico. 2001. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MARTIN, G. J. Etnobotânica: manual de métodos: manuales de conservación, *Série Pueblos y Plantas 1*, WWF. Uruguay, Nordan-Comunidad, 2000.

SANT'ANA, Paulo José Péret de. *A Bioprospecção no Brasil: contribuições para uma gestão ética*. Brasília: Paralelo 15, 2002. 220P.

SILVA, Carlos Frederico Nogueira. *Uso da cultura de tecidos para padronização de fitoterápicos utilizando Bryophyllum calycinum Salisb (Coirama) Crassulaceae*. 2002. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

#### SITES RECOMENDADOS

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <[www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)>. Acesso em: 20 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. Periódicos Capes. Disponível em: <[www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br)>. Acesso em: 20 jun. 2005.

CIÊNCIA Hoje On-line. Disponível em: <[www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br)>. Acesso em: 15 jul. 2005.

## Aula 7

---

ALMEIDA, M. Z. de. *Plantas medicinais*. 2. ed. Salvador, BA: UFBA, 2003. 214 p.

BUCKEL, P. Toward a new natural medicine. *Naturwissenschaften*, Berlin, v. 85, p. 155-163.

GADANO, A. et al. In vitro genotoxic evaluation of the medicinal plant *Chenopodium ambrosioides* L.. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 81, p. 11-16, 2002.

Junior, V. F. V., Pinto, A. C. & Maciel, M. A. M., 2005. Plantas medicinais: cura segura? *Química nova*, 28 (3) 519-528.

FONTES, O. L. *Farmácia homeopática: teoria e prática*. Barueri: Manole, 2001, 353p.

SIMÕES, C. M. O. et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2002. 833p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719p.

#### SITES RECOMENDADOS

CONIUM. In: WIKIPEDIA: a enciclopedia livre. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Conium>> . Acesso em: 23 dez. 2005.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES TÓXICO FARMACOLOGICAS. FIOCRUZ. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/sinitox/2002/brasil2002.htm>> . Acesso em: 23 dez. 2005.

WORMSEED: *teloxys ambrosioides* (L.) Weber (Syn. *Chenopodium ambrosioides* L). Disponível em: <<http://www.herbalsafety.utep.edu/herbs-pdfs/epazote.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2005.

THE USE of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. Chapter 3b. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x2230e/x2230e07.htm>> . Acesso em: 23 dez. 2005.

---

## Aula 8

AGUAPÉ: o vegetal-água. Disponível em: [www.jardimdeflores.com.br/CURIOSIDADES/A24aguap%E9.htm](http://www.jardimdeflores.com.br/CURIOSIDADES/A24aguap%E9.htm). Acesso em: 15 ago. 2005.

DINARD, A L. et al. Fitorremediação. In: FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁVEIS, 3., 2003, Rio Claro. São Paulo: Faculdades Integradas Claretianas, 2003. Disponível em: <http://www.ceset.unicamp.br/lte/Artigos/3fec2407.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2005.

KAMIDA, H. M. et al. Biodegradação de efluente têxtil por *Pleurotus sajor-caju*. *Quim. Nova*, v. 28, n. 4, p. 629-632, 2005.

PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 335-341, 2003.

RAÍ, U. N. Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: removal of heavy metals. *Ecological Engineering*, v. 5, p. 5-12, 1995.

REVISTA BIOTECH. São Paulo, ano 2, n. 04, junho 2004. Disponível em: [www.cib.org.br](http://www.cib.org.br). Acesso em: 12 ago. 2005.

## Aula 9

---

BIODIESEL Eco óleo. Disponível em: <http://www.biodieselecooleo.com.br>. Acesso em: 28 set. 2005.

ESPIRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. *Cana-de-açúcar: histórico*. Disponível em: <http://www.seag.es.gov.br/cana>. Acesso em: 28 set. 2005.

FOLHA on line. *Ciência*. <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia>. Acesso em: set. 2005.

INOVAÇÃO Unicamp. Disponível em: <http://www.inovacao.unicamp.br>. Acesso em: 28 set. 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. *Jornal da Ciência*. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br>. Acesso em: 28 set. 2005.

## Aula 10

---

BARRA, E. *Reflexões sobre tetos-jardim*. Disponível em: [www.jornaldapaisagem.com.br](http://www.jornaldapaisagem.com.br). Acesso em: 30 maio 2005.

BRASIL. MEC. Assessoria de Comunicação social. *Jornal do MEC*, p. 8 - 9. Brasília, nov./dez. 2000. Disponível em : [www.mec.gov.br](http://www.mec.gov.br). Acesso em: 16 maio 2005.

MOTTA, F. L. *Roberto Burle Marx e a nova visão da paisagem*. São Paulo: Nobel, 1993. 225 p.

PORSCH, U.; KÖHLER, M. Life cycle costs of green roofs : a comparison of Germany, USA and Brazil. In: RIO-3 WORLD CLIMATE & ENERGY EVENT, 1-5 de dezembro 2003. Rio de Janeiro de, 2003.

RELPH, E. *A paisagem urbana moderna*. Rio de Janeiro: Edições 70, 1987. (Arquitetura & Urbanismo).

ROLA, S. M. et. al. *Naturação, água e o futuro das cidades no contexto das mudanças ambientais globais*. Disponível em: [www.iabry.org.br](http://www.iabry.org.br). Acesso em: 18 maio 2005.

\_\_\_\_\_ et al. *Naturação: história de um conceito e definição de uma tecnologia*. Disponível em: [www.iabry.org.br](http://www.iabry.org.br). Acesso em : 18 maio 2005.

TAYLOR, T. Sky Lawn : green roofs are providing an energy-efficient, scenic solution in unexpected places. *Architecture*, jul. Disponível em: <[www.earthpledge.org/SADPDF/architecture\\_july2003.pdf](http://www.earthpledge.org/SADPDF/architecture_july2003.pdf)> . Acesso em: 18 maio 2005.

#### SITES RECOMENDADOS

BURLE MARX. Disponível em: <[www.burlemarx.com.br](http://www.burlemarx.com.br)>. Acesso em: 16 maio 2005.

FUNDATION le corbusier. Disponível em: <[www.fondationlecorbusier.asso.fr](http://www.fondationlecorbusier.asso.fr)>. Acesso em: 16 maio 2005.

INDEX: só biografias. Disponível em: <[www.sobiografias.hpg.ig.com.br](http://www.sobiografias.hpg.ig.com.br)>. Acesso em: 16 maio 2005.

INSTITUTO VIRTUAL INTERNACIONAL DE MUDANÇAS GLOBAIS. Disponível em: <[www.ivig.coppe.ufrj.br](http://www.ivig.coppe.ufrj.br)>. Acesso em: 16 maio 2005.

---

#### Aula 11

ARQUITEXTOS: periódicos mensal de arquitetura. Disponível em: <[www.vitruvius.com.br/arquitextos/assunto/assunto\\_paisagismo.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/assunto/assunto_paisagismo.asp)>. Acesso em: 14 out. 2005.

ÁRVORES na cidade. Disponível em: <[www.jardimdeflores.com.br/PAISAGISMO/A29arvoresnacidade.htm](http://www.jardimdeflores.com.br/PAISAGISMO/A29arvoresnacidade.htm)>. Acesso em: 14 out. 2005.

DEAN, Warren. A botânica e a política imperial: a introdução e a domesticação de plantas no Brasil. *Estudos históricos*, v. 4, n. 8, p. 216-228, 1991.

ENTREVISTA Roberto Burle Marx. Disponível em: <[www.vitruvius.com.br/entrevista/burlemarx/burlemarx\\_2.asp](http://www.vitruvius.com.br/entrevista/burlemarx/burlemarx_2.asp)>. Acesso em: 14 out. 2005.

MACEDO, Silvio Soares. *O paisagismo moderno brasileiro: além de Burle Marx*. Disponível em: <[www.usp.br/fau/deprojeto/gdpa/paisagens-artigos/burle1.pdf](http://www.usp.br/fau/deprojeto/gdpa/paisagens-artigos/burle1.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2005.

PERLIN, Jonh. Mesopotâmia. In: \_\_\_\_\_. *História das florestas: a importância da madeira no desenvolvimento da civilização*. Rio de Janeiro: Imago, 1989.

---

#### Aula 12

DAFNI, A. *Pollination ecology, a practical approach*. S. New York: Oxford University Press, 1992. (Series editors D. Rickhood & B. D. Hames)

DIAS, S. M.; SILVA, R. R. Perfumes: uma química inesquecível. Química nova na escola, perfumes, n. 4, 1996.

LOUREIRO, V. R., 2002. *Amazônia: uma história de perdas e danos, um futuro a (re)construir*. *Estud. av.*, May/Aug., vol.16, no.45, p.107-121.

MARINHO, V. M. C. Como as empresas de cosméticos estão utilizando o conhecimento tradicional e as plantas medicinais. In: REUNIÃO ANUAL SOBRE EVOLUÇÃO, SISTEMÁTICA E ECOLOGIA MICROMOLECULARES, 26., 2004, Niterói. Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

NATURA. Disponível em:< <http://www.natura.net>>. Acesso em: 23 dez. 2005

POMBAL, E. C. P. *A polinização por moscas*. In: MORELLATO, P. C. ; LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs.). *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: reserva de Santa Genebra*. Campinas, SP: UNICAMP, 1995. p. 51-53.

PROJETO BIODIVERSIDADE BRASIL. Disponível em: <<http://www.biodiversidadebrasil.com.br>>. Acesso em: 23 dez. 2005.

---

### Aula 13

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Legislação. Resoluções. Resolução nº 335, de 22 de julho de 1999. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, Brasília, 23 de jul. 1999. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/335\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/335_99.htm). Acesso em: 2 dez. 2005.

\_\_\_\_\_. Legislação. *Resolução nº 79, de 28 de agosto de 2000*. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, Brasília, 31 de ago. 2000. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=18300&word>. Acesso em: 3 dez. 2005.

EVERSHED, R. P. et al. Archaeological frankincense. *Nature*, v. 390, p. 667-668, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível em:< <http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 2 dez. 2005.

---

### Aula 14

ASHTON, F.M., MONACO, T.D. *Weed science: principles and practices*. 3 ed. New York : J. Wiley, 1991. 272p.

Brandão, M., Laca-Buendia, J.P., Gavilanes, M. L., Zurlo, M. A., Cunha, L. H. de S., Cardoso, C., 1985. Novos enfoques para plantas consideradas daninhas. Informe agropecuário, 11(129):3-12.

Lorenzi, H., 2000. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3ª. Ed. Nova Odessa, SP.

Pearce, F., 2001. An ordinary miracle. New Scientist, 169 (2276):16-17.

Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: [www.santacabrini.rj.gov.br](http://www.santacabrini.rj.gov.br)



ISBN 85-7648-213-4



9 788576 482130



**UENF**  
Universidade Estadual  
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense

**UFF**



**UNIRIO**



**FUNDAÇÃO  
SANTA CABRINI**  
Provedora de acesso à Cidadania



**FAPERJ**  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo  
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO  
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério  
da Educação

**BRASIL**  
UM PAÍS DE TODOS  
GOVERNO FEDERAL