

Módulo 1

Volume | 1

Cecília Maria Rizzini
Yocie Yoneshigue Valentin

| Botânica II





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

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

Botânica II

Volume 1 - Módulo 1

Cecília Maria Rizzini

Yocie Yoneshigue Valentin



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**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) 2299-4565 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

Cecília Maria Rizzini
Yocie Yoneshigue Valentin

CONVIDADA:

Cristina Aparecida Gomes Nassar

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Anna Carolina da Matta Machado
Marcia Pinheiro

COORDENAÇÃO DE LINGUAGEM

Maria Angélica Alves

REVISÃO TÉCNICA

Marta Abdala

Departamento de Produção

EDITORA

Tereza Queiroz

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

COPIDESQUE

Nilce Rangel Del Rio

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Kátia Ferreira dos Santos
Patrícia Paula

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Yozo Kono

ILUSTRAÇÃO

Jefferson Caçador

CAPA

Eduardo Bordoni

PRODUÇÃO GRÁFICA

Andréa Dias Fiães
Fábio Rapello Alencar

Copyright © 2005, 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.

R627b

Rizzini, Cecília Maria.
Botânica II. v.1 / Cecília Maria Rizzini. – Rio de Janeiro :
Fundação CECIERJ, 2008.
156p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-066-2

1. Fotossíntese. 2. Reprodução de Criptógamos. 3. Fungos.
4. Algas. 5. Gimnospermas. 6. Angiospermas. I. Valentin, Yocie
Yoneshigue. II. Título.

CDD: 581

2008/2

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

SUMÁRIO

Aula 1 – Como classificar os organismos fotossintetizantes e não-fotossintetizantes _____	7
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 2 – Diversidade reprodutiva dos Criptógamos não-sintetizantes: fungos _____	17
<i>Cristina Aparecida Gomes Nassar / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 3 – Prática de reprodução de Criptógamos não-fotossintetizantes: fungos _____	37
<i>Cristina Aparecida Gomes Nassar / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 4 – Como os Criptógamos fotossintetizantes se reproduzem? _____	41
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 5 – Ciclos de vida ou ciclos de desenvolvimento nos Criptógamos fotossintetizantes _____	53
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 6 – Diversidade reprodutiva dos Protistas fotossintetizantes: algas uni e pluricelulares _____	67
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 7 – Atividade sobre a diversidade reprodutiva dos Protistas fotossintetizantes: as algas uni e pluricelulares _____	91
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 8 – Diversidade reprodutiva das Briófitas e Pteridófitas _____	99
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 9 – Prática de reprodução dos Criptógamos fotossintetizantes: Briófitas e Pteridófitas _____	121
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Aula 10 – A diversidade reprodutiva dos Fanerógamos: Gimnospermas e Angiospermas _____	125
<i>Cecília Maria Rizzini / Yocie Yoneshigue Valentin</i>	
Referências _____	153

Como classificar os organismos fotossintetizantes e não-fotossintetizantes

AULA

1

Meta da aula

Levar o aluno a entender a classificação dos organismos fotossintetizantes e os não-fotossintetizantes dentro da hierarquia botânica.

objetivos

Ao final da leitura desta aula, você deverá ser capaz de:

- Distinguir as características principais entre os seres procariontes e eucariontes.
- Descrever o conceito de reprodução.
- Classificar os organismos fotossintetizantes e os não-fotossintetizantes.

Pré-requisito

Para melhor acompanhar este texto é importante que você releia a 1ª aula do Módulo 1 (Botânica I), especialmente a Introdução, os conceitos dos seres procariontes e eucariontes e os três domínios desses organismos (*Bacteria*, *Archea* e *Eukarya*).

INTRODUÇÃO

Diante da imensa diversidade do mundo natural, instintivamente, o homem passa a classificar os elementos que encontra visando à melhor compreensão do mundo que o cerca. Já na Antigüidade, o homem aprendeu a distinguir entre os tipos de plantas, as que seriam úteis como alimento, as que poderiam ser utilizadas como combustível, as medicinais, as venenosas etc.

A principal ciência que se dedica ao conhecimento da diversidade biológica é a taxonomia – ciência que cuida da classificação e identificação dos seres vivos, assim como da nomenclatura (*táxon*, em grego, significa ordenar e *nomos*, lei, nome). Um sistema de classificação pode ser construído com diferentes objetivos. Cada um deles terá um princípio filosófico e normativo distinto e irá empregar distintos conjuntos de caracteres.

A taxonomia formalizou-se cientificamente a partir das atividades de Lineu, no século XVIII. Ele criou um sistema de classificação hierarquizado (com entidades de diferentes níveis, desde espécie até filo e reino) e um conjunto de regras formais para nomear essas entidades e descrevê-las. Esse conjunto de regras persiste, tendo evoluído para os atuais Códigos de Nomenclatura Biológica (há cinco em vigor: Zoologia, Botânica, Fungos, Bactérias, Vírus e Plantas Cultivadas).

As primeiras tentativas para se estabelecer regras de nomenclatura botânica são devidas a Lineu que as esboçou em sua obra *Filosofia Botânica*, publicada em 1751. No entanto, elas só tomaram corpo em 1867, quando foi elaborado o 1º Código Internacional de Nomenclatura Botânica, apreciado pelo Congresso Internacional de Botânica, realizado em Paris. O aperfeiçoamento do Código foi uma imposição do grande desenvolvimento observado na Taxonomia, que dia a dia se defrontava com a complexidade dos problemas que surgiam, à medida que eram descobertas novas entidades. As regras de nomenclatura botânica só adquiriram forma definitiva no Congresso Internacional realizado em Viena, em 1905; posteriormente, elas foram aperfeiçoadas sucessivamente em conclave (reuniões) internacionais. Atualmente, está em vigor o Código aprovado no último Congresso realizado, em 2000.

No século XIX e início do século XX, todos os organismos vivos, excluindo os vírus, foram classificados como plantas ou animais. Em meados do século XX, mais exatamente na década de 1960, foi proposto um terceiro grupo para os organismos flagelados, o dos Protistas; aparentemente, eles se situavam numa posição intermediária entre as plantas e os animais (posição em que estão incluídas as algas). Também as bactérias (que incluem as algas verde-azuladas) e os fungos foram retirados do reino das plantas, formando mais dois grupos. Já falamos dessa classificação na primeira aula da Botânica I, assim como do critério internacionalmente aceito atualmente, que divide esses organismos em

três Domínios: *Bacteria*, *Archea* (ambos procariontes) e *Eukarya* (eucariontes), sendo o último dividido em quatro Reinos: *Protista*, *Fungi*, *Plantae* e *Animalia*. Por fim, foi o aparecimento do microscópio eletrônico que promoveu o desenvolvimento de uma série de estudos que levaram à classificação de todos os organismos vivos em dois grupos distintos: **procariontes** e **eucariontes**. Antes de analisarmos tal classificação, vamos detalhar as grandes diferenças entre esses dois grupos. Não deixem de dar uma olhada na Introdução da primeira aula de Botânica I, em que estabelecemos o conceito de seres procariontes e eucariontes.

O CONCEITO DE SERES PROCARIONTES E EUCARIONTES

Procariontes são todos os organismos que apresentam uma simplicidade morfológica (Figura 1.1) e que não possuem:

- núcleo limitado por uma membrana;
- plastídeo;
- mitocôndrias;
- Complexo golgiense (antigo Aparelho de Golgi);
- células compreendendo entre 1 e 10 MICRÔMETROS.

1 MICRÔMETRO
corresponde à
milionésima parte do
milímetro, ou seja,
1.000 micrômetros =
1mm

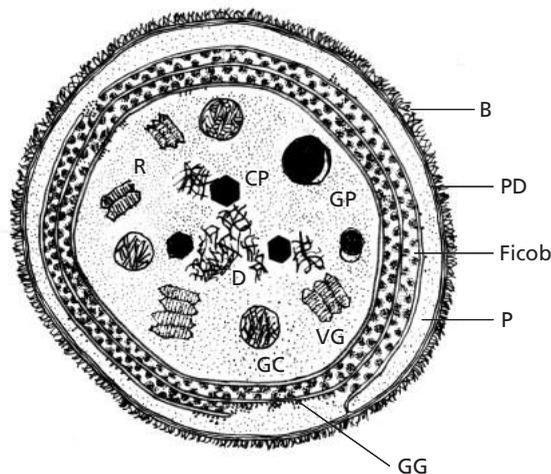


Figura 1.1: Esquema de uma célula procariótica fotossintetizante (Cianofíceas) (Modificado de Lee, 1989). B = bainha; PD = parede; P = plamalema; Ficob = ficobilissomas; GG = grânulos de glicogênio; D = fibrilas de ADN; GC = grânulos de glicofosfato; VG = vesículas de gás; R = ribossomos; GP = grânulos de polifosfato; CP = corpos poliédricos.

Os eucariontes (Figura 1.2), por sua vez, possuem:

- núcleo definido, limitado por uma membrana dupla denominada **membrana nuclear**. Dentro dessa membrana, localizam-se os **cromossomos** nos quais o *ADN* (= DNA) está associado a proteínas histônicas;
- flagelos e cílios;
- organelas, como plastídios e mitocôndrias;
- vacúolos limitados por uma membrana, o tonoplasto, comum nos organismos fotossintetizantes;
- célula medindo entre 10 e 100 micrômetros;
- evolução dos seres de unicelular a pluricelular.

Ademais, esses organismos eucarióticos fotossintetizantes e não-fotossintetizantes apresentam duas características importantes:

- a pluricelularidade;
- a reprodução sexuada.

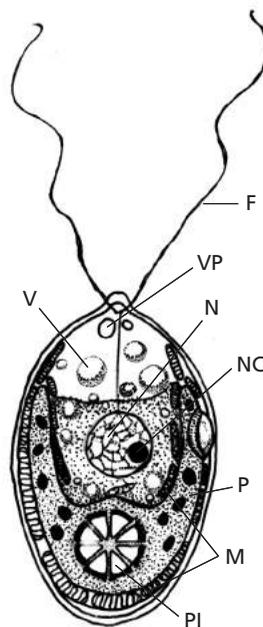


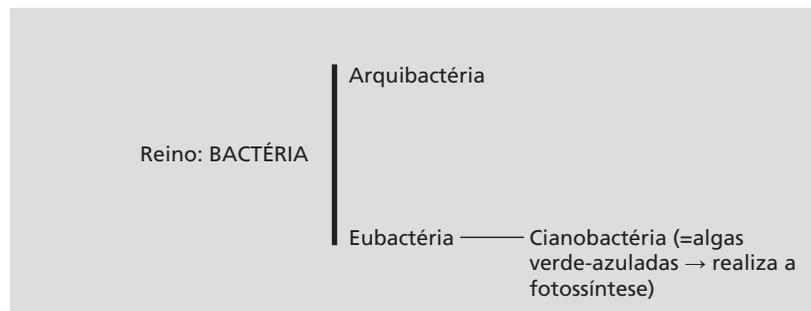
Figura 1.2: Esquema de um eucarionte unicelular (Chlorophyta, *Chlamydomonas*). F = flagelo; N = núcleo; NC = nucléolo; P = plasto; M = mitocôndrias; AM = amido; PI = pirenoide; V = vacúolo; VP = vacúolo pulsátil.

Nesses dois grupos se inserem organismos de formas altamente diversas que necessitam ser classificados de acordo com o arranjo dos seres em grupos hierárquicos, distintos entre si por uma ou mais características. Dessa maneira, eles acompanham uma hierarquia taxonômica, estabelecida pelo Código Internacional de Nomenclatura Botânica.

Cada indivíduo é considerado como pertencente a um certo número de categorias hierarquicamente subordinadas, das quais a espécie constitui a categoria de base. As principais, em seqüência ascendente, são: Espécie, Gênero, Família, Ordem, Classe, Divisão e Reino. Se há necessidade de um número maior de categorias, o nome deve ser formado pela adição do prefixo sub ao nome da categoria, ou pela introdução de novos termos, como o prefixo super, no caso da classificação que se segue. Essa classificação é baseada no conceito de procariontes e eucariontes.

Para uma melhor compreensão desta aula, apresentaremos uma sinopse do sistema de classificação em Super-reino, Reino e Divisão, segundo Raven *et alii* (1992) para os organismos fotossintetizantes. Os não-fotossintetizantes (Reino Fungi) estão de acordo com Hawksworth *et alii* (1995).

Super-reino: PROCARIONTE



Super-reino: EUCARIONTE

Reino: PROTISTA — Protistas fotossintetizantes:		Divisão Chrysophyta (diatomáceas e crisófitas)
		Divisão Pyrrophyta (dinoflagelados)
		Divisão Euglenophyta (euglenófitas)
		Divisão Rhodophyta (algas vermelhas)
		Divisão Chlorophyta (algas verdes)
Reino: FUNGI — Protistas não-fotossintetizantes:		Divisão Myxomycota (fungos gosmentos)
		Divisão Eumycota (fungos verdadeiros)
Reino: PLANTAE	Briófitas:	Divisão Hepatophyta (hepáticas)
		Divisão Anthocerotophyta (antóceros)
		Divisão Bryophyta (musgos)
	Plantas vasculares: sem sementes	Divisão Psilophyta (psilófitas)
		Divisão Lycophyta (licófitos)
		Divisão Sphenophyta (cavalinhas)
		Divisão Pterophyta (samambaias, avencas)
	Plantas vasculares: com sementes	Divisão Cycadophyta (cicas)
		Divisão Ginkgophyta (ginko)
		Divisão Coniferophyta (coníferas)
		Divisão Gnetophyta (gnetófitas)
		Divisão Anthophyta (angiospermas, incluindo as monocotiledôneas e as dicotiledôneas)



ATIVIDADE 1

Agora, preste atenção! Responda às questões abaixo:

- Um organismo microscópico de $10\mu\text{m}$ de diâmetro, com um plastídeo de cor verde e que tenha um núcleo delimitado por uma membrana definida é caracterizado como _____
- Um outro organismo microscópico do mesmo tamanho, com a cor verde espalhada por toda a célula (não apresenta organela, como o plastídeo) é denominado _____

RESPOSTAS

- Organismo eucarionte.*
- Organismo procarionte..*

Depois de ler essa sinopse, você deve perguntar por que estão incluídas nas disciplinas de Botânica as bactérias e os fungos. Esse fato tem a ver com o histórico da tradição botânica. Acontece que esses dois grupos de organismos foram estudados pelos botânicos nos tempos passados. Hoje, o estudo das bactérias passou a constituir um campo à parte: a Bacteriologia e, precisamente, a Microbiologia. Abordaremos muito brevemente essas bactérias, e de modo especial, nas aulas seguintes, as algas verde-azuladas (organismos fotossintetizantes). Por fim, muitos botânicos consideram que os fungos têm uma forte relação com as algas; em vista de tais supostas relações, os fungos se encontram em todos os livros de Botânica e nós os incluímos nas disciplinas Botânica I e II.

Veremos, a seguir, o conceito de reprodução, importante em alguns tipos de classificação.

O CONCEITO DA PERPETUAÇÃO DA ESPÉCIE

Durante a evolução dos organismos fotossintetizantes aquáticos e terrestres (*Protista* e *Plantae*) e dos não-fotossintetizantes (*Fungi*), ocorreram diferenciações nas estruturas vegetativas; essas estruturas passaram a desempenhar funções diferentes, refletindo na sua pluricelularidade, como você viu em Botânica I.

Entretanto, o grande avanço evolutivo foi a formação de órgãos específicos para efetuar a reprodução sexuada.

Como esses organismos se reproduzem e se perpetuam ao longo do tempo e do espaço?

Para responder a essa pergunta, conceitua-se que todo organismo, para assegurar sua descendência, utiliza a reprodução como extensão da matéria viva no tempo e no espaço. Desse modo, todo ser lança mão de uma multiplicidade de estratégias reprodutivas. Temos assim a reprodução em nível molecular, celular e do organismo, com a participação ou não dos órgãos sexuais.

1. Reprodução em nível molecular pode ocorrer por meio da síntese de acúmulo ou duplicação de substâncias (água, enzimas, ADN, ARN ou RNA etc.), tendo como consequência o aumento do tamanho celular, que pode ser acompanhado pela divisão celular, que nos eucariontes envolve duas etapas consecutivas: a divisão do núcleo (cariocinese) e do citoplasma (citocinese).
2. Reprodução celular (divisão celular): nos seres eucariontes, distinguem-se dois tipos de divisão celular: a **MITOSE** e a **MEIOSE**.
3. Reprodução do organismo com ou sem participação dos gametas, muitas vezes com diferenciação de estruturas específicas para realizar essa reprodução. Algumas dessas estruturas são bem evidentes, como a flor (rosa, girassol, flor da mangueira, de um capim) e outras não, como na maioria das algas, musgos e samambaias.

Na **MITOSE** (*mitos*, em grego, significa filamento) ocorre a espiralização dos cromossomos durante a divisão celular, enquanto na **MEIOSE** (*meio* em grego, significa menos) há a redução do número de cromossomos. Durante a mitose, a célula-mãe duplica seus números de cromossomos, o núcleo se divide (cariocinese), e, em seguida, o citoplasma também se divide (citocinese) dando origem a duas células-filhas iguais à célula-mãe. A célula-mãe pode ser diplóide ($2n$ cromossomos) ou haplóide ($1n$ cromossomos), sendo que as células-filhas terão também $2n$ ou $1n$ cromossomos. Portanto, nesse tipo de reprodução, o resultado final da mitose é a formação de células-filhas geneticamente distintas, garantindo a perpetuação da espécie.

UMA CLASSIFICAÇÃO BASEADA NO CONCEITO DE REPRODUÇÃO DOS ORGANISMOS

Assim, podemos ainda classificar os seres dessa escala vegetal em:

- **Criptógamos** (*cripto*, em grego, significa escondido e *gamos*, união sexual) incluem os Protistas fotossintetizantes (algas), fungos, briófitos e plantas vasculares sem sementes (Pteridófitas). Nesse grupo, a necessidade da água para o deslocamento do gameta masculino até o gameta feminino é uma característica marcante.
- **Fanerógamos** (*fâneros*, em grego, significa visível e *gamos*, união sexual) compõem as Gimnospermas (pinheiros) e as Angiospermas (os vegetais superiores, que dominam o planeta atualmente). Diferem do grupo anterior pela total independência da água para a reprodução, sendo o gameta masculino imóvel.

A diversidade reprodutiva desses dois grupos será detalhada nas próximas aulas.

**ATIVIDADE 2**

a. Qual o mecanismo utilizado pelos seres vivos para a perpetuação das espécies?

b. Como você classificaria os organismos fotossintetizantes e não fotossintetizantes, de acordo com o conceito de reprodução?

RESPOSTAS

a. É realizado através da reprodução como extensão da matéria viva.

b. Em Criptógamos e Fanerógamos.

RESUMO

Nesta aula vimos as características principais dos organismos procariontes e eucariontes. Devido à sua vasta diversidade de formas, os seres foram agrupados em uma sinopse, de acordo com o sistema de classificação tendo por base uma hierarquia evolutiva. Enfatizamos também que dois fatos são importantes nos seres eucariontes: a pluricelularidade, que você já estudou na Botânica I, e a reprodução sexuada. Vimos ainda que todo organismo utiliza a reprodução como extensão da matéria viva para perpetuar e assegurar seus descendentes no espaço e no tempo, e que os seres vivos se beneficiam de várias artimanhas reprodutivas como a presença ou ausência dos gametas. Por fim, estudamos os organismos fotossintetizantes, agrupados em Criptógamos e Fanerógamos.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se você aprendeu a reconhecer os organismos procariontes e os eucariontes; se entendeu por que a classificação dos seres é baseada numa hierarquia evolutiva; se conseguiu perceber com clareza como ocorre a reprodução sexuada e a pluricelularidade, além das artimanhas reprodutivas de que os seres se beneficiam; e, enfim, se dentre os organismos fotossintetizantes você agora é capaz de distinguir os Criptógamos dos Farenógamos, parabéns, siga em frente. Mas, caso restou-lhe alguma dúvida a propósito de um ou mais desses itens, retorne ao texto. No entanto, se a dúvida persistir, consulte seu tutor.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você estudará como na intimidade os seres não fotossintéticos (fungos) irão se reproduzir. Nas aulas seguintes, trataremos dos Criptógamos e Fanerógamos.

Diversidade reprodutiva dos Criptógamos não-sintetizantes: fungos

AULA

2

Meta da aula

Fazer com que o aluno compreenda bem o conceito de reprodução (vegetativa, assexuada e sexuada) dos fungos e suas particularidades.

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Caracterizar a importância dos esporos e seus diferentes tipos.
- Descrever suas principais estruturas formadoras.
- Caracterizar as diferentes formas de reprodução: vegetativa, sexuada e assexuada.
- Determinar as principais formas de dispersão dos fungos.
- Evidenciar as etapas essenciais do ciclo de vida das diferentes subdivisões de fungos.

Pré-requisito

Para você melhor entender esta aula, deverá rever a Aula 4 – Módulo 1, Botânica I.

INTRODUÇÃO

Como vimos na aula sobre Diversidade do reino dos fungos, esses organismos formam um grupo extremamente diversificado que inclui fungos com diferentes modos de vida e distintas formas de obtenção do alimento. Tal diversificação se reflete também em sua estratégia reprodutiva e no ciclo de vida.

Como já foi dito, os fungos se diferenciam em duas fases distintas: fase vegetativa e fase reprodutiva. Na primeira, não existe formação de uma estrutura ou de uma célula especial para a propagação; o fungo direciona sua energia para funções como crescimento e absorção de alimento. No caso dos fungos filamentosos, a propagação vegetativa ocorre através da fragmentação de parte de uma hifa. Já nos fungos unicelulares (ex.: leveduras), a propagação ocorre através da cissiparidade ou brotamento. Os fungos podem produzir, ainda nessa fase, estruturas denominadas esclerócios (formas de resistência) ou clamidósporos (esporos de resistência), que são capazes de sobreviver a condições adversas do ambiente, enquanto o restante do organismo pode chegar a desaparecer. Na fase reprodutiva propriamente dita, o fungo produz uma estrutura, cuja função é a formação e liberação de esporos, que podem ser de origem assexuada ou sexuada, como veremos mais à frente.

A IMPORTÂNCIA DOS ESPOROS NO CICLO DE VIDA DOS FUNGOS

Por que os fungos produzem esporos? Para responder a essa pergunta devemos lembrar que a maior parte dos fungos é saprobionte e/ou parasita. Isso significa que, mesmo que o substrato ou hospedeiro em que o fungo vem se desenvolvendo seja extremamente favorável a seu crescimento, ele eventualmente deixará de suprir todas as necessidades do fungo. Isso ocorrerá devido à morte do hospedeiro, em virtude da simples exaustão dos nutrientes no substrato, ou, ainda, por sua progressiva resistência ao desenvolvimento do fungo. Quando necessário, alguns fungos podem diminuir seu metabolismo ou dispor de substâncias de reserva, até que as condições se tornem favoráveis novamente. Outra alternativa para transpor essa questão é a produção de formas de resistência (esclerócio), de células de resistência (clamidósporos) ou a busca por um novo substrato. Para a maior parte dos fungos, a sobrevivência e a dispersão irão ocorrer através da produção de esporos.

Os esporos podem apresentar forma (**Figura 2.1**) e membrana externa (**Figura 2.2**) bastante variadas.

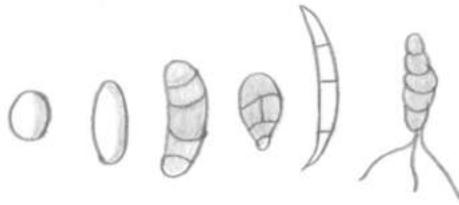


Figura 2.1: Diferentes formas dos esporos.

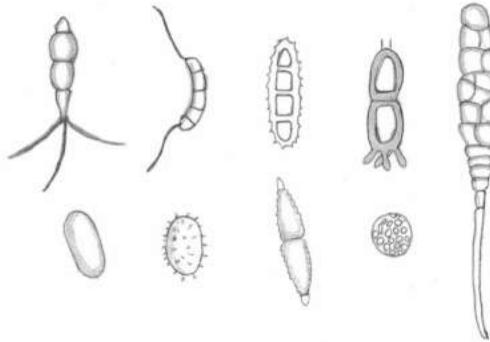


Figura 2.2: Diferentes aspectos da membrana externa dos esporos. Redesenhado de Silveira (1995).

Os esporos dos fungos são formados por membranas duplas denominadas endospório (camada interna e delgada) e epispório (camada externa e espessa). É a parede externa do esporo que confere a ele sua coloração, que pode ser hialina ou colorida (também chamada demácio), variando as tonalidades de claras até escuras. Em função da grande diversidade de esporos, foi criada a chamada tabela de Classificação Esporológica de Saccardo, em que os esporos são identificados segundo sua cor, forma e número de células (**Figura 2.3**).

	Hialino	Escuro	Hialino ou escuro
Esposos contínuos globosos, ovais, elípticos ou redondos AMERÓSPOROS			
Esposos com um septo transversal globoso, ovais ou elípticos DIDIMÓSPOROS			
Esposos com x-septos transversais globosos. Ovais ou elípticos FRAGMÓSPOROS			
Esposos com x-septos transversais e longitudinais globosos, ovais ou elípticos DICTIÓSPOROS			
Esposos contínuos curvos em forma de salsicha ALANTÓSPOROS			
Esposos filiformes septados ou não ESCOLECÓSPOROS			
Esposos em forma de espiral ou hélice HELICÓSPOROS			
Esposos em forma de estrela ESTAURÓSPOROS			

Figura 2.3: Classificação Esporológica de Saccardo.

ORIGEM DOS ESPOROS

Os esporos constituem a principal forma de dispersão dos fungos e podem ser produzidos através de reprodução sexuada ou assexuada. Embora exista diferenciação quanto à origem do esporo, todos eles possuem a mesma função, ou seja, a de garantir a perpetuação da espécie.

Reprodução assexuada: Nesse tipo de reprodução, os esporos não são formados após a fusão de gametas ou de outra célula, e sim pela transformação do sistema vegetativo. Geralmente, o processo envolvido na produção dos esporos é a mitose.

Reprodução sexuada: A produção dos esporos nesse tipo de reprodução é precedida pela fusão de corpos diferenciados ou especializados com caráter sexual (ex.: gametas). Nesse caso, a fusão das paredes celulares (plasmogamia) das células envolvidas não é, imediatamente, seguida pela fusão dos núcleos (cariogamia). Após a cariogamia, o núcleo resultante passa a ser diplóide. Tal condição só é mantida por pouco tempo, pois, em seguida, ocorre uma divisão reducional (meiose), para que o núcleo retorne a sua condição haplóide. De modo geral, podemos generalizar e dizer que, ao longo de seu ciclo de vida, um fungo é 99% haplóide e apenas 1% diplóide.

Agora, responda:



ATIVIDADE 1

O que diferencia a reprodução sexuada da assexuada?

RESPOSTA

Na reprodução assexuada, os esporos são formados pela transformação do sistema vegetativo. Geralmente, o processo envolvido na produção dos esporos é a mitose. Já na reprodução sexuada, a formação dos esporos é precedida pela fusão de corpos diferenciados ou especializados, com caráter sexual (ex.: gametas). Após a cariogamia, o núcleo diplóide sofre meiose e, posteriormente, são formados esporos haplóides.

LOCALIZAÇÃO DOS ESPOROS: ENDÓGENOS OU EXÓGENOS

As estruturas que irão produzir e liberar os esporos são extremamente diversas em sua forma, tamanho, consistência e coloração e podem persistir por anos ou existir por apenas algumas horas. Os esporóforos são hifas que se diferenciam do sistema vegetativo pela posição (vertical), crescimento limitado, forma das células, natureza da parede e modo de ramificação.

Durante sua formação, os esporos podem permanecer dentro ou fora da estrutura que os originou, e são caracterizados como endógenos ou exógenos. Os esporos endógenos se formam pela divisão do conteúdo celular da célula-mãe, em torno do núcleo existente, onde permanecem até sua maturação. São exemplos de esporos endógenos, os ascósporos e esporangiósporos (Figura 2.4).

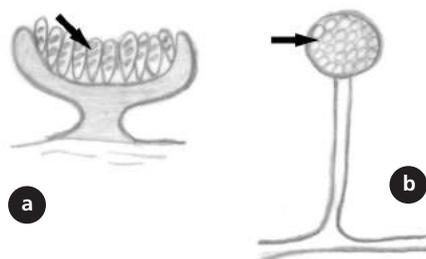


Figura 2.4: Esporos endógenos: (a) ascósporos e (b) esporangiósporos.

Já durante a formação dos esporos exógenos, ocorre o intumescimento da extremidade de uma hifa que, através de um septo, é separada do restante do filamento. Os esporos são liberados à medida que amadurecem. São considerados esporos exógenos, os conídios e basidiósporos (Figura 2.5).

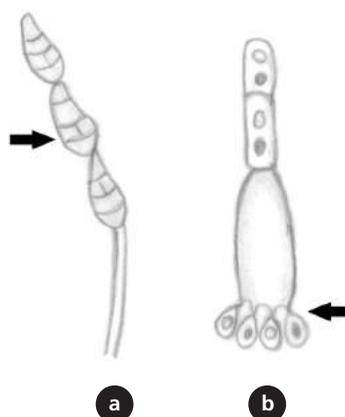


Figura 2.5: Esporos exógenos: (a) conídios e (b) basidiósporos.

LIBERAÇÃO DOS ESPOROS

Os esporos originados com a finalidade de sobreviver a um período desfavorável são liberados pela ruptura da parede celular da hifa ou da estrutura reprodutiva que o produziu. Essa liberação desses esporos pode ocorrer de forma lenta, uma vez que o fungo não tem pressa em ocupar um substrato, a princípio desfavorável à sua forma vegetativa. Por outro lado, os esporos que têm como função a dispersão da espécie, devem ser liberados assim que são formados, pois quanto mais rápido eles se fixarem e desenvolverem, menos competição por alimento a colônia sofrerá.

Cada espécie possui mecanismos específicos para a liberação dos esporos, que pode ocorrer de forma passiva ou ativa. Na forma passiva, a força que irá propiciar a liberação é externa ao fungo; em outras palavras: ela é proveniente do ambiente, seja pelo movimento de uma folha movida pelo vento, seja por um animal que esbarra em um fungo, ou seja pela força de uma gota de chuva ao atingir um esporângio. No caso da liberação de forma ativa, a energia para que isso ocorra vem do próprio fungo, através de mecanismos específicos. Pode-se citar como exemplo a liberação dos ascósporos de dentro da asca (ex.: *Neurospora* e *Claviceps*). Quando a asca está madura, ocorre uma mudança na pressão interna que causa a saída forçada dos ascósporos. Outros esporos são liberados individualmente, após a súbita mudança em sua forma, que inicialmente pode ser poligonal e, quando maduro, pode se alterar para uma forma esférica. A mudança na forma desses esporos ocorre após a absorção de água, e isso faz com que eles se separem da massa de esporos e sejam liberados. Já a liberação dos balistósporos, que são esporos de Basidiomycetes (basidiósporos), ocorre após a formação de uma minúscula gotícula de água na base do esporo. Essa gotícula hidrata a parede do esporo e faz com que ele seja liberado em questão de segundos.

No caso dos esporos aquáticos, a liberação irá ocorrer em condições de muita umidade, seja por estarem em um ambiente aquático permanente, seja pela ocorrência de chuvas ou inundações. A pressão hidrostática no interior das células faz com que os zoósporos (ou massa protoplasmática que os gerará) sejam transferidos do zoosporângio para uma vesícula que possui uma parede fina que, ao se romper, libera os zoósporos (Figura 2.6).

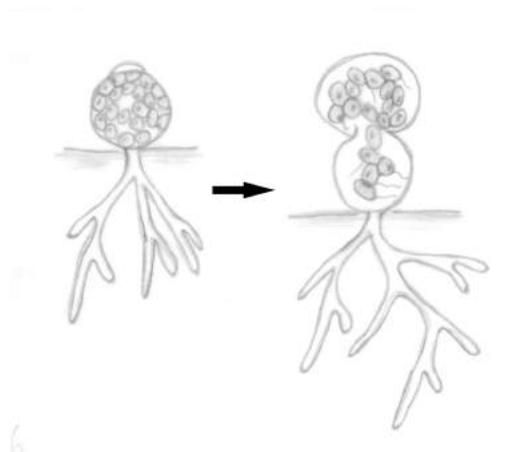


Figura 2.6: Seqüência de liberação de zoósporos para a água.



Você tem idéia do número de esporos que existem em um metro cúbico de ar? Pois bem, estudos já evidenciaram que pode ocorrer cerca de 160 mil esporos/m³.

FORMAS DE DISPERSÃO DE ESPOROS

A forma mais eficaz de os fungos se disseminarem é através da dispersão por esporos. Em condições favoráveis que, geralmente, envolvem temperatura e umidade adequadas a cada espécie, os fungos produzem imensas quantidades de esporos. Esses esporos podem reinfecionar seu hospedeiro, ou ainda, infeccionar um outro. Os esporos podem propagar doenças através dos campos e regiões extensas; é possível até cruzarem oceanos, transportados pelo ar. Os esporos, ou até mesmo parte do micélio, podem ser transportados com as sementes.

Independente de a forma de liberação dos esporos ser passiva ou ativa, eles se dispersam passivamente. Também animais e insetos podem ser os responsáveis pela dispersão dos esporos.

Dispersão pelo ar — esta forma de dispersão dos esporos é extremamente importante, uma vez que eles são os responsáveis por doenças em plantas e por alergias respiratórias no homem.

Dispersão pela água — ocorre através de esporos flagelados (zoósporos) produzidos por fungos aquáticos e por fungos em situação de alta umidade (ex.: *Phytophthora* — aquele que causou milhares de mortes na Irlanda e Inglaterra quando destruiu as plantações de batata); esses fungos podem nadar no solo úmido ou na terra úmida, bem como em lagos e rios, e espalhar uma infecção de forma muito rápida. Muitos dos fungos aquáticos, após permanecerem um período nadando, se encistam.

Como cistos, esses fungos podem ser transportados, passivamente, por correntes de água. Alguns esporos apresentam formas e projeções de suas paredes que auxiliam na flutuação e na fixação ao substrato.

Uma gota de chuva caindo sobre uma superfície que contém esporos irá espalhar gotículas de água em todas as direções; isso, por sua vez, irá transportar esporos em sua trajetória. Muitos desses esporos permanecerão no ar, outros poderão ser depositados a até 1 metro de distância.

Dispersão por animais — os esporos de alguns fungos produzem uma secreção que, quando em contato com animais, ficam a eles aderidos. Outros fungos produzem seus esporos no interior de cavidades odoríferas ou açucaradas que atraem insetos. Ao visitar essas cavidades, os insetos acabam por transportar os esporos, auxiliando assim a dispersão do fungo e, muitas vezes, possibilitando também o alastramento de doenças. Os esporos podem ainda ser dispersos por roedores e animais maiores que se alimentam de próprio fungo ou da vegetação em que o fungo lança seus esporos. Após passarem pelo trato digestivo dos animais, sem serem destruídos, esses esporos são depositados junto às fezes, a longas distâncias do local de origem e ali dão início a um novo ciclo de vida.

Dispersão por sementes — pode parecer estranho, mas esporos e hifas são passíveis de se dispersarem através de sementes contaminadas. Essa forma de dispersão pode ser responsável pelo alastramento de doenças através de grandes áreas. As sementes são infectadas pelos fungos durante sua formação e, posteriormente, contaminam plantas adultas. Também existe o caso de sementes contaminadas com esporos em seu interior que, ao se romperem, contagiam sementes sadias durante o processo de colheita de uma safra.

Agora, vejamos se você entendeu bem o que foi exposto. Para tanto, basta responder à questão abaixo.

ATIVIDADE 2



Os principais agentes dispersores de esporos de fungos são: _____, _____, _____ e _____.

RESPOSTA

Ar, água, animais e sementes

DORMÊNCIA

Os esporos nem sempre germinam assim que são liberados pelo esporangióforo. Muitos deles permanecem em estado latente durante o período em que sua taxa metabólica é muito baixa. O momento exato da germinação pode ser dependente de fatores internos e externos. Os internos são aqueles relacionados a aspectos do metabolismo ou da estrutura do fungo. Os externos estão relacionados às condições ambientais em que o esporo irá se desenvolver; ou seja, referem-se à temperatura e à umidade inadequadas, além da fonte de nutrientes para sustentar a hifa que se formará. O tempo que um esporo pode permanecer em dormência irá variar em função da espécie, podendo ser de algumas horas ou mesmo de vários anos.



Onde existem mais esporos? No ar do campo ou no ar da cidade? Acertou quem pensou que é no campo onde existe o maior número de esporos no ar. De fato, a estimativa é de que na cidade exista metade do número de esporos em relação ao campo.

CICLOS DE VIDA

Serão apresentados, em seguida, alguns exemplos de ciclos de vida dos fungos. Por se tratar de um grupo de organismos extremamente diversificados e que ocorrem em uma imensa variedade de ambientes e hospedeiros, não temos a pretensão de esgotar o assunto, mas sim de despertar o interesse para que você procure maiores informações na literatura especializada. Um bom livro em português que deve ser consultado é o de Putzke & Putzke (1998).

SUBDIVISÃO MASTIGOMYCOTINA

Nas classes Chytridiomycetes e Hyphochytridiomycetes, o sistema reprodutivo é do tipo holocárpico; ou seja, por apresentarem um micélio muito simples, todo o talo do fungo se transforma em estruturas reprodutivas. Já na classe Oomycetes, que pode apresentar um micélio profuso, apenas parte do fungo forma estruturas reprodutivas.

A reprodução assexuada dá origem a esporos endógenos e flagelados (zoósporos), que são formados no interior do zoosporânio. Existem dois tipos de ciclos: o monoplanético e o diplanético.

- 1) Ciclo monoplanético: neste ciclo, o zoosporângio produz zoósporos primários (piriformes com 1 flagelo na extremidade) que, após um período nadando, se encista e passa por um período em repouso. Após isso, ele germina dando origem a um novo micélio que irá produzir novos zoosporângios quando maduro.
- 2) Ciclo diplanético: o zoosporângio dá origem aos zoósporos primários; após seu encistamento, ele origina não um micélio, mas sim uma nova célula flagelada, que é o zoósporo secundário (reniforme com 2 flagelos). Esse zoósporo nada livremente e novamente se encista. Ao germinar, ele originará um novo micélio.

Na reprodução sexuada, dois zoósporos se encontram e sofrem plasmogamia (fusão das paredes). O zigoto, agora com dois núcleos, reinfesta um hospedeiro, transferindo todo seu conteúdo celular para o interior da célula infectada. No hospedeiro, os zoosporângios jovens permanecem em repouso. Antes de eles liberarem os zoósporos, ocorre a cariogamia seguida da meiose. Os zoósporos resultantes são liberados na água (**Figura 2.7**). Nos Mastigomycotina com hifas bem desenvolvidas, o oogônio (gameta feminino) se localiza no extremo de uma hifa; em outro extremo, se encontra o anterídio (gameta masculino). Ao se tocarem, o anterídio transfere seus núcleos para o oogônio, em que ocorre a fusão deles. Após a transferência, a parede do zigoto ($2n$), que recebe o nome de **oósporo**, se espessa e ele permanece um período em repouso. Ao germinar, o oósporo dará origem a uma hifa e essa, a novos zoosporângios.

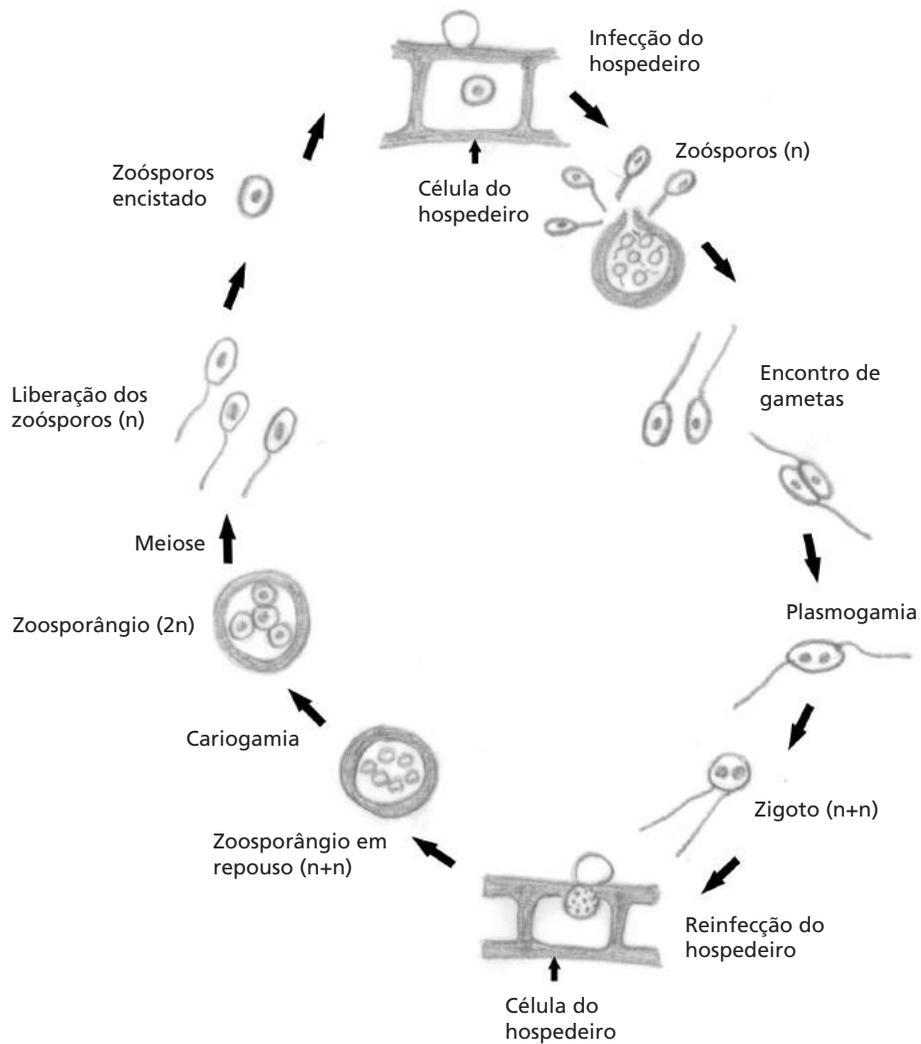


Figura 2.7: Ciclo de vida de Mastigomycotina.

SUBDIVISÃO ZYGOMYCOTINA

Essa subdivisão se caracteriza por fungos com hifas contínuas, ou seja, sem septo. Em uma das principais Ordens, a Mucorales, o micélio é bastante profuso e ramificado. Nas demais Ordens, o talo se apresenta reduzido a um filamento ramificado ou não.

Na reprodução assexuada dos Zygomycotina, os esporos são produzidos no interior de duas estruturas: os esporângios e os esporangíolos (Figura 2.8). Os primeiros são grandes, com membrana espessa e extremidade globosa. Eles são sustentados pelo esporangióforo, além de possuírem columela, que é a projeção do esporangióforo para o interior do esporângio, cuja forma constitui um critério taxonômico. Já os esporangíolos são esporângios pequenos, sem columela e que possuem um pequeno número de esporos (1 a 10). Esses esporos são chamados conídios, que, na verdade, é um nome inadequado; o certo seria que fossem chamados esporangiósporos. Em um esporangióforo podem se formar um esporângio e diversos esporangíolos. Os esporângios são produzidos pelo sistema vegetativo, nos quais os núcleos haplóides (n), por mitose, dão origem aos esporos.

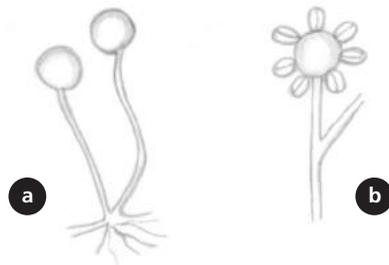


Figura 2.8: Estruturas produtoras de esporos em Zygomycotina: (a) esporângios e (b) esporangíolos.

Na reprodução sexuada, a extremidade de duas hifas se diferenciam em gametas masculino e feminino (isogamia). Essas hifas se encontram e ocorre a fusão de suas paredes celulares e a subsequente fusão de seus núcleos. Após a fusão, a parede em torno do núcleo diplóide ($2n$) se espessa, podendo-se destacar do restante da hifa. Essa célula diplóide é chamada zigósporo e, após um período de descanso, ela germina em um esporangióforo. No ápice do esporangióforo encontra-se um esporângio, no qual os núcleos sofreram meiose, para produção de esporangiósporos haplóides, reiniciando o ciclo. A Figura 2.9 apresenta um exemplo de ciclo de vida em Zygomycotina.

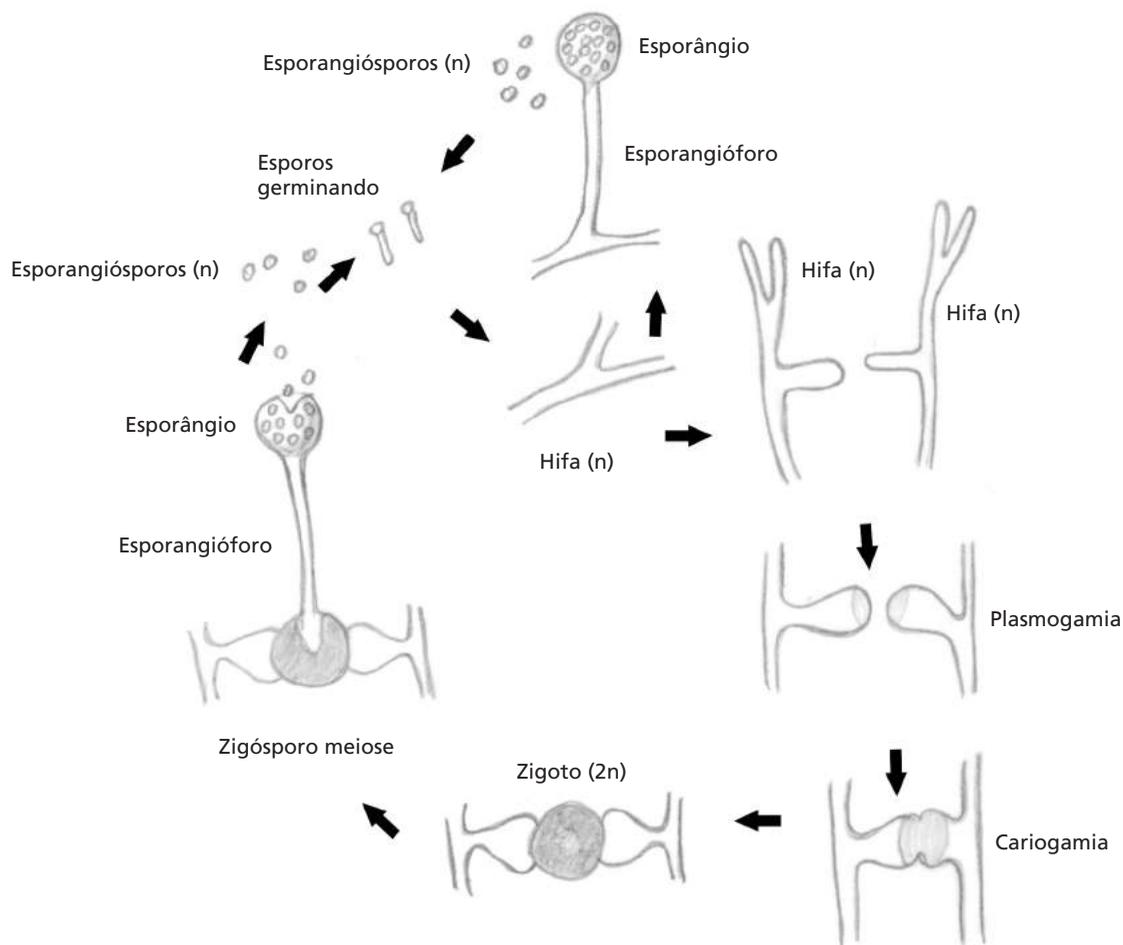


Figura 2.9: Ciclo de vida de Zygomycotina.

SUBDIVISÃO BASIDIOMYCOTINA

O micélio dessa subdivisão é bem desenvolvido e composto por hifas septadas, com septos chamados doripóricos. O ciclo começa com um esporo (sexuado ou assexuado) que germina dando origem a uma hifa septada e monocariótica (1 núcleo). A **Figura 2.10** apresenta, de forma simplificada, o ciclo reprodutivo dos Basidiomycotina.

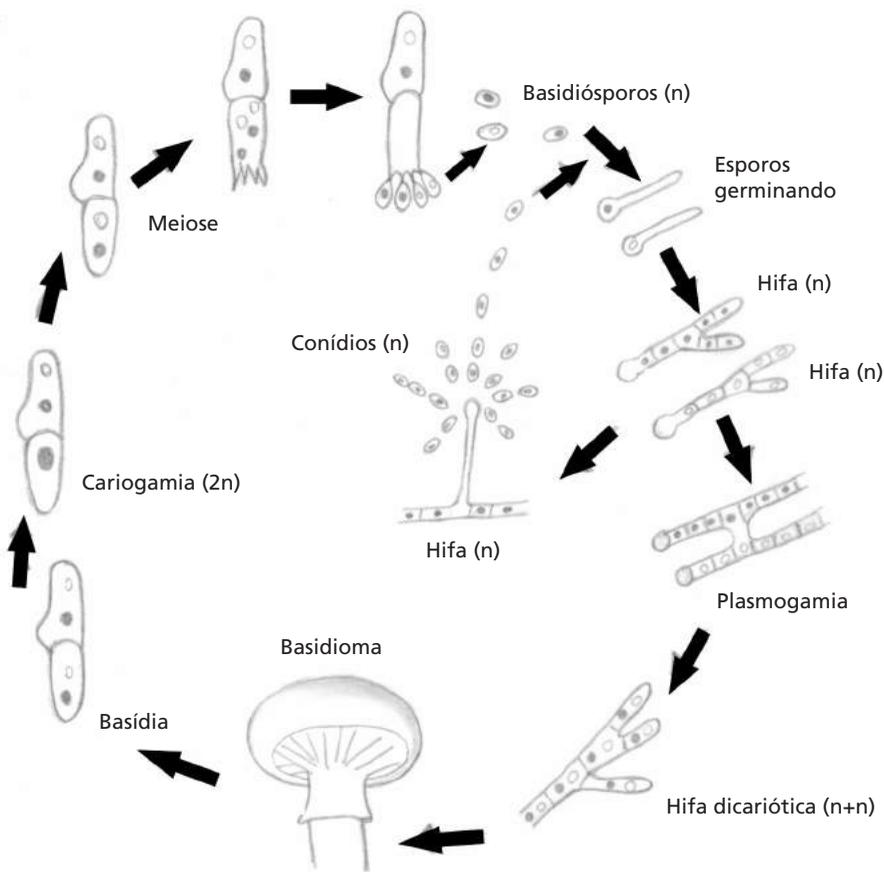


Figura 2.10: Ciclo de vida de Basidiomycotina.

A hifa monocariótica, quando madura e crescendo em um ambiente favorável, irá formar um conidióforo (tipo de esporangióforo), cujo ápice se diferenciará em esporos assexuados, produzidos por mitose, e que são denominados conídios. Os diferentes tipos de conidióforos serão vistos mais adiante. Os conídios, ao caírem em local favorável, darão origem a uma nova hifa monocariótica, completando assim a reprodução assexuada.

No entanto, a hifa monocariótica (haplóide) pode se encontrar e se fundir com uma outra (haplóide). As hifas fazem o papel de gametas, que por sua vez são imóveis e iguais. Da fusão das hifas monocarióticas, surge uma hifa dicariótica (com 2 núcleos).



O fato de a hifa possuir 2 núcleos não significa que ela passou a ser diplóide. A fusão das paredes das hifas (plasmogamia) não é seguida da fusão dos núcleos (cariogamia), portanto, a célula continua a ser haplóide.

O grampo de conexão que você verá na Aula 4 constitui a forma pela qual essas células se dividem e, ao mesmo tempo, permanecem com um par de núcleos de origem diferente em cada uma. O micélio dicariótico dará origem ao basidioma ou cogumelo, como nós o conhecemos. O basidioma também pode ser considerado um tipo de esporóforo, já que irá produzir e dispersar os esporos de origem sexuada, que são os basidiósporos. Os esporos serão formados na última célula do basidioma, que recebe o nome de basídia. A basídia está localizada no chapéu do cogumelo, cujo nome é píleo. Nas basídias, os 2 núcleos da célula se fundem, formando um núcleo diplóide que, em seguida, sofre meiose, dando origem a núcleos haplóides. Esses núcleos, que serão os esporos, migram para fora da basídia e terminam sua maturação fora dela, sendo, portanto, esporos exógenos (basidiósporos). Tais esporos, ao germinarem, darão origem a uma nova hifa monocariótica haplóide.

SUBDIVISÃO ASCOMYCOTINA

Essa subdivisão também possui hifa septada e micélio bem desenvolvido. Assim como nos Basidiomycotina, o sistema vegetativo é formado por hifas monocarióticas haplóides, originadas de um esporo. A **Figura 2.11** mostra o ciclo de vida dos Ascomycotina. Note como eles são bastante semelhantes.

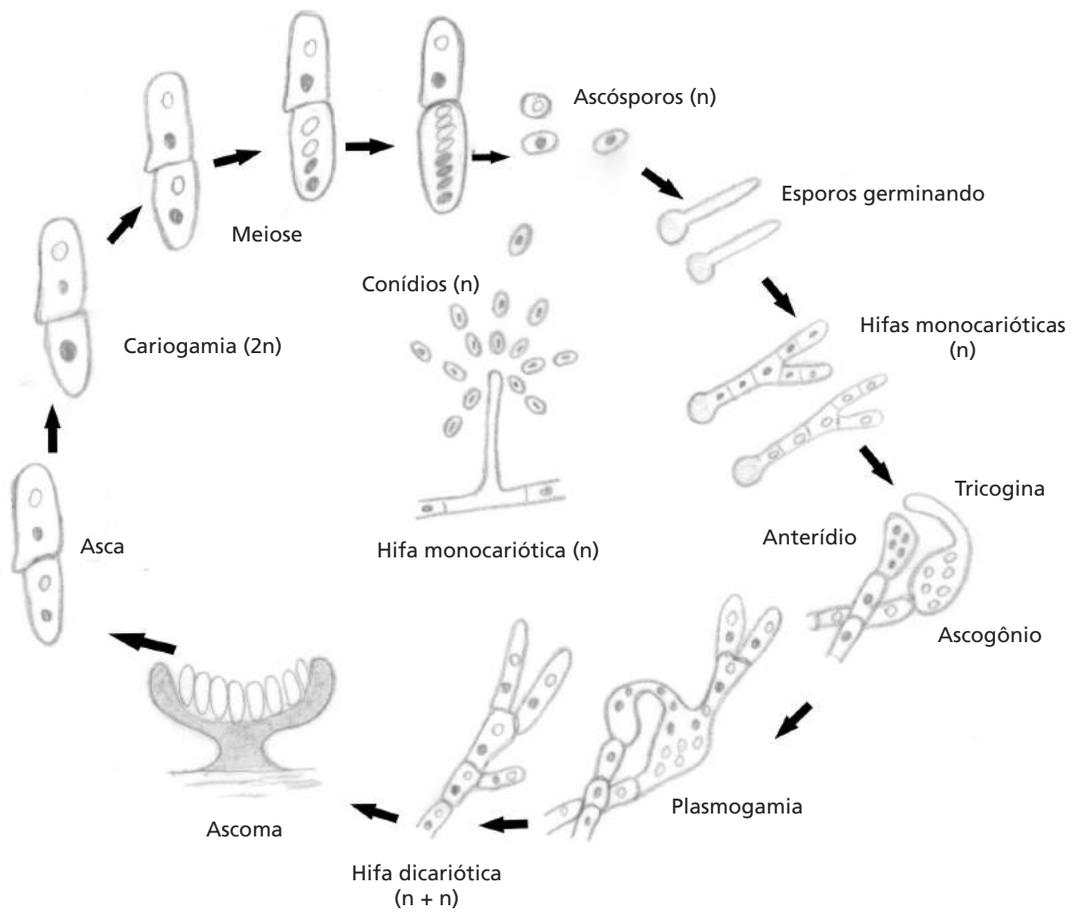


Figura 2.11: Ciclo de vida de Ascomycotina.

Na reprodução assexuada, a hifa monocariótica, quando em meio favorável, dá origem a um conidióforo que, por sua vez, produz os conídios (esporos). Ao germinarem, os conídios crescem como hifas monocarióticas. Na reprodução sexuada, essas hifas devem se encontrar e trocar seus núcleos. As hifas, nesse caso, fazem o papel de gametas, que são morfologicamente diferentes. A estrutura feminina, o ascogônio, possui um tubo denominado tricógino, que irá se comunicar com a estrutura masculina, o anterídeo. Através do tricógino, o anterídeo transfere seus núcleos para o ascogônio, e, a partir dele, são formadas células dicarióticas e também o micélio dicariótico. Esse novo micélio dará origem ao ascoma, cogumelo de ascomycotina. Existem basicamente 3 tipos de ascomas: apotécio, peritécio e cleistotécio (Figura 2.12).

No ápice da hifa dicariótica, aqui também chamada hifa ascógena, temos a asca que é a célula que dará origem aos esporos. Os dois núcleos da asca se fundem (diplóide); em seguida, sofrem meiose e formam os núcleos que amadureceram em esporos e que permanecerão no interior da asca até serem liberados. Os ascósporos, esporos formados no interior das ascas, são, portanto, esporos endógenos. Ao serem liberados pelo rompimento da parede da asca, os ascósporos darão origem a uma nova hifa monocariótica.

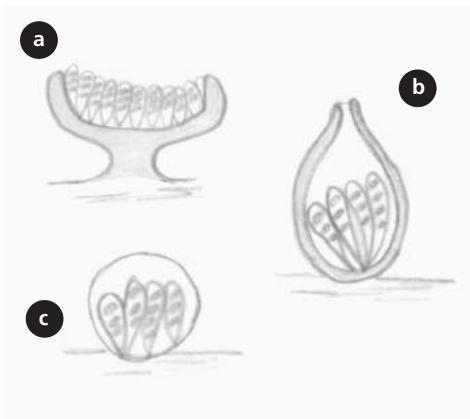


Figura 2.12: Diferentes tipos de ascomas: (a) apotécio; (b) peritécio e (c) cleistotécio.

No caso dos fungos unicelulares, como as leveduras, a própria célula atua como gameta; nessa situação, os núcleos sofrem fusão e, posteriormente, meiose, formando assim os ascósporos.

SUBDIVISÃO DEUTEROMYCOTINA

Essa subdivisão foi criada para reunir as espécies de fungos com hifa septada que não possuem reprodução sexuada. Tais espécies se reproduzem apenas através de esporos assexuados, ou seja, através de conídios. Em

muitos casos já foi detectada a reprodução parassexual, em que ocorre a recombinação genética, sem a fusão de gametas. Essa subdivisão tende a desaparecer à medida que são descobertas as fases sexuadas. Quando o ciclo da espécie é desvendado, o que permanece é o nome da forma sexuada. Alguns gêneros, mesmo após a descoberta da fase sexuada, continuam a ser classificados como Deuteromycotina, uma vez que tal fase é extremamente rara. Esse foi o caso dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*.

Os conídios podem ser formados em diferentes tipos de conidióforos:

- conidióforo livre: situado na parte externa do hospedeiro ou substrato (**Figura 2.13**);
- conidióforo reduzido: formado no interior de estruturas fechadas se assemelha a urna e é chamado picnídio (**Figura 2.14.a**);
- conidióforo agrupado ou reunido: formado na subepiderme do hospedeiro, posteriormente se rompendo na epiderme, expondo assim a massa de conídios; esse tipo de conidióforo é denominado acérvulo (**Figura 2.14.b**).

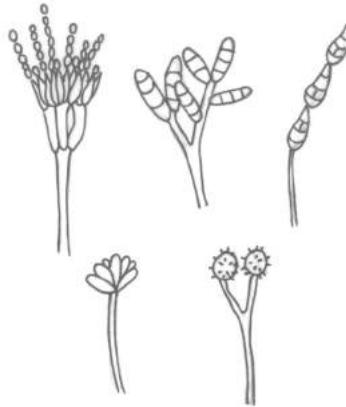


Figura 2.13: Diferentes tipos de conidióforos livres.



Figura 2.14: Tipos de conidióforos: (a) acérvulo e (b) picnídio.

ATIVIDADE 3



Após todas essas informações, por certo que você será capaz de responder às questões que se seguem:

a. Diferencie: zoósporo, esporangiósporo e conídios.

b. Qual a diferença entre basidiósporos e ascósporos?

RESPOSTAS

a. Tanto os zoósporos quanto os esporangiósporos e os conídios são esporos assexuados. Os zoósporos são esporos flagelados encontrados em Mastigomycotina. Os esporangiósporos são esporos imóveis de Zygomycotina. Finalmente, os conídios são tipicamente esporos assexuados de fungos com hifas septadas (ex.: Basidiomycotina, Ascomycotina e Deuteromycotina).

b. Basidiósporos são esporos sexuados de Basidiomycotina, produzidos por uma célula especial, denominada basídia. Antes de se tornarem maduros, os núcleos que originaram os esporos migram para a parede externa da basídia; portanto, são esporos exógenos. Os ascósporos também são esporos sexuados, produzidos pela asca. Os núcleos completam sua maturação no interior da asca, só sendo liberados após o rompimento da mesma; são, portanto, esporos endógenos.

RESUMO

Os esporos são a principal forma de propagação dos fungos. Esses esporos variam quanto sua origem (sexuada ou assexuada) e localização no interior das células que os produzem (endógenos ou exógenos). São produzidos por todas subdivisões de fungos que, em função de suas características evolutivas, os produzem segundo diferentes estratégias, ao longo de seus ciclos de vida. Cada espécie possui sua estratégia para liberação, dispersão e dormência dos esporos, sendo que em todas elas as hifas apresentam núcleos haplóides, na quase totalidade do ciclo de vida do fungo.

AUTO-AVALIAÇÃO

Você conseguiu entender bem esta aula? Sei que a diversidade reprodutiva dos fungos é bem complicada. Mas é isso que acontece na natureza. Se você foi capaz de fazer todos os exercícios, isso mostra que está com bom desempenho. Parabéns! Caso contrário, releia a aula. Se continuarem as dúvidas, procure seu tutor no pólo.

Para melhor fixar o tema, leia o livro *O Reino dos Fungos*, de Putzke & Putzke, 1998.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula trataremos da reprodução dos organismos criptógamos fotossintetizantes.

Prática de reprodução de Criptógamos não- fotossintetizantes: fungos

AULA

3

Meta da aula

Levar o aluno a distinguir os seguintes tipos de reprodução dos fungos: vegetativa, sexuada e assexuada.

PRÁTICA Nº 1

Procure, em uma mata perto de casa ou mesmo em um gramado, um cogumelo fresco. Não adianta comprá-lo no supermercado! Coloque-o sobre uma bancada e observe suas partes. Você deverá ser capaz de diferenciar o rizoma (parece uma raiz), a volva (porção alargada na base do cogumelo), a haste e o píleo (chapéu do cogumelo). Destaque o píleo da haste e observe sua parte inferior. O que você estará vendo são as lamelas. Com o auxílio de uma lâmina de aço, corte um pedaço e coloque-o sobre uma lâmina de vidro; em seguida, corte transversalmente as lamelas em fatias bem finas. Sobre essas fatias, coloque uma gota de água e cubra-as com uma lamínula. Observe ao microscópio. As bolinhas que aparecerão em toda a lâmina são os basidiósporos. Esses esporos, por serem exógenos, são facilmente destacados das hifas que os produziram, isto é, as basídias. Tente localizar uma basídia: elas estão na borda da lamela que você cortou. No ápice das basídias, você verá projeções: são os **ESTERIGMAS** sobre os quais os esporos estavam posicionados. Se você for habilidoso, conseguirá observar alguns esporos sobre eles.

ESTERIGMA

É uma projeção da basídia que sustenta os basidiósporos.

PRÁTICA Nº 2

Na atmosfera existe uma enorme quantidade de esporos à espera apenas de um substrato adequado para se desenvolver. Para observá-los, você pode deixar alguns alimentos fora da geladeira e em local sem luz por alguns dias, como por exemplo, pão, laranja e tomate. Quando você perceber que eles ficaram embolorados, leve-os à bancada e comece sua observação. Pegue um pedaço de cada um deles e observe sobre uma lente de aumento ou microscópio estereoscópico. Você verá então que esses filamentos nada mais são do que as hifas de que temos falado até agora! E qual a cor dessa hifa? Esses pontinhos coloridos são os esporos, muito provavelmente, conídios. Anote as cores que eles possuem, sua forma e a presença de septos. Em seguida, pegue a tabela de Classificação Esporológica de Saccardo (**Figura 2.3**) e procure identificar os esporos. Descreva suas observações e não se esqueça de fazer esquemas de tudo.

PRÁTICA Nº 3

Uma forma fácil de observar um ascoma é coletando um exemplar de fungo liquênico fértil. O tipo de ascoma mais comum é o apotécio. Após a coleta, esquematize o material. Em seguida, retire um fragmento que contenha um ascoma e faça um corte transversal a ele, com o auxílio de uma lâmina de aço. Coloque as fatias sobre uma lâmina de vidro, pingue uma gota de água e, em seguida, cubra com uma lamínula. Observe ao microscópico. O que você vê? Abaixo do ascoma, se o corte ficou bem fino, você poderá observar um conjunto de hifas compactadas em que existem células esverdeadas em uma camada. Trata-se das algas microscópicas que compõem a simbiose com os fungos. No corte transversal ao ascoma, podemos observar as ascas, com os ascósporos em seu interior. Entre as ascas, existem hifas estéreis (sem ascósporos) que auxiliam na sustentação das ascas e dispersão dos esporos. Observe e esquematize tudo que encontrar.

Como os Criptógamos fotossintetizantes se reproduzem?

Meta da aula

Fazer você entender o conceito de reprodução e suas modalidades constitui a meta principal desta aula.

objetivos

Após esta aula, você deverá estar habilitado a:

- Caracterizar os padrões de reprodução e suas implicações nos Criptógamos fotossintetizantes.
- Definir reprodução assexuada.
- Definir reprodução sexuada.
- Determinar as vantagens dos tipos de reprodução e suas implicações ecológicas.

Pré-requisitos

Para melhor compreensão desta aula é necessário que você reveja as Aulas 1 e 5, dos Módulos 1 e 2 (Botânica I), e as Aulas 1 e 2, deste módulo.

INTRODUÇÃO

Vamos conhecer, na sua “intimidade”, como os Criptógamos fotossintetizantes realizam a união sexual. Observa-se que eles ainda efetuam essa união de maneira escondida, ou seja, não evidente, como nos grupos taxonômicos mais evoluídos.

Para melhor compreensão desse fato, vamos recordar a organização vegetativa dos Criptógamos. Eles incluem uma vasta diversidade morfológica representada por: organismos unicelulares móveis e imóveis; colônias; filamentos e formas mais complexas organizadas em tecidos, para exercer as funções metabólicas. Além disso, as diferenças estruturais indicam também o aparecimento de órgão de reprodução refletido em específicas estratégias reprodutivas e, conseqüentemente, nos seus ciclos de vida.

PADRÕES DE REPRODUÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES NOS CRIPTÓGAMOS FOTOSSINTETIZANTES

Nesta aula, vamos primeiro conceituar os tipos de reprodução desses organismos envolvendo ou não o sexo, como garantia de deixar descendentes no tempo e no espaço.

Encontram-se tanto nas Algas, nas Briófitas e nas Pteridófitas, como em outros organismos fotossintetizantes, dois tipos de reprodução: assexuada e sexuada. A reprodução sexuada põe em evidência a participação de células especializadas, denominadas gametas. A união citoplasmática e nuclear dos gametas (masculino e feminino) é denominada fecundação ou gamia; produz uma célula única, o ovo ou zigoto, com $2n$ cromossomos, enquanto os gametas apresentam $1n$ cromossomos.

As Algas oferecem padrões muito variados em relação à fecundação, tendo, como resposta, várias modalidades na formação do zigoto.

Para completar o estudo do desenvolvimento nos organismos da escala vegetal, desde o início de sua formação até a maturidade, deve-se acrescentar a reprodução assexuada, a fecundação e, por fim, os diferentes ciclos de desenvolvimento ou ciclos de vida.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA (SEM INTERVENÇÃO DO SEXO)

A reprodução assexuada ocorre sozinha, ou seja, sem a participação de gametas, comum nos organismos unicelulares. Entretanto, nas espécies de Criptógamos (Algas, Briófitas e Pteridófitas), geralmente pluricelulares, as modalidades de reprodução são:

- multiplicação celular;
- multiplicação vegetativa;
- formação de células especiais ou esporos.

Multiplicação celular (reprodução celular)

Nos eucariontes, a reprodução em nível molecular implica no aumento da célula e pode ocorrer em seguida à reprodução (divisão) celular, em que a mitose e a meiose constituem dois tipos de divisão celular. Desse modo, nos organismos unicelulares toda a célula assume a função reprodutora; após a mitose, as células formadas se separam, formando dois novos indivíduos, em que o tipo mais comum é a divisão binária (Figura 4.1).

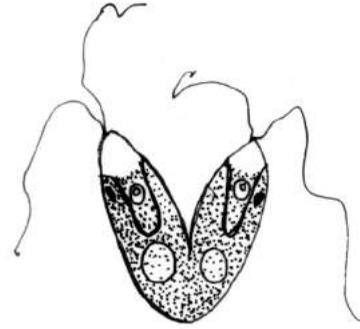


Figura 4.1: Divisão binária de uma Clorofíceia do gênero *Dunaliella*.

Multiplicação vegetativa (reprodução vegetativa)

Nesse tipo de reprodução, todo o organismo ou uma parte dele torna-se unidade reprodutiva. Essa reprodução pode consistir de um fragmento modificado desse organismo. Por exemplo, nas Cianofíceas filamentosas, a fragmentação se realiza a partir das células modificadas denominadas hormogônios (Figura 4.2).

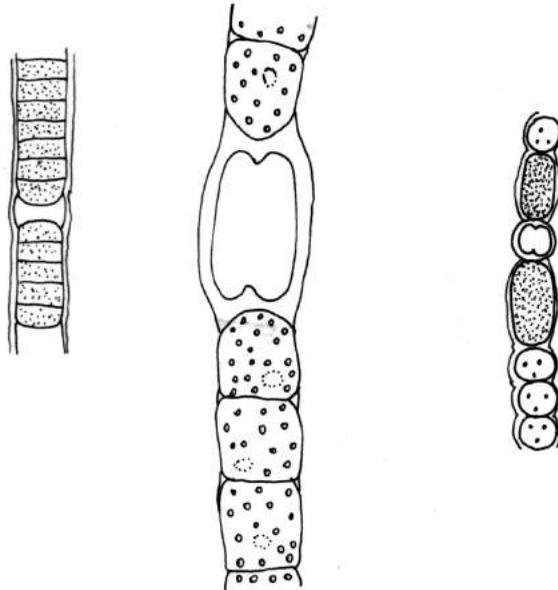


Figura 4.2: Hormogônio de uma Cianofíceia filamentosa.

As Algas (pluricelulares) de organização mais complexa podem também multiplicar-se vegetativamente por fragmentação. Em algumas pardas e vermelhas, surgem em seus talos pequenas expansões com morfologia definida e diferenciada dos demais. Essas expansões, em um dado momento, se desprendem espontaneamente de tais talos, reconstituindo um novo indivíduo; a elas denominamos propágulos, os quais constituem também unidades reprodutivas (Figuras 4.3.a e b).

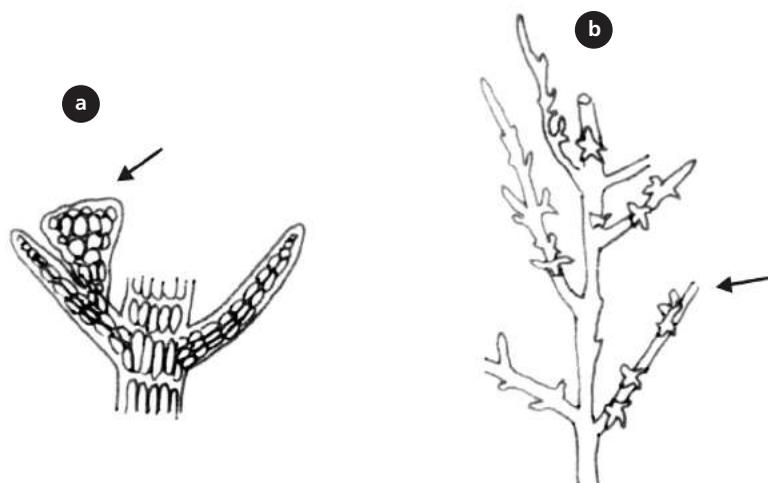


Figura 4.3: Propágulos em: (a) *Sphacelaria* (alga parda) e (b) *Hypnea* (alga vermelha).

Outro exemplo de propágulos pode ser encontrado em plantas avasculares, como as Briófitas; nelas, eles ficam em conceptáculos em forma de cálice (Figuras 4.4.a e b).

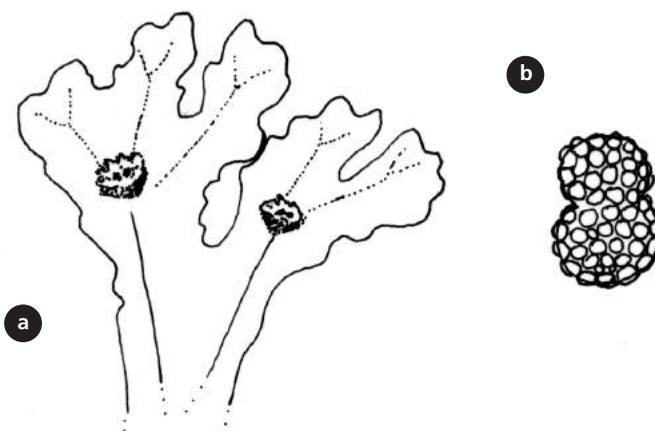


Figura 4.4: *Marchantia* (Briófita): (a) conceptáculos e (b) detalhe do propágulo.



ATIVIDADE 1

Vamos confirmar o que você aprendeu, até o momento, respondendo às questões abaixo:

a. Quando a reprodução é realizada com a participação dos gametas, como ela é denominada?

b. Multiplicação celular é o mesmo que reprodução celular? Justifique sua resposta.

c. Uma alga microscópica unicelular se locomove com muita rapidez devido à presença de _____

De repente, você observa 8 células. O que aconteceu?

d. Hormogônio, que palavra estranha! O que você entende por isso?

e. Exemplifique os tipos de propágulos que você conhece.

RESPOSTA

a. Reprodução assexuada.

b. Sim. Porque no organismo unicelular toda a célula assume a função reprodutora. A mitose é a divisão celular mais comum.

c. Flagelos. Houve a reprodução assexuada, em que foi realizada a multiplicação celular.

d. Hormogônio é uma unidade reprodutiva constituída por fragmento modificado do filamento das Cianofíceas.

e. Hormogônio, expansões modificadas dos talos das algas parda e vermelha.

Formação de células especiais, os esporos

Os esporos constituem células especializadas, que, ao se liberarem do organismo parental, são capazes de se desenvolver em novos indivíduos. Denominam-se aplanósporos (Figura 4.5), quando desprovidos de flagelos, quer dizer, sem estruturas que lhes possibilitem alguma mobilidade.

Quando têm mobilidade, são denominados zoósporos (Figura 4.6). Geralmente eles se originam dentro de estruturas especiais em forma de saco, caracterizados como esporângios. Podem ser unicelulares (monosporângios) e multicelulares (bisporângios, tetrasporângios e polisporângios). Os esporos oriundos dessas estruturas em forma de saco são, respectivamente: monósporos, bísporos, tetrásporos e polísporos, variando assim a sua forma e número (Figura 4.5).

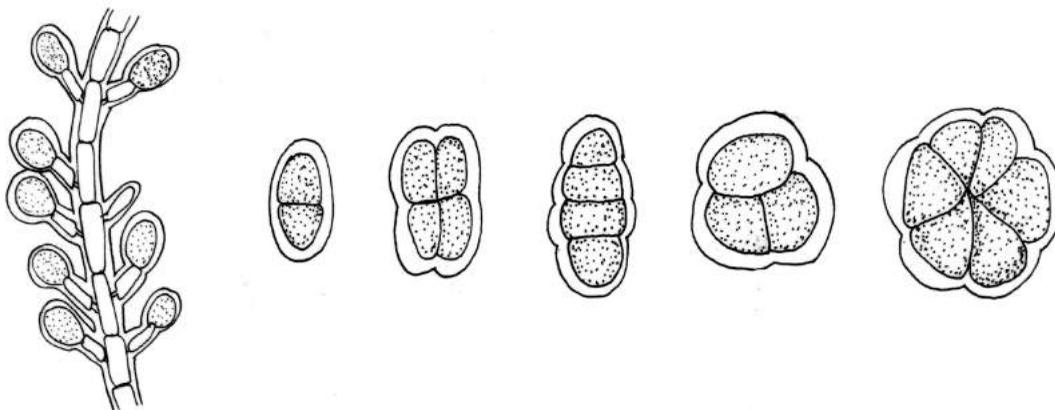


Figura 4.5: Diferentes tipos de esporos e esporângios.

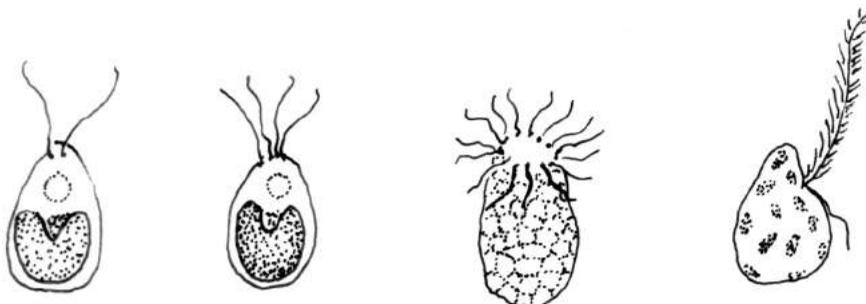


Figura 4.6: Diferentes tipos de zoósporos.

Muitas vezes, em condições desfavoráveis, algumas algas despedaçam o conteúdo de suas células em fragmentos menores, os acinetos; uma parede mais resistente e impermeável envolve esses acinetos e eles são capazes, após terem sido liberados, de permanecer em estado de resistência na água. Quando as condições voltam a ser favoráveis, o citoplasma dos acinetos retoma suas atividades e inicia a germinação (Figura 4.7).

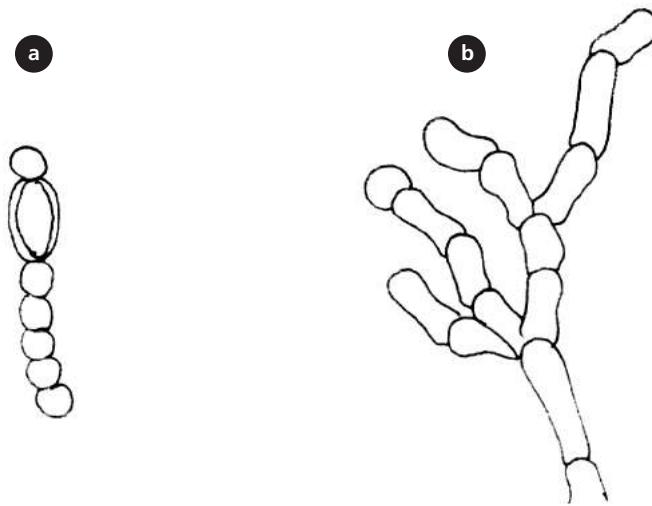


Figura 4.7: Acinetos: (a) Cianobactéria e (b) *Cladophora*.

REPRODUÇÃO SEXUADA (COM A PARTICIPAÇÃO DO SEXO)

Nessa modalidade de reprodução, há a participação de gametas, que são células sexuais especializadas. Esses gametas se formam nas células modificadas, parecendo um saco e são denominadas gametângios; as paredes desses gametângios constituem a própria parede da célula-mãe. Tal fato acontece também nos esporângios.

Como vimos no início desta aula, a reprodução sexuada resulta no encontro desses gametas (processo de fusão), conhecido como fecundação ou fertilização e o seu produto é o zigoto. Esse zigoto sofre divisões mitóticas resultando em um embrião e, conseqüentemente, em um organismo adulto.

Os gametas que podem apresentar mobilidade própria devido aos flagelos são os planogametas; os que não têm flagelo, isto é, os sem mobilidade, constituem os aplanogametas. São caracterizados como isogametas os morfologicamente idênticos; quando diferentes em tamanho e forma, são denominados heterogametas (normalmente os gametas femininos são maiores e os masculinos, menores).

A reprodução sexuada é classificada em dois tipos básicos, de acordo com a morfologia dos gametas: isogamia e heterogamia.

Isogamia

É assim caracterizada quando os dois gametas são morfológicamente iguais, tornando-se impossível reconhecer os seus sexos. Esse é o tipo de reprodução sexuada mais simples, que ocorre em alguns grupos de algas (Figura 4.8).

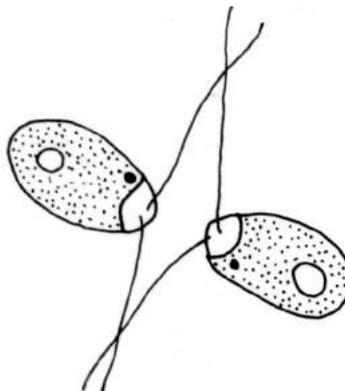


Figura 4.8: Gametas isogâmicos.

Heterogamia

Nomeia-se dessa forma quando os dois gametas são diferentes morfológicamente. Existem dois casos:

- **anisogamia** – quando um dos gametas, geralmente o feminino, é maior que o outro. Apresenta flagelos e possui a mesma morfologia que o outro (Figura 4.9).

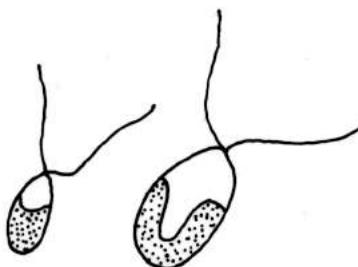


Figura 4.9: Gametas anisogâmicos.

- **oogamia** – quando o gameta é imóvel e grande e não possui flagelos (feminino) é denominado oosfera; quando o masculino é menor e móvel, denomina-se anterozóide, como, por exemplo, nas algas pardas (Figura 4.10). Um caso especial é o gameta masculino das algas vermelhas. Ele é imóvel (sem flagelos) e é chamado espermácio, e será exemplificado mais adiante em algas vermelhas.

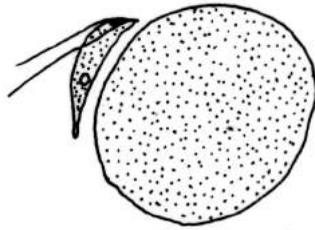


Figura 4.10: Exemplos de oogamia.

Assim, os gametângios femininos são chamados oogônios; esses oogônios dão origem a gametas, que são chamadas oosferas; os gametângios masculinos caracterizam-se como anterídios e dão origem a gametas, que são os anterozóides e os espermácios.

A fecundação nos organismos aquáticos é caracterizada pelo deslocamento de ambos os gametas, ou simplesmente pelo anterozóide, quando o gameta feminino é a oosfera. Em algumas algas, os gametângios femininos, ou oogônios, liberam uma substância química, que é um hormônio sexual, chamado ferormônio, que atrai o gameta masculino.



Na verdade, a reprodução sexuada se distingue pela alternância de dois processos que são, porém, separados um do outro: a singamia e a meiose. A singamia é a fusão das células reprodutivas; essa fusão leva à cariogamia, que é a fusão dos núcleos em que ocorre a recombinação gênica. No processo meiótico, a célula-mãe diplóide sofre duas divisões sucessivas originando quatro células-filhas haplóides; com isso ocorre a redução no número de cromossomos. Desse modo, a essência da reprodução sexual é introduzir mudanças genéticas nos organismos provenientes dessa fecundação, enquanto na multiplicação ou reprodução multiplicativa constitui um processo conservativo.



ATIVIDADE 2

Você acabou de conhecer a “intimidade” sexual dos organismos que, de maneira encoberta, fazem a reprodução.

Relacione a coluna da esquerda com a da direita.

- | | |
|---|----------------------------|
| (a) gamia | () aplanogameta |
| (b) gameta imóvel | () fecundação ou singamia |
| (c) gameta móvel | () anisogameta |
| (d) gametas móveis, femininos e masculinos iguais | () isogameta |
| (e) gameta feminino móvel, maior que o masculino | () gametângio |
| (f) gameta feminino sem flagelos | () planogameta |
| (g) saco que produz gametas | () oosfera |
| (h) saco que produz esporos | () espermácio |
| (i) hormônio sexual que atrai o gameta masculino | () ferormônio |
| (j) gameta masculino imóvel | () esporângio |

RESPOSTA

A resposta certa encontra-se na seqüência: b, a, e, d, g, c, f, j, i, h.

Se você acertou, muito bem e parabéns!

VANTAGENS DOS TIPOS DE REPRODUÇÃO (ASSEXUADA E SEXUADA) E SUAS IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS

Cada um dos tipos, vistos até agora, apresenta estratégias adaptativas.

- Reprodução vegetativa está ligada a uma alta velocidade de propagação, por exemplo, nos organismos unicelulares. Daí, ocorrerem as florações aquáticas (divisões celulares em intervalos de horas) que, dependendo do organismo causador, podem ter conseqüências danosas para o homem. Pode-se citar por exemplo a alta proliferação de uma cianobactéria ou cianofícea dulcícola que produz toxinas, conforme ocorreu em Caruaru, no Estado de Pernambuco. Outro exemplo é a intensa divisão celular que ocorre em dinoflagelados marinhos tóxicos, ocasionando a maré vermelha. Organismos filtradores como ostras e mexilhões, ao filtrarem a água, retêm esses organismos; a ingestão de tais moluscos pelo homem pode trazer conseqüências desastrosas. Nos organismos pluricelulares, a eficiência é evidenciada pela divisão celular mais lenta, como no método de propagação por fragmentos ou propágulos.

- Reprodução por esporos: representa uma estratégia eficiente na dispersão dos esporos a longa distância em fungos e vegetais terrestres. Esses esporos, ao germinarem, iniciam novas colonizações; nos Protistas fotossintetizantes, a água é um meio importante para eles, que se mobilizam através de seus flagelos.
- Reprodução sexuada: representa um mecanismo de dispersão, menos representativo que os anteriores. A reprodução por meio de gametas requer a presença de um ambiente líquido, pois os gametas não possuem resistência à desidratação.

RESUMO

Os Criptógamos fotossintetizantes se reproduzem de maneira sexuada e assexuada. Diz-se que a reprodução é assexuada quando a multiplicação celular ou a vegetativa parte do organismo e se torna unidade reprodutiva. Já na reprodução sexuada participam vários tipos de gametas e estruturas especializadas para a fecundação. A importância da fecundação das trocas gênicas foram evidenciadas pelas vantagens dos tipos de reprodução e suas aplicações ecológicas.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se você conseguiu entender toda esta aula, não lhe restando qualquer tipo de dúvidas, parabéns, pode e deve seguir adiante. Mas se sentiu dificuldades em compreender algo, você tem vários caminhos a seguir. Por exemplo:

- leia de novo o conteúdo da aula que, então, já não será tão novo;

ou

- procure na internet no site <http://curlygrow5.no.sapo.pt/mapa.htm>, alguns tipos de reprodução que foram exemplificados ou tente resolver suas dúvidas através do livro-texto de Biologia Vegetal;
- caso as dúvidas permaneçam, procure seu tutor no pólo, a fim de solucioná-las.

Não se esqueça de conferir suas respostas; afinal, sempre aprendemos com nossos erros.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Já que vimos, nesta aula, a “intimidade” reprodutiva dos vegetais que realizam a fecundação escondida, isto é, secretamente, vamos, na próxima aula, complementar essas noções com os ciclos de vida.

Ciclos de vida ou ciclos de desenvolvimento nos Criptógamos fotossintetizantes

AULA 5

Meta da aula

Nesta aula, tem-se como meta levar o aluno a entender as etapas dos ciclos de vida.

objetivos

Você, aluno, deverá estar capacitado a:

- Descrever os diferentes tipos de alternância de geração e de fases que constituem os ciclos de vida.
- Exemplificar os tipos básicos de ciclo de vida.
- Avaliar as vantagens adaptativas da alternância de gerações.

Pré-requisito

Você entenderá melhor esta aula se retornar à Aula 4 e rever a maneira como os Criptógamos se reproduzem.

INTRODUÇÃO

Na última aula (Aula 4), demosmos a você os diferentes tipos de reprodução apresentados pelos Criptógamos fotossintetizantes. Agora, visando complementar essa demonstração, apresentaremos os ciclos de vida ou ciclos de desenvolvimento desse grupo do reino vegetal.

DIFERENTES TIPOS DE ALTERNÂNCIA DE GERAÇÃO E DE FASES

Nesses ciclos de vida ou de desenvolvimento dos Criptógamos, devem-se considerar duas etapas importantes: o ciclo de alternância morfológica de geração e os ciclos de alternância de fases.

Noção de alternância de geração

No ciclo de desenvolvimento dos organismos na escala vegetal (incluindo os Protistas fotossintetizantes ou não), uma geração se inicia no momento da germinação do **zigoto** ou de qualquer tipo de **esporo** e termina na formação de novas células reprodutivas.



No ciclo completo de zigoto a zigoto ou de esporo a esporo realizam-se sucessões de dois tipos de biontes (= indivíduos):

- a) aqueles que elaboram os gametas, denominados gametófitos (sufixo *fito* = planta);
- b) os que produzem esporos, denominados esporófitos.

Resumindo: uma geração constitui a etapa do indivíduo que se inicia pelo esporo ou zigoto.

Noção de alternância de fases

Durante a formação de esporos provenientes do esporófito, ocorre o fenômeno nuclear denominado meiose, que você estudou na Aula 4. A alternância de geração superpõe-se a uma alternância citológica (fases) entre um esporófito diplóide ($2n$ cromossomos, oriundos de uma fusão de gametas, a fecundação) e um gametófito haplóide ($1n$ cromossomo). Este último se originou de um esporo oriundo de uma redução no número de cromossomos (meiose).

Agora, vamos ver se você entendeu bem o que vimos até aqui.



ATIVIDADE 1

a. O que você entendeu como ciclo de vida?

b. Você é um bionte? Por quê?

c. Em que fase do ciclo de vida de um Criptógamo fotossintetizante ocorre a meiose?

d. Em que fase do ciclo de vida de um Criptógamo há a liberação dos gametas?

RESPOSTAS

a. *Ciclo é uma série de etapas no desenvolvimento de um organismo de uma geração, que se sucede numa determinada ordem. Ex.: zigoto a zigoto ou de esporo a esporo.*

b. *Sim. Porque você é um ser vivo (indivíduo).*

c. *Na fase esporofítica, dentro do esporângio.*

d. *Na fase gametofítica, a partir dos gametângios.*

Se você acertou tudo, parabéns!

TIPOS BÁSICOS DE CICLO DE VIDA

Nos Criptógamos fotossintetizantes, existem três tipos básicos de ciclos de vida, cada um com suas características:

1. Haplobionte haplonte
2. Haplobionte diplonte
3. Diplobionte

Haplobionte haplonte (em grego: *haplo* = simples e *bionte* = ser vivo)

Nesse tipo de ciclo, ocorre apenas uma fase de vida livre, a haplóide ($1n$ cromossomo). O zigoto constitui a única fase diplóide do ciclo (= haplonte: fase diplóide de curta duração reduzida ao zigoto), conhecida como meiose zigótica, porque ocorre no zigoto (**Figura 5.1**).

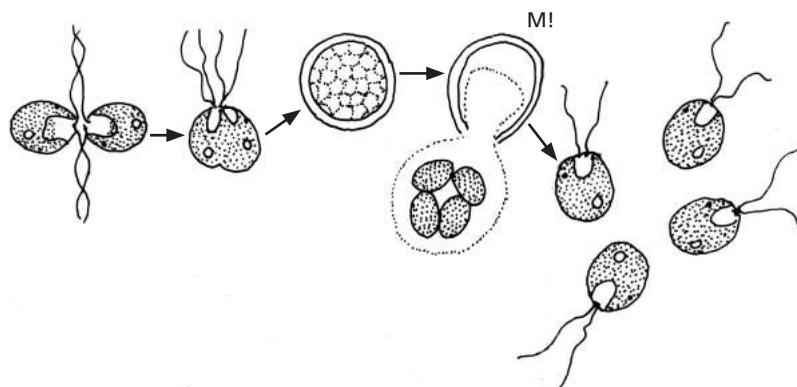


Figura 5.1: Ciclo de vida haplobionte haplonte em *Chlamydomonas*, alga verde unicelular.

Haplobionte diplonte

Neste tipo de ciclo, ocorre apenas uma fase de vida livre, a diplóide ($2n$ cromossomos). A meiose ocorre na formação dos gametas, masculino e feminino. Os gametas se fusionam formando o zigoto que origina um novo indivíduo diplóide. É comum ocorrer esse fato em algumas algas, nas plantas com flores e nos animais.

Um exemplo típico é o de *Codium decorticans*. Trata-se de um talo verde, em forma de macarrão, formado internamente por vesículas. No momento da reprodução, essas vesículas formam gametângios femininos ou masculinos. Isso ocorre apenas na fase de vida livre, que é a fase diplóide. A meiose se processa como nos animais, no momento da formação dos gametas. Todo indivíduo, oriundo do zigoto, possui $2n$ cromossomos. O estado haplóide é efêmero e só acontece no momento da formação dos heterogametas (ou gametogênese). A fecundação é **ANISOGÂMICA** (Figura 5.2).

A reprodução sexuada é classificada em dois tipos básicos, de acordo com a morfologia dos gametas. Um deles é a **ANISOGAMIA**, quando um dos gametas, geralmente o feminino, é maior do que o outro. Apresentam flagelos, e possuem a mesma morfologia que o outro (Figura 4.9).

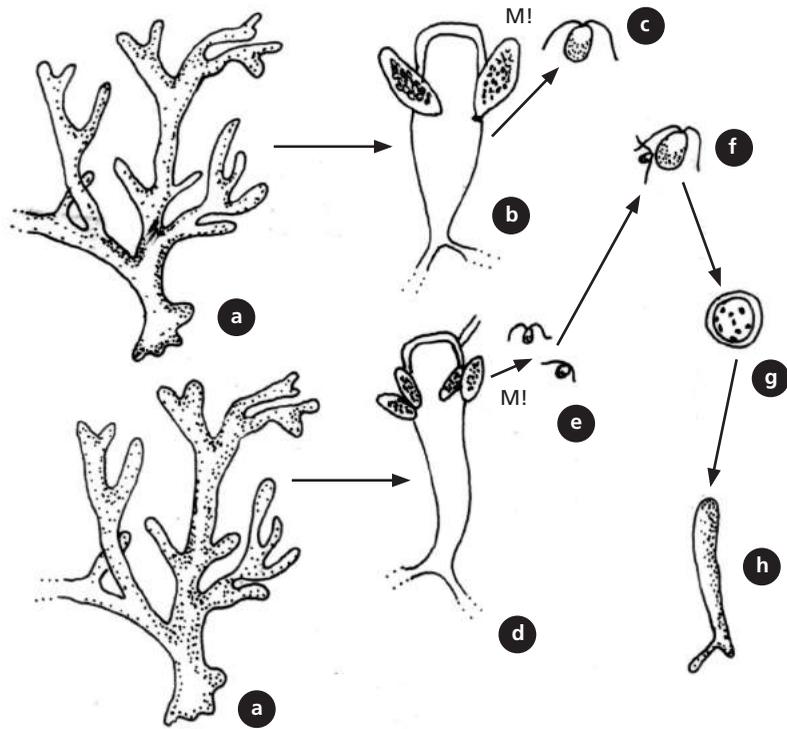


Figura 5.2: *Codium decorticatum*. Ciclo haplobionte diplonte. (a) talo diplóide; (b) gametângio feminino; (c) gameta feminino; (d) gametângio masculino; (e) gameta masculino; (f) fusão dos gametas (fecundação); (g) zigoto; (h) novo esporófito de *Codium*. M! = meiose reducional.

Vejamos agora se você entendeu bem essa parte.

ATIVIDADE 2



a. Explique o que quer dizer ovo ou zigoto.

b. Defina um organismo haplobionte.

c. Caracterize, quanto ao ciclo de vida, um organismo que efetua a meiose na fase zigótica.

d. Um indivíduo como você, que ciclo de vida possui?

RESPOSTAS

- a. É o produto da fecundação do gameta masculino com o feminino.
- b. É um organismo com apenas uma fase de vida livre.
- c. No ciclo de vida haplobionte haplonte.
- d. Você é um indivíduo haplobionte diplonte. Você é de vida livre ($2n$ cromossomos) onde a meiose ocorre na formação dos gametas que se fundem, dando origem a um zigoto $2n$.

Diplobionte (em grego: *diplo* = duplo e *bionte* = ser vivo) ou diplonte

Ocorrem duas fases de vida livre, uma haplóide (gametófito) e outra diplóide (esporófito). A meiose ocorre na formação de esporos. Esse tipo de ciclo pode ser isomórfico (gametófito e esporófito com morfologia similar) (Figura 5.3); já o ciclo heteromórfico apresenta o gametófito diferente do esporófito em suas formas (Figura 5.4).

Exemplo 1: Diplobionte isomórfico (Figura 5.3)

Em algas pluricelulares como, por exemplo, *Ulva fasciata*, o ciclo de vida comporta uma alternância citológica de fases: haplóide e diplóide. Nesse ciclo, esporos e zigotos desenvolvem indivíduos morfologicamente idênticos, ou seja, gametófito e esporófito de hábitos semelhantes, que são distintos apenas pela natureza sexual e assexual das células reprodutivas produzidas por eles, embora os zoósporos apresentem quatro flagelos. No momento em que o talo amadurece, as células da periferia da região apical permanecem como gametângios (gametófito) ou esporângios (esporófito). A alternância de geração é, portanto, isomórfica e diplobionte.

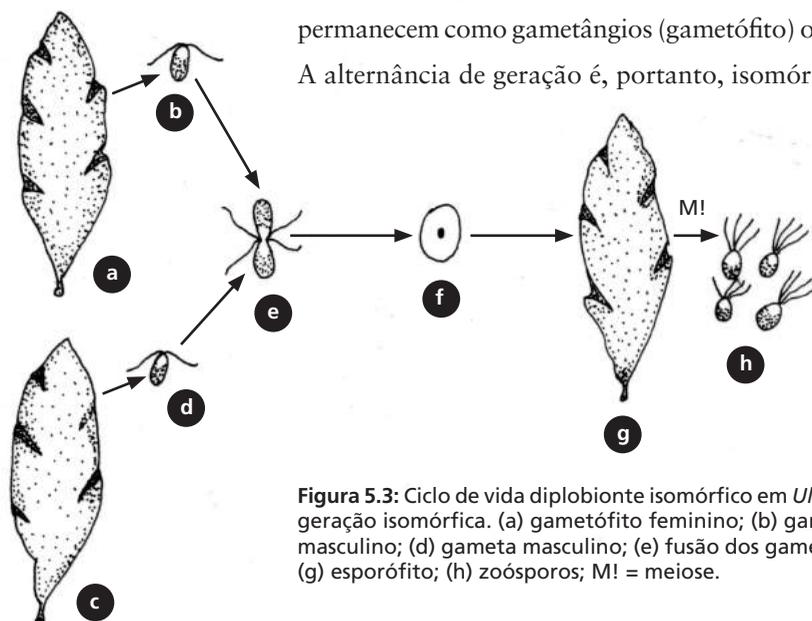


Figura 5.3: Ciclo de vida diplobionte isomórfico em *Ulva fasciata*, com alternância de geração isomórfica. (a) gametófito feminino; (b) gameta feminino; (c) gametófito masculino; (d) gameta masculino; (e) fusão dos gametas ou fecundação; (f) zigoto; (g) esporófito; (h) zoósporos; M! = meiose.

Exemplo 2: Diplobionte heteromórfico (Figura 5.4)

A espécie *Halicystis ovalis* forma vesículas de cor verde de aproximadamente 5mm de altura. Na maturidade, essas vesículas funcionam como gametângios. Seu ciclo de vida apresenta uma fase haplóide e outra diplóide que são diferentes morfologicamente entre si. Os gametas são heterogametas e a reprodução é anisogâmica (embora o feminino seja maior que o masculino, ambos são iguais morfologicamente). O gametófito é a forma vesicular, enquanto o esporófito é filamentosso (fase esporofítica que produz esporos multiflagelados após a meiose).

Com essas diferenças, classificamos o ciclo de vida como Diplobionte heteromórfico.

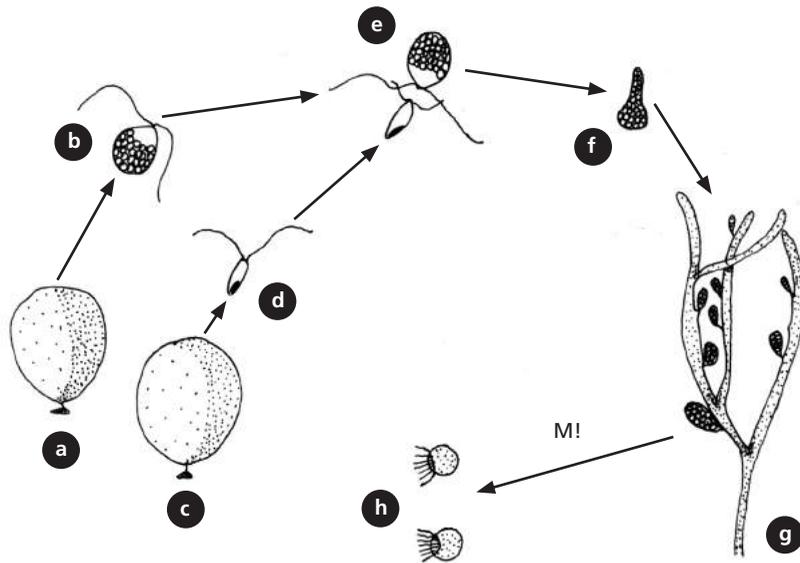


Figura 5.4: Ciclo de vida diplobionte isomórfico em *Halicystis ovalis* com alternância de geração heteromórfica. (a) gametófito feminino; (b) gameta feminino; (c) gametófito masculino; (d) gameta masculino; (e) fusão dos gametas ou fecundação; (f) zigoto; (g) esporófito fértil; (h) esporângio; (i) esporo multiflagelado; M! = meiose.

O ciclo diplobionte pode ainda apresentar modificações, como no caso das algas vermelhas, que têm um ciclo muito original, formado por um haplobionte (gametófito) com fase haplóide e mais dois diplobiontes, com duas fases diplóides. Esse ciclo, portanto, tem três fases; ou seja, o ciclo é trifásico, que pode ser isomórfico (Figura 5.5) ou, ainda, heteromórfico (Figura 5.6).

Exemplo 1: Ciclo trifásico isomórfico (Figura 5.5).

Gracilaria sp. forma talo cilíndrico ou achatado, de cor róseo-cárnea, róseo-amarelada, róseo-arroxeadado, vermelho-vinho, vinácea esverdeada ou cinza cárnea e é comumente encontrado no nosso litoral.

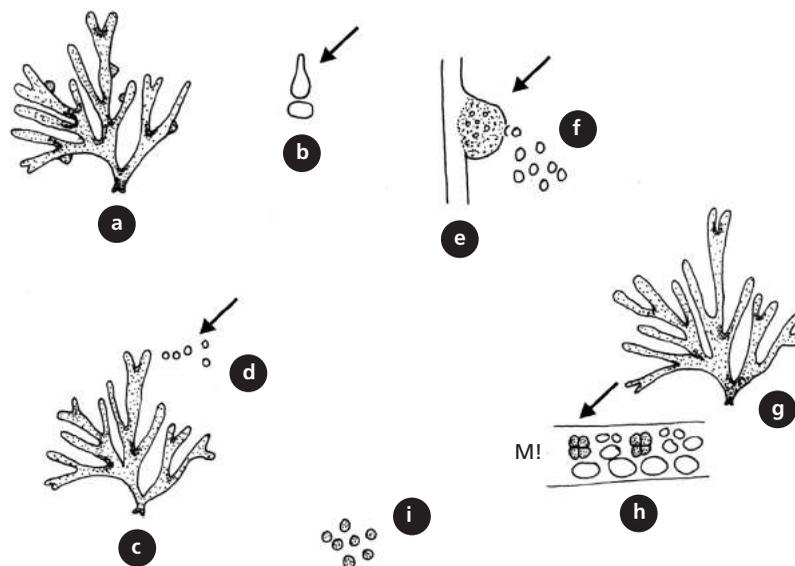


Figura 5.5: Ciclo trifásico isomórfico de *Gracilaria sp.* (a) gametófito feminino; (b) carpogônio (seta); (c) gametófito masculino; (d) espermácios (seta); (e) carposporófito (seta), preso ao gametófito feminino; (f) carposporos liberados; (g) esporófito; (h) corte transversal do esporófito mostrando os tetrasporângios (seta); (i) esporos liberados. M! = meiose.

Exemplo 2: Ciclo trifásico heteromórfico (Figura 5.6).

Existem vários representantes de algas vermelhas que efetuam o ciclo de vida trifásico heteromórfico, como *Porphyra sp.* Esse gênero forma talo laminar de cor vermelho-arroxeadado, às vezes de cor amarelada, atingindo aproximadamente 5cm de altura. No litoral fluminense, cresce sobre cracas ou diretamente no costão rochoso. Portanto, se você for a um costão, preste atenção, porque é muito fácil levar um escorregão ao pisar nas populações dessa alga.

Anatomicamente, esse talo foliáceo haplóide (n) é formado de uma camada de células; ao alcançar a maturidade, qualquer célula desse talo, exceto as da base, torna-se unidade reprodutora de reprodução sexuada. Os talos são portanto gametófitos e vão produzir heterogametas.

Acompanhe a **Figura 5.6**. As células vegetativas do talo masculino se transformam em espermatângios, produzindo espermácios sem flagelos. As células vegetativas do talo feminino se modificam em carpogônios (com o gameta feminino imóvel). O espermácio, liberado na água, fecunda a oosfera no próprio talo feminino (reprodução oogâmica), formando o zigoto. Esse zigoto, através de mitoses sucessivas, originará o carposporófito. Já o carposporófito, parasita da planta-mãe, libera os carpósporos na água, originando um novo indivíduo filamentososo, o esporófito (de morfologia distinta do gametófito). Na maturidade, as células desse esporófito se transformam em esporângios, dentro dos quais ocorre a meiose. O produto final dessa divisão são os esporos, que, lançados na água, constituirão novos gametófitos. Assim completa-se o ciclo de três fases de *Porphyra* sp., com alternância de geração heteromórfica (**Figura 5.6**).

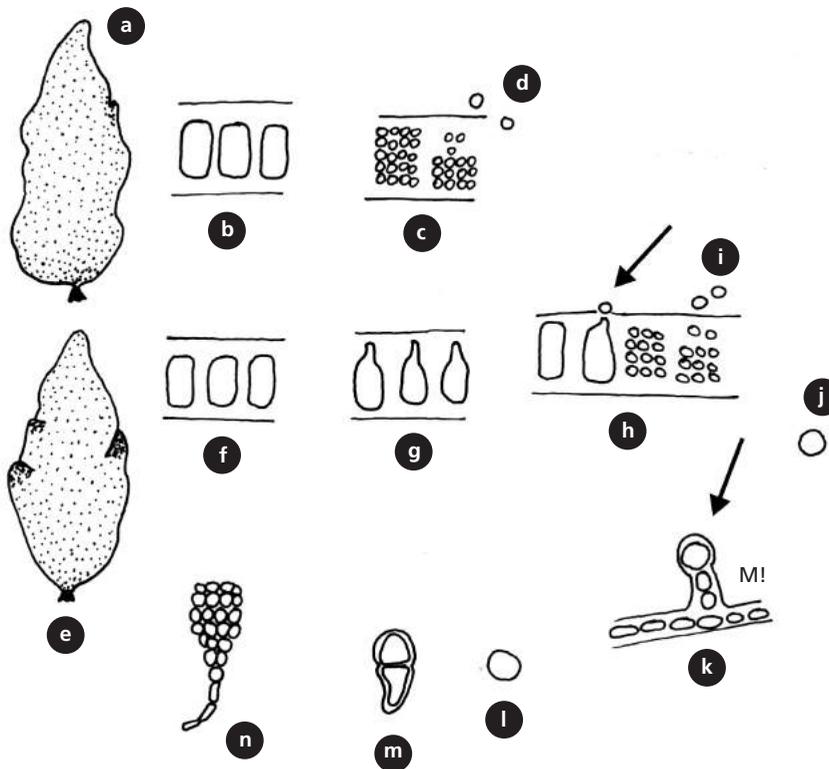


Figura 5.6: Ciclo trifásico heteromórfico de *Porphyra* sp. (a) gametófito masculino; (b) corte transversal com células vegetativas; (c) espermatângio (seta); (d) espermácio; (e) gametófito feminino; (f) corte transversal com células vegetativas; (g) carpogônios; (h) carpogônio com espermácio (seta); (i) carposporófitos à direita do carpogônio; (j) carpósporo liberado; (k) esporófito (fase filamentosa) portando o esporângio na extremidade (seta); (l) esporo; (m) germinação do esporo; (n) gametófito jovem. M! = meiose.



Figura 5.7: Gametófito feminino portando o esporófito.

Em plantas terrestres, como nas Briófitas (musgos e hepáticas), o esporófito, em vez de ser livre, é sempre dependente do gametófito feminino. Portanto, o gametófito é de vida livre e constitui a fase dominante (Figura 5.7).

O último grupo de Criptógamos (quase totalmente terrestre) já possui vasos condutores, mas não produz, ainda, sementes. Por isso é chamado de Plantas Vasculares sem Sementes; esse grupo engloba samambaias, avencas, cavalinhas, fetos arborescentes, etc. A partir dele, o esporófito constitui a fase dominante, enquanto o gametófito é de vida livre e efêmero.

VANTAGENS ADAPTATIVAS DA ALTERNÂNCIA DE GERAÇÕES

Uma das vantagens adaptativas na ocorrência de alternância de gerações pode ser considerada uma estratégia na sobrevivência da espécie, manifestada pela variabilidade genética no momento da fecundação. Em alguns casos com alternância de geração heteromórfica, uma das fases pode ser poupada pela ação dos herbívoros, por apresentar textura rígida; é portanto, impalatável para os animais pastadores garantindo, assim, a perpetuação da espécie. Em contrapartida, há casos de algumas algas de interesse econômico, em que a fase gametofítica é microscópica, tornando-se mais vulnerável ao ataque dos predadores (herbívoros). Se essa fase for dizimada, não haverá fecundação e, conseqüentemente, não há desenvolvimento do esporófito, do qual o homem tira proveito.

Agora mostre que você entendeu essa última parte.

ATIVIDADE 3



A compreensão dos ciclos de vida é complicada; vamos ver se você entendeu a aula respondendo às perguntas.

a. Como você classifica o tipo de ciclo de vida quando o gametófito e o esporófito são de vida livre?

b. O esporo oriundo de um esporófito tem $1n$ ou $2n$ cromossomos? Esse esporo dará origem a um gametófito ou a um esporófito?

c. Esquematize o ciclo de vida de uma alga diplonte isomórfica.

d. Defina o ciclo de vida de uma alga diplobionte heteromórfica.

e. O ciclo diplobionte de uma alga rodofíceia (alga vermelha) é muito original. Quantas fases têm esse ciclo?

f. Quantas fases de $2n$ cromossomos têm essa Rodofíceia?

g. Qual é a fase de vida livre que tem $2n$ cromossomos nessa mesma alga vermelha?

h. Qual é a fase dominante de um musgo?

i. Qual é a fase de uma vida curta de uma samambaia?

RESPOSTAS

- a. Diplobionte, onde o gametófito (n) e o esporófito ($2n$) são de vida livre.
- b. Tem $1n$ cromossomo, pois é o resultado de uma meiose que originará um novo gametófito.
- c. Veja as **Figuras 5.3 e 5.5**.
- d. Quando o gametófito é morfologicamente diferente do esporófito.
- e. Tem 3 fases: gametofítica, carposporofítica e esporofítica.
- f. As duas fases: carposporofítica e a esporofítica.
- g. A esporofítica.
- h. Gametofítica
- i. Gametofítica.

CONCLUSÃO

Esses ciclos que acabamos de apresentar nos dão uma idéia da diversidade dos Criptógamos e à medida que o organismo evoluiu conquistando o ambiente terrestre, houve redução da fase gametofítica haplóide, a qual é protegida pelas estruturas do esporófito, como, por exemplo, a estrutura da flor.

RESUMO

Nesta aula, apresentamos as noções básicas dos ciclos de vida ou de desenvolvimento dos Criptógamos, que é constituído de duas etapas importantes: alternância morfológica de geração e alternância de fases. Existem três tipos básicos de ciclos: haplobionte haplonte, haplobionte diplonte e diplobionte; uma modificação do ciclo diplobionte é encontrada especificamente nas algas vermelhas. As vantagens adaptativas da alternância de geração podem ser consideradas uma estratégia de sobrevivência.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se você conseguiu entender toda esta aula, não lhe restando qualquer tipo de dúvidas, parabéns, pode e deve seguir adiante. Mas se sentiu dificuldades em compreender algo, você tem vários caminhos a seguir. Por exemplo:

- leia de novo o conteúdo da aula que, então, já não será tão novo;
- ou
- tente resolver suas dúvidas através do livro-texto de Biologia Vegetal;
 - Caso as dúvidas permaneçam, procure seu tutor no pólo, a fim de solucioná-las.

Não se esqueça de conferir suas respostas.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, vamos continuar estudando as diversas modalidades de reprodução ainda “escondida” nos Protistas fotossintetizantes (Algas) unicelulares e pluricelulares.

Diversidade reprodutiva dos Protistas fotossintetizantes: algas uni e pluricelulares

Meta da aula

Apresentar as diversas modalidades de reprodução na perpetuação dos protistas fotossintetizantes, levando a entender os respectivos ciclos de vida.

objetivos

Você deverá estar capacitado para:

- Descrever os processos de reprodução nas algas uni e pluricelulares em seus respectivos ciclos de vida em: Cyanobacteria, Euglenophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Phaeophyta e Rhodophyta.
- Descrever os ciclos de vida em: Chrysophyta e Pyrrophyta.
- Ressaltar a importância das estratégias reprodutivas nos aspectos ecológicos.

Pré-requisitos

Para que você possa acompanhar esta aula, é preciso reler as Aulas 13 e 14 do Módulo 1 e 2 (Botânica I), em que foram abordados os diferentes tipos de organização vegetativa das algas uni e pluricelulares.

É necessário também que você tenha em mente os conceitos da reprodução e os ciclos de vida tratados nas Aulas 4 e 5 deste módulo.

INTRODUÇÃO

Ressaltamos, nas Aulas 4 e 5, deste Módulo, os padrões de reprodução dos Criptógamos, ou seja, dos Protistas fotossintetizantes. Definimos, também, reprodução assexuada e sexuada, abordando os diferentes tipos de ciclo de vida. Acreditamos que tudo o que vamos discorrer nesta aula, não lhe seja desconhecido. Assim, vamos ainda continuar mencionando, na intimidade, as modalidades de reprodução e os ciclos de vida das algas uni e pluricelulares. As espécies de algas aqui exemplificadas são encontradas nos ecossistemas aquáticos do Brasil.

REINO BACTERIA PROCARIONTE

Divisão Cyanobacteria

Essas bactérias são organismos procariontes fotossintetizantes, conhecidos também como **Cyanophyta** ou algas azuis. Seus pigmentos são compostos principalmente por clorofila A e por ficobilinas (cor azul e vermelha), carotenos e xantofilas. Esse conjunto de pigmentos auxilia na captação da radiação luminosa de uma maneira mais ampla.

O talo pode ser unicelular, em colônias, com filamentos simples ou ramificados e, alguns, parcialmente multisseriados. Suas células são menores do que as dos organismos eucariontes e envoltas por uma bainha mucilaginosa.



Embora Cyanobacteria seja um nome mais moderno para a Cyanophyta, essa divisão é classificada junto ao Reino Bacteria. Esses organismos são tratados nos livros-texto de Botânica e estudados por pesquisadores que trabalham com algas e não pelos que tratam de bactérias. Por essa razão incluímos essa divisão junto às algas.

Reprodução em Cyanobacteria

A reprodução é sempre assexuada, realizada pela simples divisão celular (Figura 6.1).

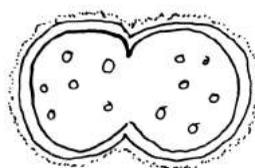


Figura 6.1: Divisão celular de uma Cyanobacteria.

Nas formas filamentosas há formação de hormogônios e acinetos. Estes últimos constituem formas de resistência que acumulam reservas. Eles se formam quando as condições ambientais são desfavoráveis, e voltam ao estado normal de célula quando o meio torna-se favorável. Os hormogônios são formas individualizadas dos filamentos chamados, também, de propágulos. Quando liberados do filamento-mãe darão origem a um novo filamento (Figura 6.2). Os acinetos são formas de propagação e conservação da espécie.

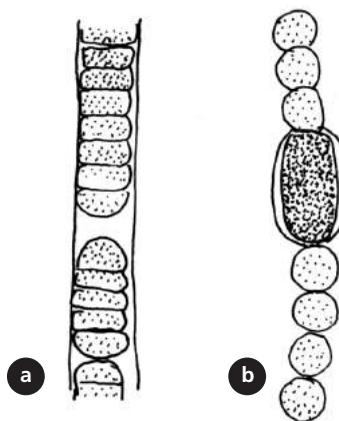


Figura 6.2: (a) Hormogônio e (b) acineto encontrado nos filamentos de Cianobactérias.

Até o momento, não se conhece a reprodução sexuada nessas algas. Nunca se observou a plasmogamia (fusão dos citoplasmas), porém, há indícios dessa combinação gênica.



As cianobactérias são as primeiras colonizadoras dos ambientes. Podem ser encontradas em qualquer lugar do mundo. Fazem parte dos ecossistemas aquáticos (marinhos, dulcícolas) e terrestres, e são importantes como produtores primários.

Por outro lado, várias espécies produzem toxinas, excretando-as na água de abastecimento. O caso torna-se mais sério quando ocorrem as florações, em consequência da água rica em nutrientes que provêm da poluição.

Na década passada, a floração de *Microcystis* foi a responsável pela morte de dezenas de pacientes que estavam realizando a diálise nos hospitais em Caruaru, no Estado de Pernambuco.

Spirulina é um gênero de alga azul importante por seu alto conteúdo protéico. Muitas farmácias vendem o pó de *Spirulina* encapsulado como suplemento de proteínas. O México é o país que cultiva essa alga em massa.

Nostoc é outro gênero muito usado no cultivo de arroz pela quantidade de heterocistos em seus filamentos, os quais possuem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico.

Em contrapartida, algumas espécies de cianofíceas liberam toxinas no meio ambiente, prejudicando a qualidade da água utilizada pelo homem, como foi visto anteriormente.

REINO PROTISTA EUCARIONTE

Constitui um grupo de algas e é representado por organismos fotossintetizantes altamente diversificados.

Divisão Euglenophyta

Grupo de algas unicelulares, cujas células têm a presença de clorofila A e B e dois flagelos em cada uma delas.



Figura 6.3: Bipartição da *Euglena* no sentido longitudinal; nu = núcleo.

Reprodução

Esses organismos se reproduzem apenas assexuadamente (vegetativamente), através da bipartição da célula no sentido longitudinal, após a divisão do núcleo (**Figura 6.3**).

Em condições ambientais desfavoráveis, o organismo se deforma, perdendo seus flagelos; toda a célula toma o aspecto de uma massa esférica que se envolve em uma espessa camada mucilaginosa transformando-se em cisto. Esse cisto permanece em estado de dormência até que as condições ambientais tornam-se favoráveis.

Divisão Chlorophyta

Essa divisão engloba vários níveis de organização do talo, como unicelulares, coloniais, filamentosas (simples e ramificadas), crostosas, parenquimatosas e cenocíticas. Comumente as clorófitas são chamadas algas verdes. Os pigmentos preponderantes são a clorofila A e B, beta-caroteno e várias xantofilas. A parede celular é constituída por celulose e o produto de reserva é o amido. Essas características demonstram um parentesco muito próximo com as plantas terrestres.

É essa a maior divisão entre as algas, colonizando vários ecossistemas aquáticos e terrestres.

Da mesma maneira que apresenta uma diversidade nas formas vegetativas, a reprodução e os ciclos de vida são também os mais variados dentre todos os organismos eucariontes fotossintetizantes.

Reprodução assexuada

Os membros unicelulares reproduzem-se assexuadamente por simples divisão celular, em consequência da mitose (**Figura 6.4**). Alguns gêneros como *Chlamydomonas* podem apresentar reprodução sexuada, com formação de gametas, conforme você observou na **Figura 5.1** da Aula 5.

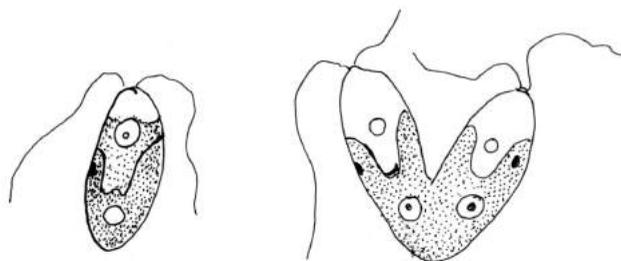


Figura 6.4: Reprodução assexuada na Clorófitia *Chlamydomonas*.

Os organismos pluricelulares que compõem as formas coloniais ou **CENOBIAIS** nas águas doces realizam comumente a reprodução assexuada.

Um exemplo bem didático é o cenóbio do gênero *Pandorina*, constituinte do plâncton dulcícola, que se move através dos numerosos flagelos; o cenóbio é envolvido por uma matriz mucilaginosa. A reprodução assexuada dessa alga é realizada por meio de zoósporos. Todas as células da colônia ou cenóbio formam zoósporos (Figura 6.5).

CENÓBIO

Colônia com número certo de células desde o início de sua formação.

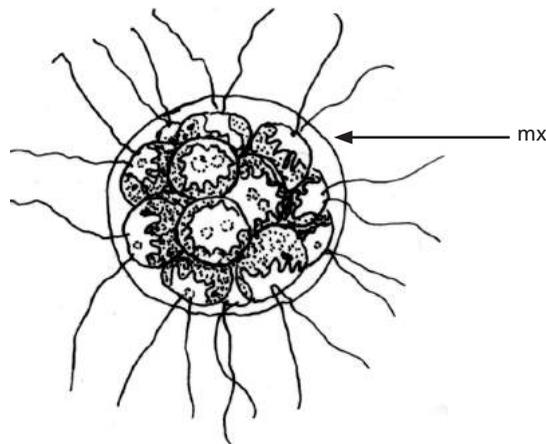


Figura 6.5: *Pandorina*: vista superficial do cenóbio, mostrando as células biflageladas; mx = matriz mucilaginosa.

A fragmentação do talo também é outra modalidade de reprodução assexuada nas algas verdes.

Reprodução sexuada

Todas as formas de fecundação existem nessas Chlorophyta. Na maioria, os talos apresentam sexos separados.

Os tipos de gametas, responsáveis por essa fecundação, são planogametas (isto é, são móveis por meio dos flagelos). Em determinados gêneros, tanto o gameta masculino como o feminino são morfologicamente iguais, logo, são isogametas. Já em outros gêneros, eles são morfologicamente desiguais. Portanto, são heterogametas.

Assim, o veículo da reprodução sexuada nesses organismos é realizado por dois tipos básicos: isogametas e heterogametas. A fecundação é sempre externa, originando o zigoto que se desenvolve em esporófito.

Em decorrência desse tipo de reprodução, as clorófitas apresentam várias particularidades de alternâncias de geração e de fases (ciclos de vida).

Ciclos de vida em algas verdes (Chlorophyta)

Os diversos ciclos de vida são encontrados nas algas verdes (Chlorophyta). Veja a Aula 5 deste módulo na qual esses ciclos estão exemplificados:

- Haplobionte haplonte (Figura 5.1)
- Haplobionte diplonte (Figura 5.2)
- Diplobionte isomórfico (Figura 5.3)
- Diplobionte heteromórfico (Figura 5.4)



As algas verdes são largamente expandidas em todos os ecossistemas, principalmente no meio marinho e dulcícola. São importantes como produtores primários. Elas não têm valor econômico, como as algas pardas e vermelhas. Somente os povos orientais alimentam-se de clorófitas marinhas, pertencentes aos gêneros *Monostroma*, *Enteromorpha* e *Caulerpa*.

Agora, vamos ver se você entendeu bem o que vimos até aqui.

ATIVIDADE 1



Responda às questões:

a. Que nome estranho é acinetos... mas ele tem uma função importante nas algas azuis filamentosas. Você poderia dizer qual é essa função?

b. Você isolou uma alga verde unicelular e colocou-a num frasquinho com água. Evidente que o seu conteúdo estava transparente. Horas depois, esse frasco tornou-se verde. Que tipo de reprodução ocorreu?

c. Você tem um aquário de água salgada em sua casa. Colocou um talo de uma alga verde para enfeitá-lo. Na hora de sua limpeza, sem querer, arrancou um pedaço desse talo. Ficou com pena de jogá-lo fora, retornando-o ao aquário de novo. Dias depois esse pedaço cresceu bem. Que tipo de reprodução ocorreu?

d. Você pode dizer como se denominam os gametas imóveis e os móveis?

e. Heterogametas são veículos de reprodução sexuada. Por que são chamados de heterogametas?

RESPOSTAS

a. Propagação e conservação da espécie.

b. Reprodução assexuada por meio da multiplicação celular.

c. Fragmentação do talo, crescendo por meio de multiplicação vegetativa ou celular.

d. Gametas imóveis-aplanogametas; gametas móveis – planogametas.

e. Porque são morfologicamente de tamanhos distintos. O maior é sempre o gameta feminino e o menor, gameta masculino.

Se você acertou tudo, parabéns! Isso significa que você entendeu bem essa parte da aula.

Divisão Chrysophyta

Dentro dessa divisão, incluem-se as Diatomáceas.



As Diatomáceas são organismos, na maioria unicelulares. Apresentam as clorofilas A e C, carotenos, xantofilas, principalmente a fucoxantina, responsável pela cor pardo-amarelado em seu talo. Suas células são constituídas por duas valvas (= tecas ou frústulas) como uma caixinha ou placa de *Petri* que se encaixam. A maior é a epiteca e a menor, a hipoteca. As paredes dessas valvas são rígidas pela impregnação de sílica. Veja as Figuras 13.2 (d, e, f) e 13.4 (e, f, g), dos Módulos 1 e 2, de Botânica I.

Reprodução e ciclos de vida

Nas Diatomáceas ocorrem vários tipos de reprodução vegetativa, espórica e sexuada.

Reprodução vegetativa

Na reprodução vegetativa, quando as condições são favoráveis, as células se multiplicam rapidamente pelo fenômeno da bipartição. Durante essa divisão, as duas valvas se separam, enquanto ocorre a divisão do núcleo, dos plastídios e do restante da célula. Cada célula-filha, resultante da divisão mitótica, conserva uma das duas valvas iniciais e forma uma nova, que vai constituir sempre o fundo da caixinha.

Assim, no decorrer de cada divisão, uma das células-filhas terá sempre tamanho inferior àquele da célula-mãe. No decorrer das sucessivas divisões celulares, uma parte da população vai diminuindo de tamanho (Figura 6.6).

Essa diminuição constante do talo não pode ultrapassar um certo limite de tamanho. Assim que ele é atingido, para compensar o tamanho inicial, forma-se uma célula especial que abandona a carapaça e cresce até o máximo, de modo a formar duas novas carapaças.

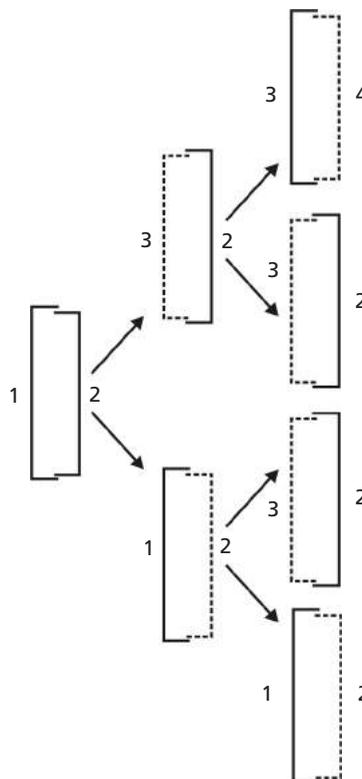


Figura 6.6: Reprodução assexuada (vegetativa) de uma Diatomácea.

Reprodução espórica

Algumas Diatomáceas podem formar esporos de resistência quando as condições ambientais são desfavoráveis. O esporo é traduzido pelo espessamento da parede celular e pela perda do vacúolo; como consequência, ele afunda na massa d'água, permanecendo sem atividade por algum tempo. Quando as condições ambientais voltam ao normal, ocorre o aumento do protoplasto, restabelecendo o tamanho normal da espécie (Figura 6.7).

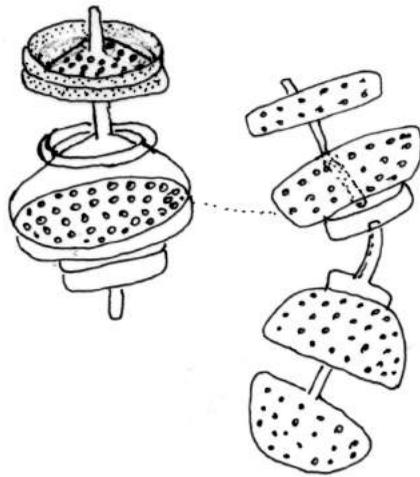


Figura 6.7: Esporo de resistência (seta) de uma Diatomácea.

Reprodução sexuada

A reprodução sexuada não é conhecida em muitas espécies de Diatomáceas. Quando ela ocorre, as Diatomáceas têm o ciclo haplobionte diplonte, isto é, com uma fase apenas de vida livre, logo, diplóide ($2n$ cromossomos); ou seja, os indivíduos são diplóides na sua fase vegetativa. A reprodução é oogâmica (gameta feminino maior e imóvel), com divisão meiótica na formação dos gametas. O gameta masculino é flagelado; penetra no oogônio, fecunda a oosfera, dando origem ao zigoto (com $2n$ cromossomos) (Figura 6.8).



As Diatomáceas constituem a base da produção primária. São os componentes mais comuns do plâncton marinho e dulcícola. São importantes como alimento de formas larvais, como ostras, mexilhões, camarões e peixes cultivados pelo homem. Em ambientes ricos em nutrientes, as Diatomáceas podem se dividir exageradamente, ocasionando a explosão populacional conhecida como floração. Se for uma espécie que produz toxina, pode ocasionar mortandade de peixes e de outros organismos, como moluscos, crustáceos e trazer sérios problemas para o homem ao ingerir esses organismos. Após a morte das Diatomáceas, suas valvas impregnadas de sílica são depositadas no fundo dos lagos ou mares formando uma rocha chamada diatomito. Esse diatomito é usado como filtro de líquidos, especialmente em refinarias de açúcar; é também usado como isolante térmico e acústico.

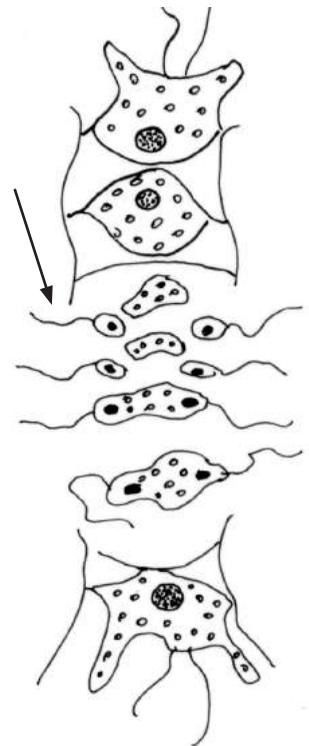


Figura 6.8: Reprodução sexuada, formação de gametas (seta) de uma Diatomácea.

Divisão Pyrrophyta

Pertencem a essa divisão os organismos chamados Dinoflagelados. São, na maioria, formas unicelulares. A parede celular, quando presente, é constituída por placas de celulose. Nos organismos que realizam a fotossíntese (alguns são heterotróficos), os pigmentos preponderantes são clorofila A e C, betacaroteno, e várias xantofilas, dentre as quais a peridininina, que confere a cor parda ao Dinoflagelado.

Reprodução

Os Dinoflagelados reproduzem-se assexuadamente (multiplicação celular) por meio de simples divisão longitudinal da célula (**Figura 6.9**). Alguns formam cistos como forma de resistência em condições desfavoráveis.

Reproduzem-se sexuadamente através da formação de gametas. Ocorre apenas uma fase de vida livre, isto é, haplóide. O zigoto, produto da fecundação, é a única fase do ciclo diplóide. A meiose ocorre no zigoto, portanto, o ciclo é haplobionte haplonte.

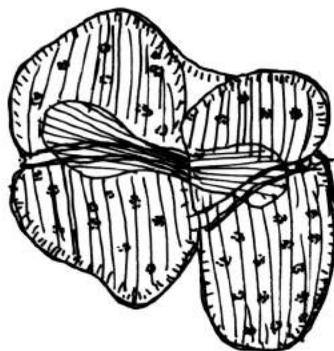


Figura 6.9: Reprodução assexuada de um Dinoflagelado.



Os Dinoflagelados também são importantes como produtores primários, integrando o fitoplâncton marinho e dulcícola. Algumas espécies dessa divisão podem provocar o fenômeno da maré vermelha, que corresponde ao aumento do número de células de uma determinada espécie, conseqüente de sucessivas divisões celulares que ocasionam florações. Alguns Dinoflagelados produzem substâncias altamente tóxicas, causando morte em peixes, moluscos, crustáceos e até no homem ao ingerir esses recursos vivos.

Alguns gêneros como a *Noctiluca* têm a particularidade de emitir luzes quando excitados. O fenômeno é denominado bioluminescência. Se você agitar a água do mar numa noite escura, vai observar milhares de luzes cintilando.

Divisão Phaeophyta

Pertencem a esse grupo as algas pardas, que são praticamente marinhas. Não há representantes de talos unicelulares nesse grupo. O talo é sempre multicelular, mesmo os filamentosos, os laminares, os vesiculares e os crostosos. Em alguns gêneros formam estruturas bem complexas, com parênquimas constituindo tecidos especializados com funções determinadas. Algumas espécies alcançam dezenas de metros de comprimento, como a *Macrocystis*. Essa complexidade estrutural é evidenciada no gênero *Sargassum*, que apresenta estruturas semelhantes à raiz, ao caule e às folhas, como nos vegetais terrestres, embora com funções diferentes das que têm nesses vegetais.

A cor parda é devida à preponderância de um carotenóide do grupo das xantofilas, denominado fucoxantina. Outros pigmentos, como a clorofila A e C também compõem o conjunto pigmentar dessas algas. A parede celular é composta por celulose impregnada de polissacarídeos – denominados ácido algínico – que ocupam, também, espaços intercelulares, fornecendo flexibilidade ao talo.

Reprodução

Essas algas pardas (Phaeophyta) reproduzem-se vegetativamente por meio de propágulos, que constituem expansões modificadas do talo, os quais você já viu na **Figura 4.3.a**, da Aula 4. Mas o talo pode se proliferar em pequenas fitas (**Figura 6.10**).

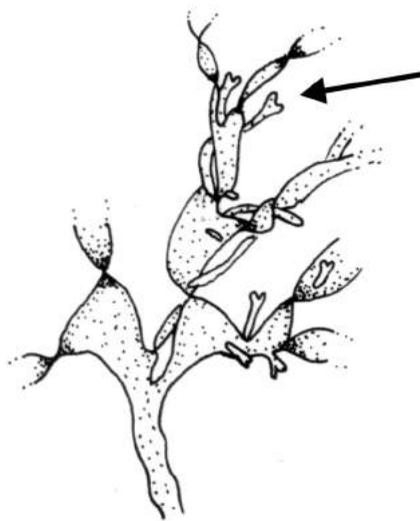


Figura 6.10: Propágulos em formas de fitas na Phaeophyta *Dictyota pardalis*, apontado pela seta.

Reprodução assexuada

Esse tipo de reprodução acontece, sem a participação do sexo, na formação dos esporos móveis ou zoósporos que apresentam dois flagelos antagônicos, um maior barbulado cílios e outro menor (**Figura 4.6**, da Aula 4).

Reprodução sexuada

Os talos têm sexos separados. A reprodução se efetiva por meio de gametas iguais, nos gêneros mais primitivos (talos filamentosos), com a mesma morfologia da **Figura 4.6**, da Aula 4. Nos talos mais complexos (foliáceos e de outras formas) ocorre a heterogamia e a fecundação é oogâmica, onde o gameta feminino (oosfera) é grande, imóvel e sem flagelos, e está contido em um gametângio chamado oogônio. Já o gameta masculino, o anterozóide, é menor, tem a mesma morfologia que o zoósporo, e fica retido no gametângio denominado anterídio, até o momento da sua liberação.

A fecundação da oosfera pelo anterozóide é externa, dando origem ao zigoto e, conseqüentemente, ao esporófito. São encontrados vários tipos de ciclo de vida nesse grupo de algas.

Ciclos de vida em algas pardas (Phaeophyta)

Exemplo 1: Diplobionte isomórfico (**Figura 6.11**)

A espécie *Ectocarpus fasciculatus* apresenta talo filamentoso. Quando esse talo se torna adulto dá origem a gametângios femininos e masculinos em talos separados. Gametas móveis, isogâmicos. O ciclo de vida é semelhante ao da Clorofícia *Ulva fasciata*.

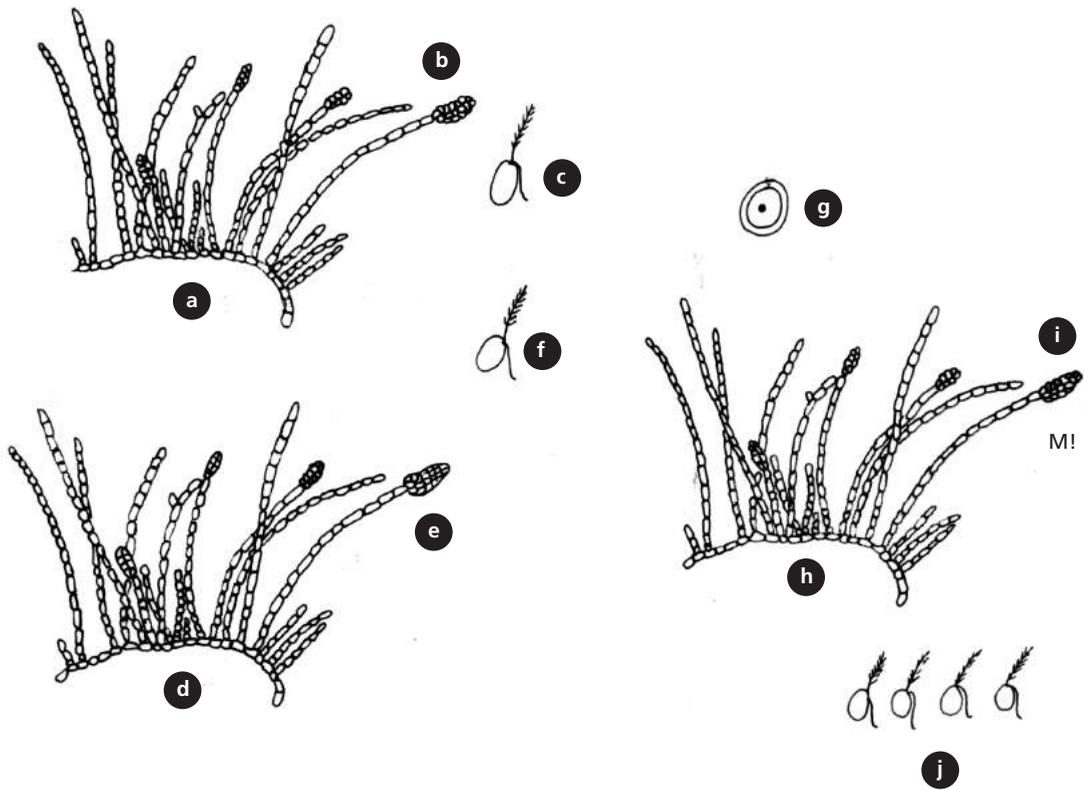


Figura. 6.11: Ciclo de vida diplobionte isomórfico em *Ectocarpus fasciculatus*, com alternância de geração isomórfica. (a) gametófito feminino; (b) gametângio feminino; (c) gameta feminino; (d) gametófito masculino; (e) gametângio masculino; (f) gameta masculino; (g) zigoto; (h) esporófito; (i) esporângio; (j) zoósporos; M! = meiose.

Exemplo 2: Diplobionte isomórfico (Figura 6.12)

Esse ciclo difere do exemplo 1, por apresentar talo em forma de fita. Ocorre a forma de heterogametas e a reprodução é oogâmica. O esporófito porta esporângios com quatro tetrásporos.

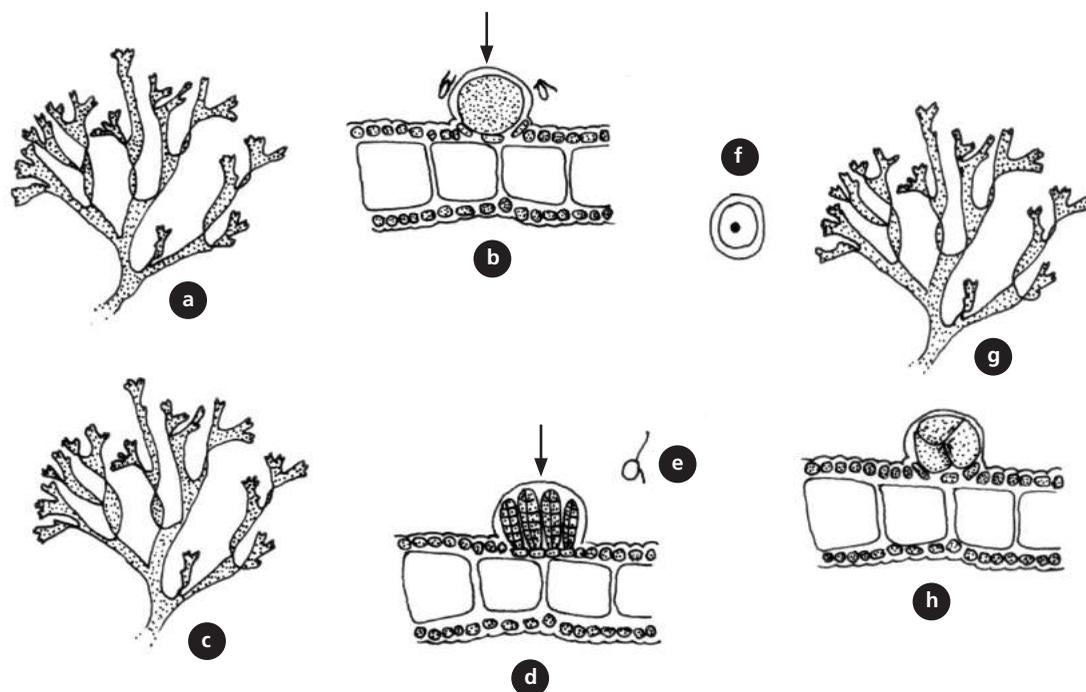


Figura 6.12: Ciclo de vida diplobionte isomórfico em *Dictyota cervicornis*, com alternância de geração isomórfica. (a) gametófito feminino; (b) corte transversal ao talo, na região fértil, mostrando um oogônio (gametângios femininos indicados pela seta) abrigando somente uma oosfera (gameta feminino); (c) gametófito masculino; (d) corte transversal ao talo na área fértil, com grupo de anterídios (gametângios masculinos indicados pela seta); (e) anterozóide (gameta masculino); (f) zigoto; (g) esporófito; (h) corte transversal na área fértil, mostrando um esporângio dividido tetraedricamente no seu interior, após a meiose.

Exemplo 3: Diplobionte heteromórfico (Figura 6.13)

Esse ciclo de vida ocorre nas algas pardas macroscópicas de talos consideráveis, como: *Macrocystis*, *Undaria*, que são exemplos de águas temperadas do Hemisfério Norte. O talo macroscópico é sempre o esporófito.

Vejamos, em seguida, o ciclo de vida de uma Phaeophyta de grande porte.

Um exemplo típico é o de *Laminaria abyssalis* que ocorre em profundidades no litoral norte-fluminense. O talo dessa alga, que é o esporófito, pode alcançar até 6 metros de comprimento. Essa fase é a dominante no seu ciclo de vida. Quando o talo se torna fértil, aparecem umas manchas de cor marrom-escuro, as quais são constituídas pelos agrupamentos de esporângios, onde ocorre a meiose. O produto dessa divisão é formado por zoósporos móveis de tamanhos diferentes que são liberados na água. Cada zoósporo vai originar gametófitos filamentosos:

o maior é o feminino e o menor, o masculino. Os gametófitos são de vida curta, enquanto o esporófito tem uma vida mais longa. Quando esses gametófitos se tornam férteis, cada um porta seus gametângios. O gametângio feminino (oogônio) tem origem em qualquer célula do gametófito; já o gametófito masculino origina o anterídio. Cada um abriga, respectivamente, a oosfera e o anterozóide (heterogametas) e a reprodução é oogâmica. A oosfera fica dentro do oogônio e libera uma substância hormonal, o feromônio, que atrai o gameta masculino. Os dois gametas se fusionam, formam o zigoto que permanece preso no gametófito feminino, germinando o esporófito que continua preso nesse gametófito. Após o esporófito atingir um certo tamanho, o gametófito se desintegra. O ciclo, portanto, é diplobionte e heteromórfico, muito semelhante ao das samambaias que você verá nas próximas aulas. A dominância do talo $2n$ é um avanço evolutivo dos organismos fotossintetizantes.

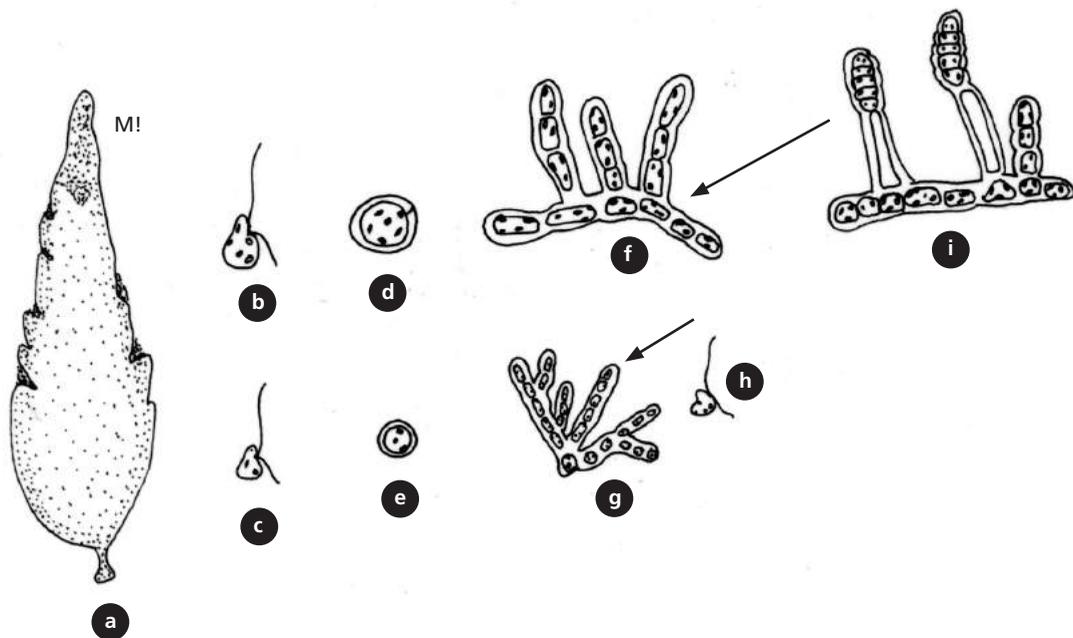


Figura 6.13: Ciclo de vida diplobionte heteromórfico de *Laminaria abyssalis*. (a) esporófito diplóide, com manchas escuras (conjunto de esporângios nos quais ocorrem a meiose – M!) na extremidade do talo; (b) zoósporo feminino; (c) zoósporo masculino; (d) início da formação do gametófito feminino, após o zoósporo perder seus flagelos; (e) início da formação do gametófito masculino, após perder seus flagelos; (f) gametófito feminino portando oogônio (seta); (g) gametófito masculino; (h) anterídio (gametângio masculino) (seta); (i) anterozóide (gameta masculino); (i) esporófitos jovens com cinco células.



As espécies do gênero *Laminaria* e as do gênero *Macrocystis* são importantes devido à extração dos polissacarídeos de alto valor econômico; esse ácido alginico, combinado a um sal, forma o alginato. Os polissacarídeos têm várias aplicações nos diversos segmentos das seguintes indústrias: farmacêutica, alimentícia, têxtil, de bebidas (vinho, cerveja e sucos), de cosméticos, de papéis, tintas etc. Além disso, os talos dessas algas servem de alimentação para os japoneses; eles são vendidos no mercado com o nome de kombu. Atualmente, a China é o maior produtor de *Laminaria japonica* e já chegou a retirar mais de 2 milhões de toneladas de algas frescas, provenientes de fazendas marinhas. O sucesso dessa produção foi alcançado devido aos cuidados nas técnicas de cultivo dos gametófitos. Um uso freqüente na biotecnologia é o encapsulamento de enzimas, organelas, bactérias, leveduras, sementes pelo alginato de sódio. Apesar de a existência de populações de *Laminaria abyssalis* ocorrer em profundidade nos litorais dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, o ácido alginico não é ali extraído devido às dificuldades de coleta dessa alga. Assim, o Brasil importa o alginato para o consumo interno.

Exemplo 4 – Haplobionte haplonte (Figura 6.14)

O gênero *Sargassum*, muito comum no litoral do Estado do Rio de Janeiro, é uma das feófitas com o talo mais elaborado. Ele é o esporófito ($2n$) constituído por lâminas achatadas que se dispõem em volta de um eixo (como o caule), assemelhando-se às folhas de uma planta terrestre. No momento da reprodução, vários ramos do talo se modificam em estruturas especiais para a reprodução sexuada, que são denominadas receptáculos; é neles que estão situados os gametângios masculinos (anterídeos) ou femininos (oogônios). Após a meiose, cada gametângio libera, na água, seus gametas, anterozóides ou oosfera. A oosfera é imóvel e flutua no meio marinho, atraindo os anterozóides móveis, por meio do hormônio sexual, o feromônio. Embora a oosfera atraia vários anterozóides, somente um consegue fecundá-la.

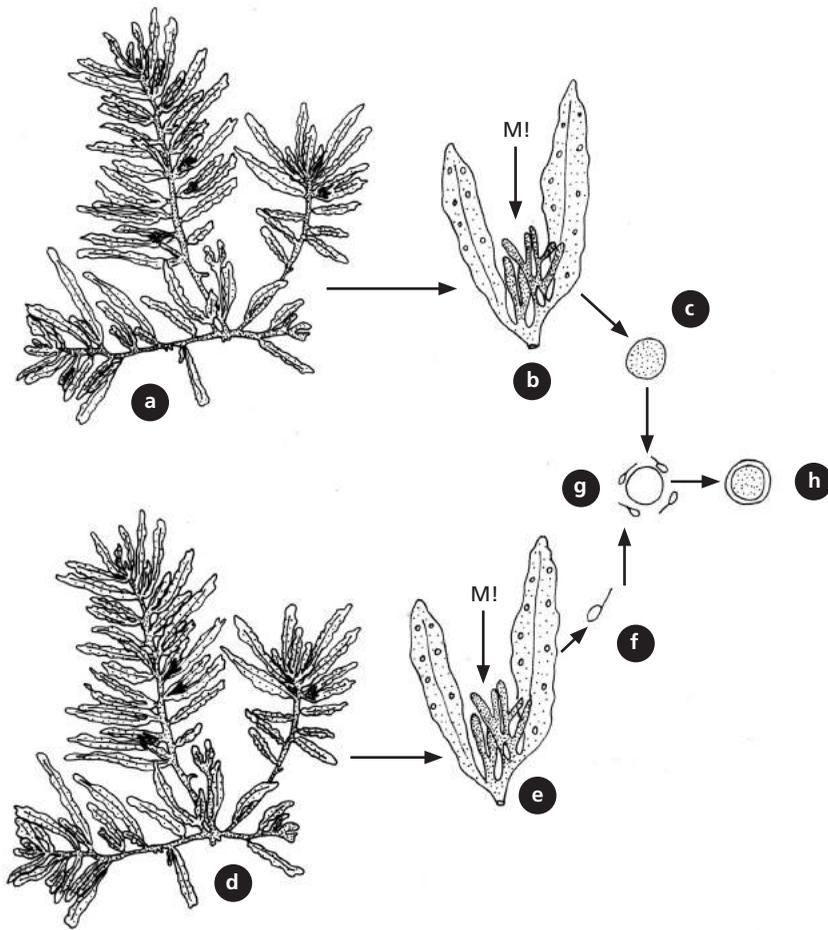


Figura 6.14: Ciclo haplobionte haplonte de *Sargassum* sp. (a) Taló feminino com receptáculo (seta); (b) detalhe do receptáculo contendo oogônios (seta - M!); (c) oosfera; (d) taló masculino com receptáculo; (e) detalhe do receptáculo masculino contendo os anterídios (seta - M!); (f) anterozóide (somente com um flagelo); (g) oosfera circundada por anterozóides; (h) zigoto que dará origem a um novo *Sargassum*.



ATIVIDADE 2

Agora, mostre, que você entendeu o que leu, respondendo às questões seguintes:

- Corresponda a coluna da esquerda com a da direita:

(a) Propágulo	() Ciclo de vida diplobionte heteromórfico
(b) Gameta feminino imóvel	() Esporófito
(c) Gametófito diferente do esporófito	() Reprodução assexuada
(d) Talo com 2n cromossomos	() Oosfera
(e) Reprodução sem a participação dos gametas	() Dinoflagelado
(f) Gameta masculino, 2 flagelos antagônicos	() Tipo de reprodução com vegetativa
(g) Organismo causador de maré vermelha	() Anterozóide
- Dê um exemplo de uma alga unicelular com ciclo haplobionte haplonte.
- Exemplifique um ciclo haplobionte haplonte de uma alga multicelular.

RESPOSTAS

- c, d, e, b, g, a, f.
- Chlamydomonas* (Chlorophyta), dinoflagelado (Pyrrophyta).
- Sargassum* (Phaeophyta).

Divisão Rhodophyta

A maior parte das algas que pertence a esse grupo vive no meio marinho e é conhecida como alga vermelha. Apresenta vários pigmentos como a **ficoeritrina** (vermelho), a **ficocianina** (azul), constituindo as **FIGOBILINAS**, que são as mesmas encontradas nas algas azuis: clorofila A e carotenos. A preponderância de um desses pigmentos vai conferir a cor variada do talo.

Esse talo multicelular pode apresentar várias formas, como a filamentosa, a laminar, a crostosa, a vesiculada; mesmo aqueles que apresentam uma morfologia mais elaborada, anatomicamente são constituídos basicamente de filamentos unisseriados ramificados,

FIGOBILINAS

Formam um conjunto de pigmentos compostos por proteínas. Essas ficobilinas compreendem principalmente três substâncias muito semelhantes: ficocianina e aloficocianina que são de cor azul, e a ficoeritrina, de cor vermelha.

formados por um eixo (uniaxial) ou por vários eixos (multiaxial) (veja as Figuras 13.11: a, b, c, d, da Aula 13 dos Módulos 1 e 2, Botânica I). Essas algas vermelhas nunca formam parênquima e não atingem tamanhos consideráveis, como as algas pardas.

A parede celular desses organismos é formada por um esqueleto de celulose. Ela é impregnada de polissacarídeos sulfatados, denominados agarana (conhecido vulgarmente de “ágar-ágar”) ou carragenana, que ocupam espaços intercelulares. Em algumas espécies, pode estar depositado o carbonato de cálcio nessas paredes.

Uma das características dessa divisão é a presença de órgãos de reprodução, assexuada e sexuada, sem flagelos.

Reprodução assexuada

Reproduzem-se vegetativamente por meio de expansões do talo, os propágulos, como você observou na Figura 4.3.b, da Aula 4.

A reprodução assexuada ocorre após a meiose, na formação dos esporos, os quais são sempre imóveis (aplanósporos), e variam em número: monosporângio (um), bisporângio (dois), tetrasporângios (4) e polisporângios (vários). Veja a Figura 4.5, da Aula 4.

Reprodução sexuada

Os talos têm sempre sexos separados. Formam heterogametas e a reprodução é oogâmica. O gameta masculino é denominado espermácio, sem flagelo (aplanósporo) e se desloca somente de acordo com o movimento da água (ondas, marés e correntes). Esses espermácios estão contidos no espermatângio. O gametângio feminino é o oogônio, que nas rodofíceas tem o nome específico de carpogônio (com a forma de uma garrafinha), preso à planta-mãe (Figura 6.15). A parte basal do carpogônio abriga a oosfera e o gargalo é a tricogine (grego *tricos* = pêlo e *gine* = fêmea), que funciona como o estigma das plantas com flor. O espermácio levado pela água fixa-se na tricogine; o núcleo do espermácio migra através da tricogine até o núcleo da oosfera, efetuando a reprodução (Figura 6.15). O zigoto se forma e, por várias divisões mitóticas, origina o carposporófito, parecido com uma verruga, que fica parasitando a planta-mãe (Figura 6.16). Em determinado momento, esse carposporófito libera os carpósporos (esporos diplóides) que originarão um novo esporófito de vida livre, o qual irá produzir esporos haplóides por meiose, que, por sua vez, constituirão os gametófitos.

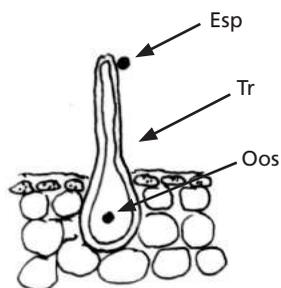


Figura 6.15: Carpogônio com o espermácio fixo na tricogine (tr = tricogine; esp. = espermácio; oos. = oosfera).

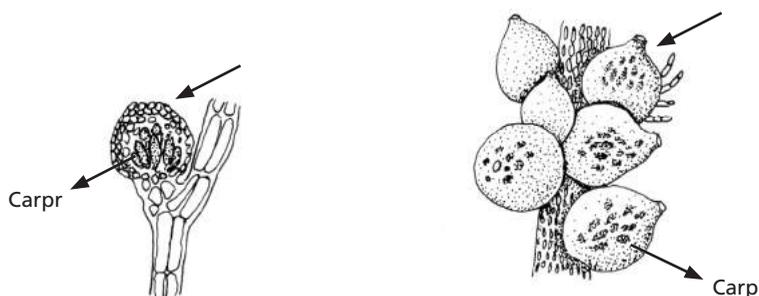


Figura 6.16: Carposporófito (seta), com carposporos no seu interior (Carpr) (seta).

Ciclos de vida nas algas vermelhas (Rhodophyta)

Nas algas vermelhas, o ciclo de vida apresenta alternância trifásica de gerações e de fases: uma haplóide que é o gametófito, uma diplóide parasita do gametófito feminino (carposporófito) e uma diplóide livre (esporófito).

Basicamente, nas algas vermelhas, o ciclo é composto sempre por 3 fases: gametofítica (n), carposporofítica ($2n$) parasita do gametófito feminino e a esporofítica ($2n$).

Exemplo 1: Trifásico isomórfico (**Figura 5.5**, da Aula 5).

Exemplo 2: Trifásico heteromórfico (**Figura 5.6**, da Aula 5).

Vejamos agora se ficou tudo entendido, respondendo às questões a seguir.



ATIVIDADE 3

1. Você foi ao campo e coletou talos de uma alga vermelha. Observando bem, viu que em um desses talos apareceram estruturas como verrugas. Diga o que são essas estruturas.

2. Qual o sexo do talo que porta essas verrugas?

3. Como se movimenta o gameta masculino de uma Rhodophyta?

4. O ciclo de vida de uma Rhodophyta tem ____ fases.

5. Em que fase desse ciclo complicado ocorre a meiose?

6. Carpogônio é o _____ feminino.

7. A fase gametofítica de uma Rhodophyta tem _____ cromossomos; a carposporofítica _____ cromossomos e a esporofítica _____ cromossomos.

RESPOSTAS

1. São os carposporófitos (geração $2n$) que ficam parasitando a planta-mãe.

2. Gametófito feminino.

3. Por meio do movimento da água, já que o espermiócito não tem flagelos.

4. 3 fases.

5. Nos esporófitos.

6. Gametângio feminino.

7. N ; $2n$ e $2n$.



Algumas espécies da divisão *Rhodophyta* são de alto valor econômico. O gênero *Porphyra*, que acabamos de ressaltar, tem grande importância alimentícia, pois é rico em vitaminas e sais minerais, sendo muito consumido no Japão e na Coreia, com o nome vulgar de *nori*. O *sushi* é uma iguaria dos restaurantes japoneses; aquela película escura que o envolve é o *nori*. No Japão existem fazendas marinhas onde se cultiva *Porphyra*, para ser vendida no mercado. Esses cultivos movimentam uma importância superior a 1 bilhão de dólares por ano no comércio dessa alga.

As espécies de *Gracilaria*, dentre outras, destacam-se pela produção de polissacarídeos sulfatados denominados "ágar-ágar" (agaranas) ou carragenanas com aplicações em vários tipos de indústria.

O "ágar-ágar" é usado no preparo de meios de cultura para o cultivo de microorganismos. É também utilizado como agente suspensor, emulsificante e estabilizante na indústria alimentícia. Nos bombons de chocolate são utilizadas as carragenanas. Além disso, as algas vermelhas com talos impregnados de carbonato de cálcio, após terem sido reduzidas a pó, são empregadas como adubos e corretores do pH do solo.

Importância do conhecimento dos ciclos de vida

Como acabamos de estudar, a reprodução dos Protistas fotossintetizantes uni e pluricelulares é bastante diversificada.

A reprodução assexuada vai dar origem a novos indivíduos morfológica e geneticamente iguais. Esse fato constitui uma vantagem para a manutenção da espécie ecologicamente adaptada ao meio ambiente. Por outro lado, a reprodução sexuada tem a participação dos gametas, que se fundem (fecundação), permitindo uma variabilidade maior na troca de genes, incidindo assim, na perpetuação da espécie.

Vimos, também, que nas algas, as alternâncias de gerações, principalmente na fase gametofítica morfológica diferente da esporofítica, propiciou o conhecimento do seu ciclo de vida. As espécies que realizam esse tipo de ciclo foram identificadas, no passado, como espécies distintas. Hoje, sabe-se que uma fase é decorrente da outra.

Nas espécies que se extraem o ácido algínico, o “ágar-ágar” e a carragenana, o homem precisou conhecer com precisão as diversas etapas do ciclo de vida, a fim de dominar melhor o aproveitamento desses recursos.

Para isso, os estudos multidisciplinares envolvem a taxonomia, a fisiologia, a química, a engenharia genética e a ecologia. O objetivo principal é a seleção de linhagens de qualidades promissoras, através do conhecimento desses ciclos de vida, apontando as variáveis abióticas para que o homem possa obter o máximo de rentabilidade das algas.

Embora o Brasil tenha 8.500km de costa, ele não tem o costume de cultivar as algas marinhas no ambiente natural.

RESUMO

Os processos reprodutivos das algas Protistas fotossintetizantes (algas uni e pluricelulares) procariontes e eucariontes. Estudo das divisões: Cyanophyta (algas azuis), Euglenophyta (algas verdes), Chlorophyta (algas verdes), Pyrrophyta (cor parda – Dinoflagelados), Chrysophyta (cor parda – Diatomáceas), Phaeophyta (algas pardas) e Rhodophyta (algas vermelhas). A importância da reprodução assexuada nos organismos unicelulares e suas vantagens. As algas com talos mais complexos, suas modalidades de ciclos, com alternância de gerações e de fases; o ciclo mais complexo, que é o das Rhodophyta.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se você conseguiu entender toda esta aula, não lhe restando qualquer tipo de dúvidas, parabéns, pode e deve seguir adiante. Mas se sentiu dificuldades em compreender algo, você tem vários caminhos a seguir. Por exemplo:

- leia de novo o conteúdo da aula que, então, já não será tão novo;
- procure na internet, no site <http://curlygrow5.no.sapo.pt/mapa.htm>) alguns tipos de reprodução que foram exemplificados ou tente resolver suas dúvidas através do livro-texto de Biologia Vegetal;
- caso as dúvidas permaneçam, procure seu tutor no pólo, a fim de solucioná-las.

Não se esqueça de conferir suas respostas, afinal, sempre aprendemos com nossos erros.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula vamos continuar estudando as Briófitas (Hepáticas e Musgos), as Plantas Vasculares sem sementes (samambaias, avencas, cavalinhas, pinheirinhos) e procurar entender como se reproduzem ainda de forma “escondida” (Criptógamos).

Atividade sobre a diversidade reprodutiva dos Protistas fotossintetizantes: as algas uni e pluricelulares

AULA 7

Meta da aula

Levar o aluno a comparar a reprodução das algas unicelulares e pluricelulares.

objetivo

- Você deverá estar apto a reconhecer os processos reprodutivos abordados na aula teórica.

Como será difícil ir ao campo e encontrar plantas férteis, vamos nos divertir com o que aprendemos até agora...



ATIVIDADES

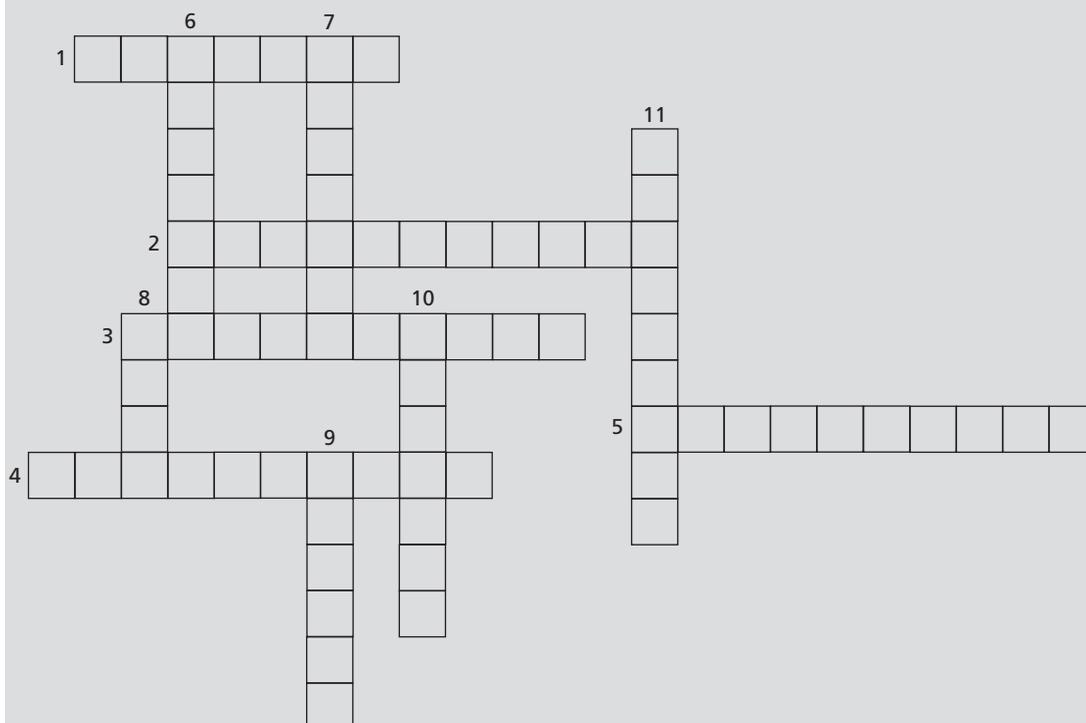
a. Palavras cruzadas

Horizontal:

- 1 – Produto de uma fecundação, inexistente em algas.
- 2 – Ramo fértil que abriga gametângios em *Sargassum*.
- 3 – Gametângio feminino em Rhodophyta.
- 4 – Gameta masculino e feminino morfológicamente iguais.
- 5 – Fusão de gametas.

Vertical:

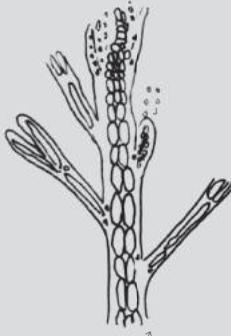
- 6 – Reprodução assexuada com célula dividindo-se no sentido longitudinal.
- 7 – Esporo de resistência em Cyanobacteria.
- 8 – Endurecimento da pele.
- 9 – Estrutura de reprodução assexuada, geralmente proveniente de uma meiose.
- 10 – Processo em que o gameta feminino é maior e imóvel.
- 11 – Gametófito e esporófito morfológicamente similares.



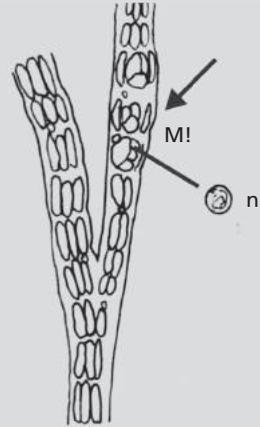
b. Que desordem se encontram nessas estruturas!!! Desenhe o ciclo em seqüência, dando os nomes às estruturas.



1



2



3



4



5



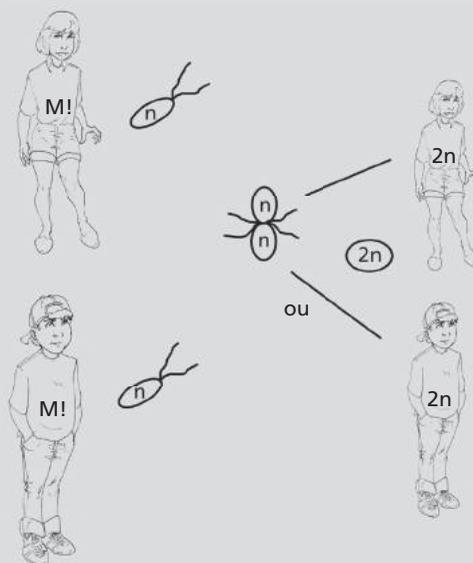
6



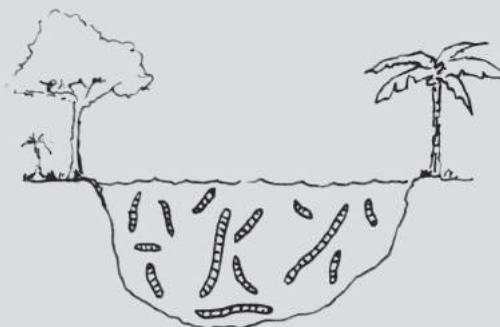
7

Botânica II | Atividade sobre a diversidade reprodutiva dos Protistas fotossintetizantes: as algas uni e pluricelulares

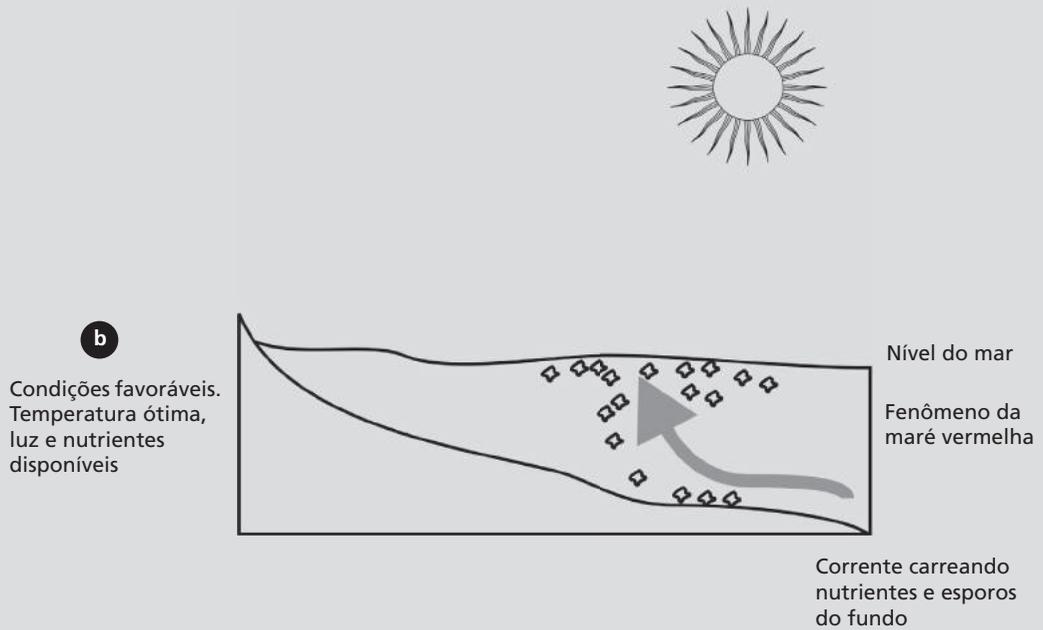
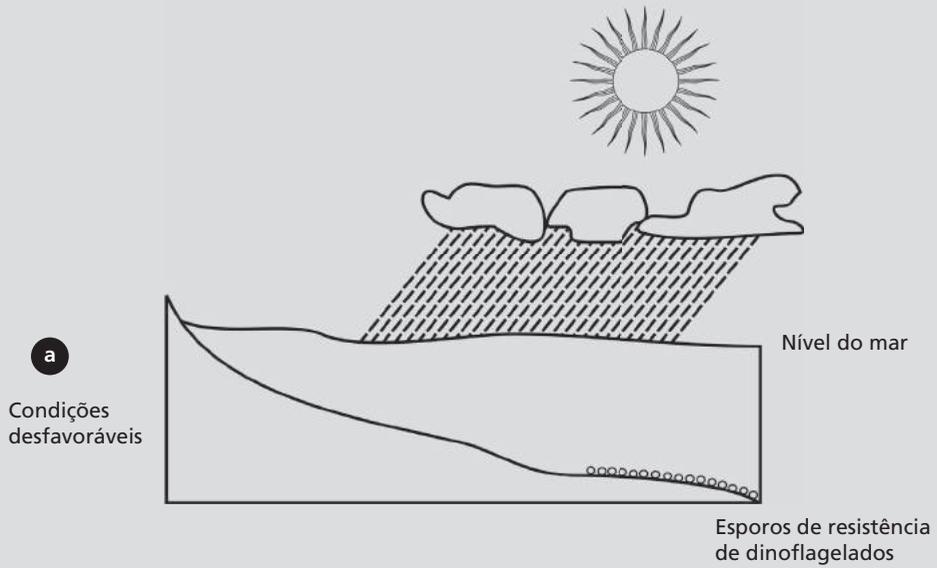
c. Você é uma alga pluricelular feminina; chegou à sua maturidade e resolveu casar-se com outra alga pluricelular masculina, que também é madura. Explique a seqüência dos acontecimentos e aproveite para mencionar a modalidade do ciclo.



d. Observe o lago de água doce povoado por Cianofíceas. Que tipo de reprodução está ocorrendo?



e. Explique o que está acontecendo no quadro (a) e no (b).



f. Coloque um pouquinho de terra no fundo de um copo com água e um pedacinho de casca de queijo, sob uma luz difusa. Veja o que vai acontecer após alguns dias!!! Certamente você observará uma turvação verde. Justifique esse fato...

g. Caça-palavras: encontre as palavras do texto abaixo que estão em negrito!

Os Protistas fotossintetizantes não realizam a **singamia** (fecundação) de modo aparente e, por isso, são grupados dentro dos **Criptógamos**.

Um exemplo de reprodução vegetativa (assexuada) ocorre por meio de **propágulos**. Outro exemplo desse tipo de reprodução nas algas unicelulares provoca o fenômeno da **floração**. As diatomáceas, em condições adversas do meio, formam cistos denominados **auxosporos**.

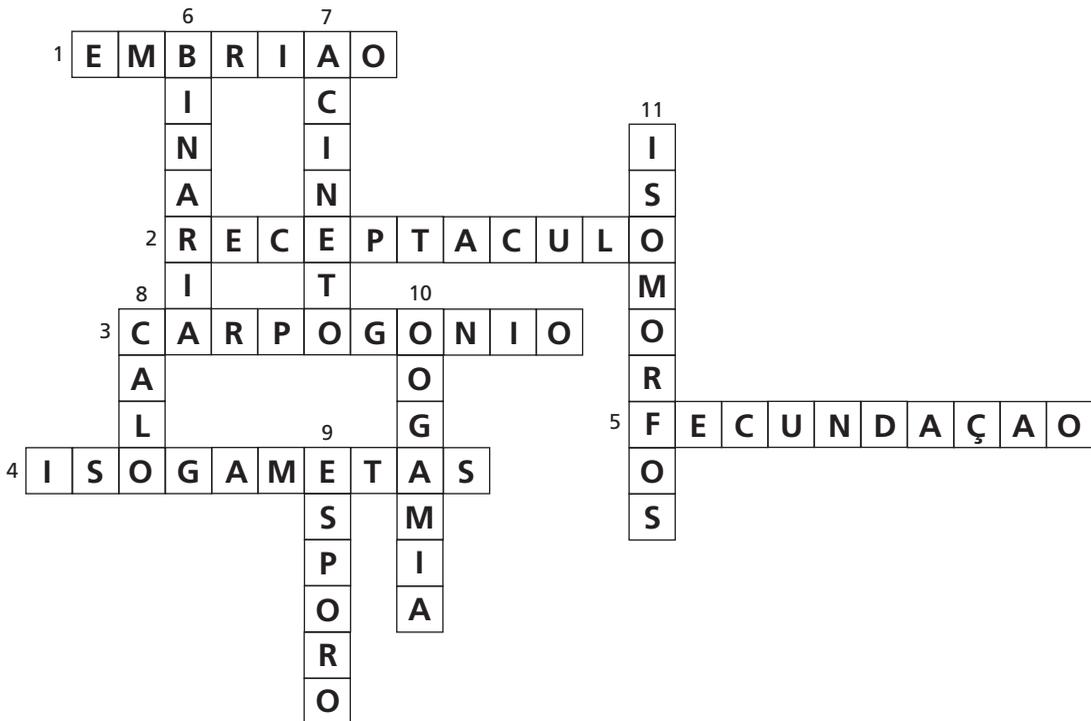
As espécies de algas, cujos ciclos de vida apresentam uma fase de vida livre, são denominadas **haplobiontes**. Por outro lado, quando a alga tem duas fases de vida livre é chamada **diplobionte**. Quando os sexos são separados em duas algas distintas, elas são **dióicas**. E, em determinadas espécies, podem também apresentar gametas de formas diferentes, os **heterogametas**, que ao se fecundarem originam o zigoto. O zigoto se transforma em esporófito e ao realizar a **meiose**, libera esporos.

Algumas espécies de valor econômico produzem um polissacarídeo chamado **alginato**, que é utilizado em várias indústrias como, por exemplo, no filtramento das impurezas da cerveja. Outro polissacarídeo, a **carragenana**, é muito empregado como agente espessante na indústria de achocolatados, como na de bombons, entre outros.



RESPOSTAS

a.



Botânica II | Atividade sobre a diversidade reprodutiva dos Protistas fotossintetizantes: as algas uni e pluricelulares

b. 2, 7, 5, 1, 3, 4 e 6.

2 – Gametófito masculino

7 – Gametófito masculino portando gametângio

5 – Gametófito feminino portando gametângio feminino, o carpogônio e espermiócito preso na tricogine

1 – Gametófito feminino com cistocarpo

3 – Esporófito com tetrasporângio

4 – Esporo

6 – Gametófito jovem

c. A alga feminina ($2n$) libera gameta (n), após a meiose. A alga masculina ($2n$) libera gameta (n), após a meiose. Os dois gametas se juntam na água originando o zigoto $2n$, o qual germina em uma alga feminina ($2n$) ou masculina ($2n$) fechando o ciclo. Portanto, o ciclo é haplobionte diplonte.

d. Reprodução assexuada (vegetativa) por meio da liberação dos hormogônios.

e. a) Em condições adversas de luz e temperatura, os cistos dos dinoflagelados permanecem em estado de repouso.

b) Em condições favoráveis, os cistos e os nutrientes são carregados do fundo para a superfície através da corrente. Com as condições ótimas de luz, temperatura e nutrientes, ocorre o rompimento da membrana desses cistos liberando as células (dinoflagelados). Essas células se dividem assexuadamente, constituindo as florações que, no caso dos dinoflagelados, são denominadas maré vermelha.

f. Isso será consequência dos esporos de resistência contidos na terra que, ao encontrarem condições favoráveis (luz, água, nutrientes = pedacinho de casca de queijo), voltam ao estado normal de algas verdes unicelulares flageladas. E, por reprodução assexuada, confere essa turvação verde.

g.

A	A	U	X	I	B	C	E	L	U	L	A	S	S	S	E	V	B	X	T	R	G	B	M	M	I	L	L	T
O	I	H	E	T	E	R	O	G	A	M	E	T	A	S	U	A	U	F	J	U	R	U	P	O	C	A	M	E
V	A	R	C	R	S	I	G	E	I	O	S	S	T	B	A	A	P	L	I	S	I	A	I	C	A	T	E	I
C	T	R	V	G	Y	P	R	O	P	A	G	U	L	O	S	S	S	O	Ç	M	N	N	P	O	O	A	I	A
R	A	S	A	P	A	T	O	O	G	A	M	I	A	U	V	A	S	R	O	S	A	S	A	S	A	L	O	D
A	L	I	A	S	O	O	D	E	D	O	S	E	D	O	R	W	Z	A	U	X	O	S	P	O	R	O	S	E
V	A	E	R	L	C	G	A	T	O	C	A	L	I	C	E	Z	X	Ç	U	L	A	E	A	K	I	L	E	A
O	I	C	S	I	O	A	M	O	R	A	R	E	O	A	I	O	H	A	P	L	O	B	I	O	N	T	E	S
S	A	M	U	T	R	M	A	T	R	R	E	A	I	C	S	A	P	O	L	I	N	O	S	T	R	A	C	A
J	E	A	N	T	E	O	C	R	E	R	I	C	C	P	U	S	D	Y	O	K	I	Q	U	E	T	A	E	N
V	E	G	A	S	S	S	I	N	G	A	M	I	A	M	I	J	R	Y	D	A	N	I	E	L	A	B	R	H
S	M	A	L	L	V	I	L	L	E	G	I	S	S	V	C	A	T	A	L	U	N	H	A	L	E	S	I	A
D	I	P	L	O	B	I	O	N	T	E	N	D	B	R	I	O	F	I	T	A	S	A	C	O	L	A	T	E
S	D	R	O	T	U	P	A	T	A	N	G	C	H	J	N	V	B	N	H	B	R	A	V	I	N	H	A	A
A	J	Q	U	H	I	S	O	L	D	A	A	H	N	N	I	K	I	T	A	A	F	L	O	R	E	S	I	S
X	W	F	I	Q	S	N	E	V	U	N	U	B	L	I	V	E	R	M	O	C	A	M	B	I	S	O	N	T
Z	W	Ç	S	L	M	N	V	B	G	A	L	G	I	N	A	T	O	L	H	O	S	O	I	S	I	N	O	E

Diversidade reprodutiva das Briófitas e Pteridófitas

AULA

8

Meta da aula

Apresentar as diferenças dos processos reprodutivos das Briófitas e Pteridófitas (Plantas Vasculares sem Sementes).

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Caracterizar as Briófitas, observando suas distinções e também suas semelhanças com as algas verdes (Chlorophyta).
- Reconhecer seus diferentes tipos de reprodução (assexuada e sexuada).
- Descrever o ciclo de vida das Briófitas.
- Caracterizar as Pteridófitas, estabelecendo suas diferenças e semelhanças com as Briófitas.
- Listar os tipos de reprodução das Pteridófitas: assexuada e sexuada.
- Demonstrar o ciclo de vida das Pteridófitas.

Pré-requisitos

Para atingir os objetivos propostos e melhor entender esta aula, você deverá reler a Aula 14, dos Módulos 1 e 2, além das Aulas 4, 5 e 6 deste módulo.

INTRODUÇÃO

Recapitulando o que já foi visto nas aulas anteriores, constatamos que as algas estão adaptadas à vida aquática. As algas unicelulares, por exemplo, se locomovem no meio líquido através de flagelos. Já as pluricelulares, que são fixas ao substrato, pelo menos, em uma fase especial do seu ciclo, a reprodutiva, têm suas estruturas deslocadas por meio de flagelos, com exceção das algas vermelhas. Lembra-se disso?

Nesta aula, vamos continuar descrevendo os processos reprodutivos das Briófitas e Pteridófitas (plantas terrestres). Pode-se dizer que esses vegetais pertencem ao grupo dos Criptógamos, pois realizam a reprodução “escondida”; entretanto, a fim de poderem fecundar o gameta feminino, ainda necessitam de água para locomoção do gameta masculino.

É bom lembrar que não se sabe ao certo quando as plantas invadiram a Terra. No entanto, dados disponíveis dos fósseis indicam que essa invasão ocorreu há cerca de 400 milhões de anos. Sem dúvida, sabe-se que as primeiras plantas, ao conquistarem o ambiente terrestre, adquiriram proteções, e sofreram transformações em suas estruturas para que pudessem se defender do ambiente inóspito, isto é, a atmosfera.

CARACTERÍSTICAS DAS BRIÓFITAS: SEMELHANÇAS COM AS CHLOROPHYTA (ALGAS VERDES)

Recordemos agora a Aula 14 dos Módulos 1 e 2.

Embora o grupo mais primitivo de plantas que povoou a Terra tenha sido o das Briófitas, esse grupo ainda necessita de locais bem úmidos para seu estabelecimento. Trata-se de plantas de pequenas dimensões que habitam os locais úmidos formando “tapetinhos verdes”. Certamente, você já observou essas plantas nos muros úmidos, nos xaxins e nas cascas das árvores. Constituem essa divisão as hepáticas e musgos (Figuras 14.1, 14.2 dos Módulos 1 e 2, e 5.7 deste módulo). Embora as Briófitas vivam em terra firme, apresentam parentesco muito próximo das algas verdes devido à ausência de vasos condutores e à presença de:

- a) células eucariontes;
- b) clorofila A e B;
- c) parede celulósica;
- d) amido como substância de reserva;
- e) gameta masculino unicelular e biflagelado;
- f) fecundação na água.

DISTINÇÃO ENTRE BRIÓFITAS E CLORÓFITAS

As Briófitas se distinguem das Clorófitas pelos seguintes caracteres:

- os rizóides têm a função também de absorver água e sais minerais além de fixar a planta ao substrato;
- têm reprodução oogâmica: gametângio feminino, de estrutura multicelular;
- possuem **GAMETÂNGIOS** e **ESPORÂNGIOS** envolvidos por uma camada de células vegetativas e estéreis para proteção dos gametas e esporos da evaporação excessiva;
- ESPORÓFITO** simples, sem ramificação, portando um único esporângio terminal;
- há a presença de uma camada de cera na membrana externa dos esporos (proteção contra a desidratação);
- o ciclo de vida diplobionte heteromórfico com esporófito é dependente do gametófito (**Figura 5.7** da Aula 5 deste módulo).

Como a Briófitas é um dos primeiros seres fotossintetizantes que conquistaram a Terra, vamos denominá-la plantas, bem como os outros organismos que virão a seguir. Caracterizamos como **ESPORÓFITO** o organismo oriundo de uma fecundação (reprodução sexuada), quer seja em algas, Briófitas e Pteridófitas. **GAMETÂNGIO** é o saco que produz gametas e **ESPORÂNGIO** é também um saco que produz esporos.

ATIVIDADE 1



Agora, vejamos se você entendeu bem o que leu até aqui.

- a. Explique por que as Briófitas se incluem dentro dos Criptógamos.

- b. Como o gameta masculino de um musgo alcança o gameta feminino?

- c. O que você entende por gametângio e por esporângio?

RESPOSTAS

- a. Porque ainda realizam a fecundação de maneira "escondida".
 b. O gameta masculino denominado anterozóide se locomove na água, através dos flagelos, até alcançar a oosfera (gameta feminino).
 c. Gametângio é a estrutura (saco) que produz gametas e esporângio é a que elabora esporos.

Se você foi capaz de responder a todas as questões sem maiores dificuldades, parabéns pelo seu desempenho!

REPRODUÇÃO DAS BRIÓFITAS

Reprodução sexuada

Como mencionamos no início desta aula, você já deve ter observado aqueles “tapetinhos verdes” que aparecem em locais úmidos. Mas se também possui um olhar mais atento, é possível que tenha notado que dessas plantas saem filamentos eretos, como se fossem palitinhos, que portam em suas extremidades estruturas globosas ou afiladas (Figura 5.7 da Aula 5 deste módulo). Pois bem, é sobre isso que vamos discutir.

Como foi visto na Aula 14 (Módulos 1 e 2), o gametófito é a planta adulta fotossintética; ela é formada por rizóides, caulóides e filóides. Vamos tomar como exemplo um musgo. Veja a Figura 5.7.

No ápice dos gametófitos localizam-se as estruturas de reprodução sexuada constituídas por:

- a) arquegônio (do grego *arche* = começo; *gonos* = fruto) é o gametângio feminino. Ele tem a forma de uma garrafinha, coberto por uma camada de células vegetativas e estéreis, a epiderme, que lhes servem de proteção. Esse arquegônio contém o gameta feminino, a oosfera, que se localiza na região ventral; o gargalo da garrafinha é o canal ventral (Figura 8.1).

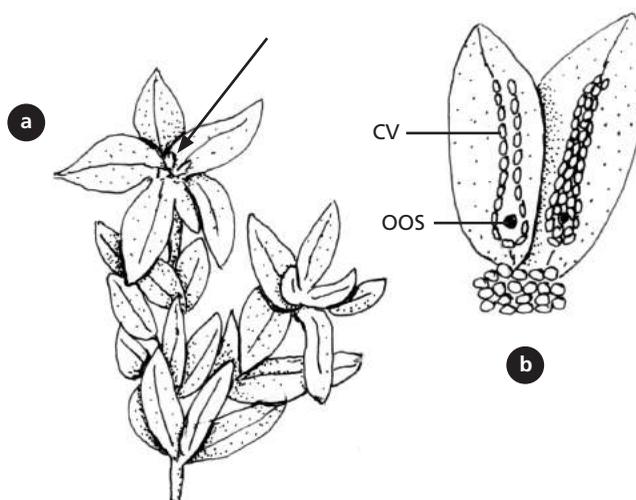


Figura 8.1: (a) Gametófito feminino mostrando o ápice com arquegônios (seta); (b) dois arquegônios protegidos por filóides; o da esquerda mostra o arquegônio por dentro; o da direita evidencia a camada de células estéreis e vegetativas recobrando o arquegônio; oos = oosfera; cv = canal ventral.

b) anterídeo (diminutivo de antera) é o gametângio masculino. Ele tem vários compartimentos, em que cada um libera um anterozóide. Esse anterídeo é muito semelhante ao de Phaeophyta, ilustrado na **Figura 6.12**. Entretanto, o anterídeo de Briófitas difere do das algas pela presença de uma camada de células vegetativas e estéreis formando uma epiderme que atua como proteção contra a perda de água (**Figura 8.2**).

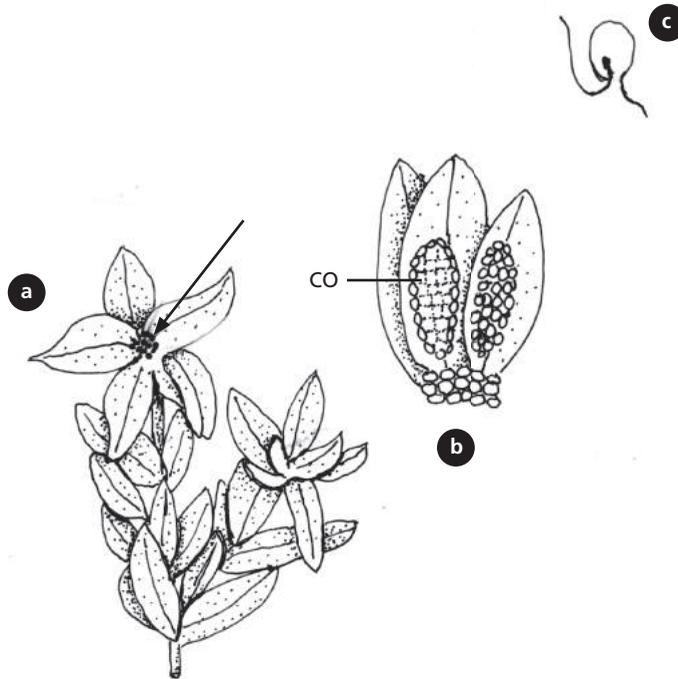


Figura 8.2: (a) Gametófito masculino mostrando o conjunto de anterídeos na sua parte apical (seta); (b) dois anterídeos protegidos por filóides. A figura b é a representação interna do anterídeo (esquerda), mostrando os compartimentos de onde saem os anterozóides; a Figura b (direita) mostra a cobertura pela camada de células vegetativas; (c) anterozóide; co = compartimento.

As Hepáticas do gênero *Marchantia* (veja a **Figura 14.1.a** do Módulos 1 e 2 e **Figura 4.4.a** deste módulo), o gametófito é lobado e não é tão diferenciado como nos musgos. Ele é apenas um talo como nas algas, e forma anterídeos e arquegônios em estruturas especiais como um guarda-chuva, caracterizando as transformações dos lobos desse talo. Os anterídeos ficam na parte externa desse guarda-chuva e os arquegônios encontram-se no lado inferior (nas varetas do guarda-chuva) e permanecem pendurados (**Figura 8.3**). Embora o gametófito apresente estruturas de reprodução sexuada, é comum serem observadas, também, estruturas de reprodução assexuada (conceptáculos com gemas ou propágulos).

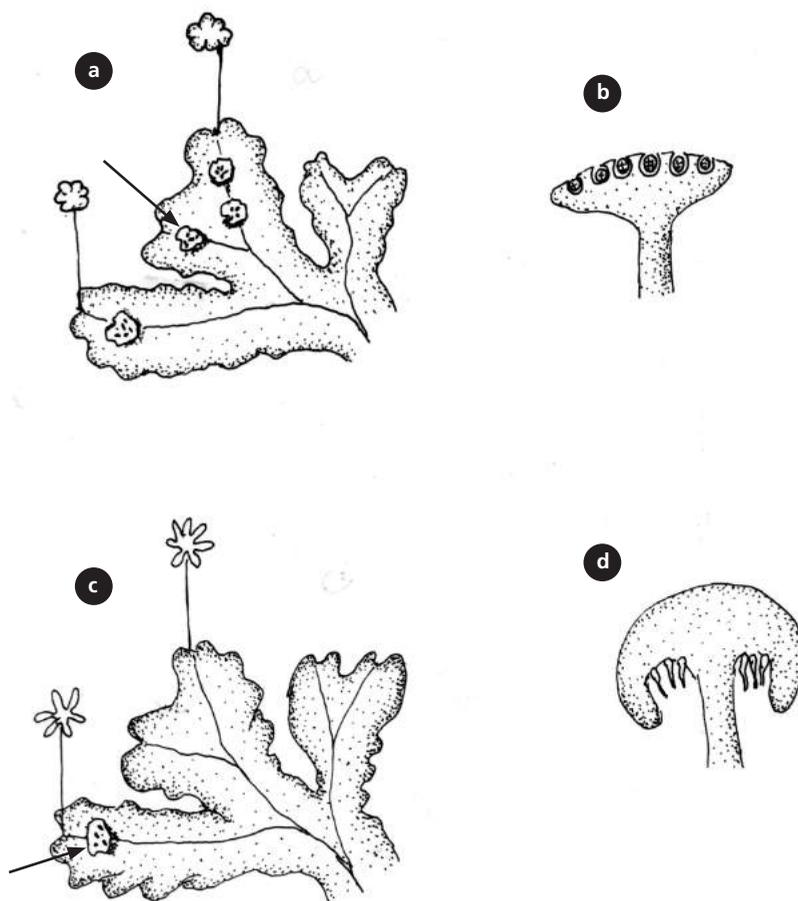


Figura 8.3: Vista geral das estruturas reprodutivas em *Marchantia*. (a) guarda-chuva masculino; (b) corte longitudinal mostrando os anterídeos; (c) guarda-chuva feminino; (d) corte longitudinal com arquegônios pendurados; conceptáculos com gemas ou propágulos no seu interior; indicados pelas setas em (a) e (c).

A fecundação propriamente dita é efetuada em condições adequadas de umidade. Os anterozóides são liberados através do rompimento da epiderme dos anterídeos e nadam. Os borrifos de chuva atiram esses anterozóides para o ápice de outro gametófito que contém os órgãos femininos, os arquegônios, que se encontram pendurados, permitindo realizar, assim, a **FECUNDAÇÃO CRUZADA**. As células do canal do arquegônio se abrem liberando um líquido que direciona os anterozóides até a oosfera. Muitos anterozóides podem entrar por esse canal, mas somente um fecunda a oosfera.

Após a fecundação, o zigoto germina sobre o gametófito feminino, originando o embrião que se desenvolve em esporófito, nesse caso, ele também encontra-se pendurado e permanece preso a esse gametófito.

Diz-se que a **FECUNDAÇÃO CRUZADA** é quando um gameta masculino oriundo de uma planta fecunda o gameta feminino de outra planta compartilhando, dessa maneira, a troca de genes.

Reprodução assexuada

Nas Briófitas, o esporófito nunca é ramificado. Apresenta somente pé, seta e cápsula.

O pé permanece imerso no tecido do hospedeiro (gametófito feminino) responsável pela absorção de substâncias do gametófito.

A seta é a haste que sustenta a cápsula.

A cápsula ou urna, por sua vez, constitui o esporângio terminal constituído pela epiderme (tecido formado por células vegetativas com função de proteger a planta contra a desidratação). Essa cápsula é constituída por opérculo (espécie de tampa) e dentes do peristômio (do grego *peri* = ao redor; *stomio* = boca), que se movimentam de acordo com o grau de umidade, a fim de dar passagem aos esporos; os dentes do peristômio são, portanto, as estruturas que liberam os esporos. A coifa ou caliptra é uma estrutura em forma de boné que protege o opérculo e os dentes do peristômio (Figura 8.4). Dentro da cápsula são produzidas as células-mãe dos esporos ($2n$), que após a meiose liberam os esporos (n cromossomos). Esses esporos dos musgos podem originar filamentos, isto é, o protonema, que, mais tarde, emitirá protuberâncias (brotos) que formarão novas plantas (Figura 8.5).

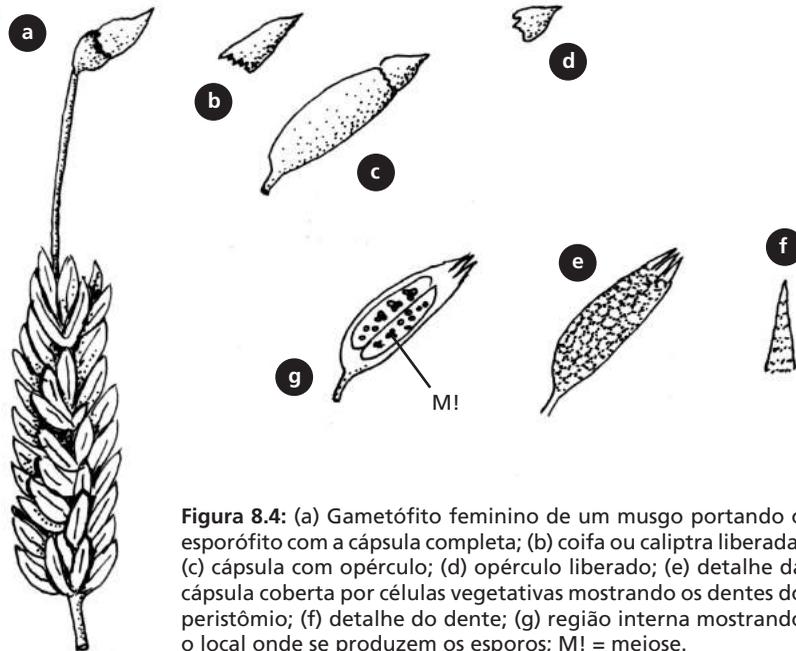


Figura 8.4: (a) Gametófito feminino de um musgo portando o esporófito com a cápsula completa; (b) coifa ou caliptra liberada; (c) cápsula com opérculo; (d) opérculo liberado; (e) detalhe da cápsula coberta por células vegetativas mostrando os dentes do peristômio; (f) detalhe do dente; (g) região interna mostrando o local onde se produzem os esporos; M! = meiose.

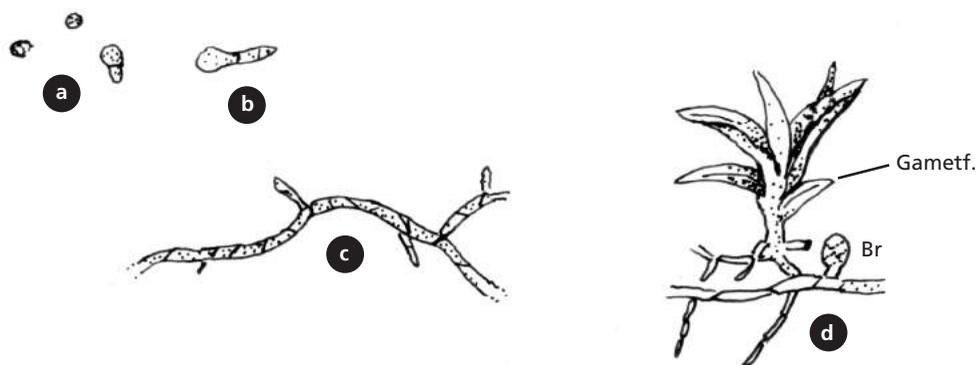


Figura 8.5: (a) Esporos liberados; (b) germinação dos esporos; (c) protonema; (d) protonema com brotos (br) e gametófito jovem (gametf.).

Reprodução vegetativa

- Segmentação: desenvolvimento de fragmentos do talo em novos indivíduos.
- Gemas ou propágulos: estruturas especiais diferenciadas com forma definida que originarão um novo indivíduo. As gemas são produzidas dentro de estruturas em forma de taças denominadas conceptáculos (veja as Figuras 4.4.a e b).

Ciclo de vida

A propósito do que foi visto até aqui, pode-se dizer que há uma desigualdade nas gerações. O gametófito é a verdadeira planta autotrófica e dominante em todo o seu ciclo; ao alcançar a maturidade, ele forma anterídeos e arquegônios em suas extremidades que são protegidas por filóides, como no caso dos musgos (Figuras 8.1.a e 8.2.a).

O esporófito tem vida curta e é dependente do gametófito feminino, diferindo deste pelo número de cromossomos. Ele porta um único esporângio terminal contendo as células-mãe dos esporos. Essas células após divisão meiótica originam os esporos haplóides envoltos por uma camada de cera: são os aflagelados, que ao germinarem, dão origem à fase gametofítica haplóide (Figura 8.5). Alguns podem apresentar uma fase filamentosa denominada protonema (Figura 8.5). O ciclo é, portanto, diplobionte com alternância de geração heteromórfica, e dominância da fase haplóide sobre a fase diplóide; ou seja, do gametófito sobre o esporófito (Figura 8.6).

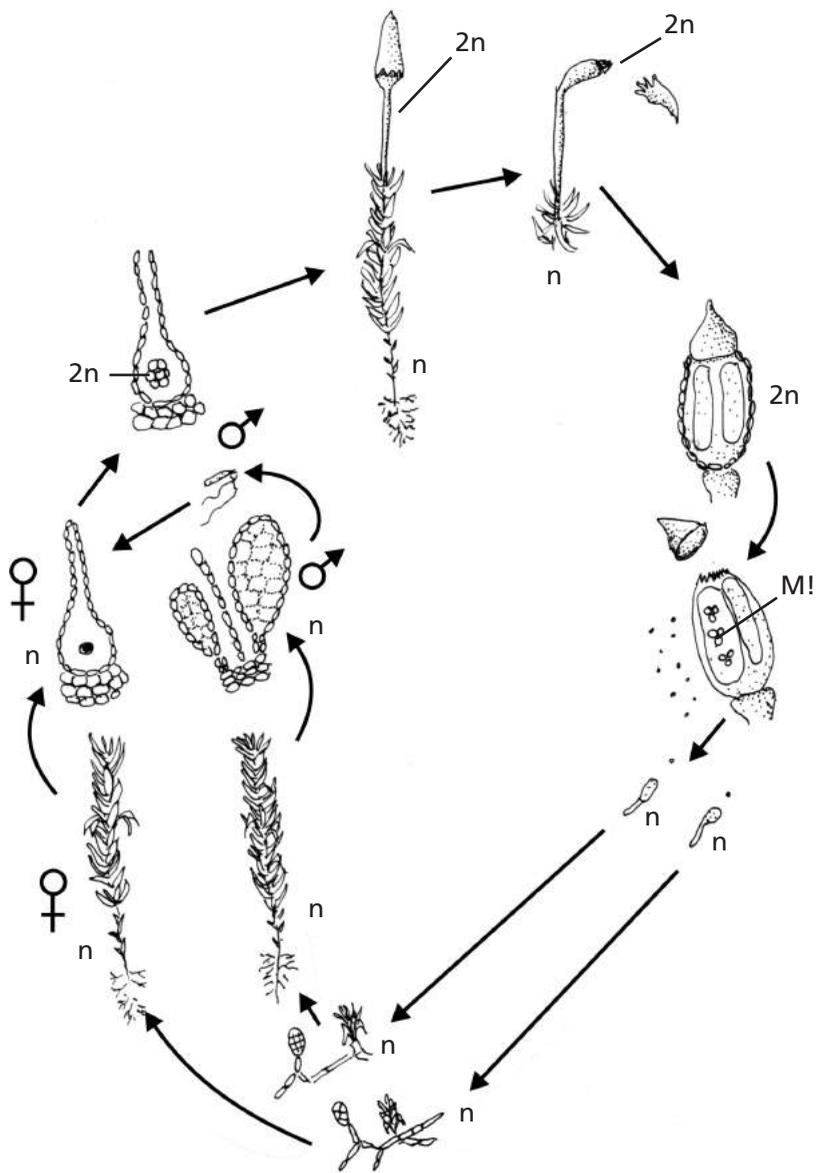


Figura 8.6: Exemplo de um ciclo de vida diplobionte heteromórfico de uma Briófitas (musgo).



As briófitas têm uma grande importância ecológica. São pioneiras de rochas nuas. Ademais, servem de substrato para as plantas vasculares e não se desenvolvem em locais altamente poluídos.

O homem utiliza tapetes de briófitas para o cultivo de orquídeas e, principalmente, para o cultivo de árvores em miniaturas (= bonsai). Esses tapetes além de fornecer a matéria orgânica, retêm a água e os sais minerais para a instalação de sementes de plantas vasculares.

Vamos verificar agora se você realmente entendeu esta parte da aula. Para tanto, basta responder às questões a seguir.

ATIVIDADE 2



- a. O gametângio feminino de uma alga vermelha é denominado _____ e o de uma briófitas chamamos _____.
- b. O que difere um gametângio de uma alga parda daquele de um musgo?
- _____
- _____
- c. Que significa você encontrar três esporófitos no mesmo gametófito de um musgo?
- _____
- _____
- d. No ciclo de vida de uma briófitas, qual é a fase dominante?
- _____

RESPOSTAS

- a. *Carpogônio; arquegônio.*
- b. *O gametângio de uma alga parda está envolto por uma membrana, já que a alga vive dentro d'água; o de um musgo apresenta uma camada de células vegetativas e estéreis para proteção dos gametas contra a excessiva evaporação da atmosfera.*
- c. *Esse fato significa que três arquegônios do mesmo gametófito foram fecundados.*
- d. *Gametófito.*

Bom, se você conseguiu responder a todas as questões citadas, é sinal de que está entendendo tudo muito bem e que seu desempenho está ótimo. Parabéns!

CARACTERIZAÇÃO DAS PTERIDÓFITAS: DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS COM AS BRIÓFITAS

As pteridófitas não possuem flores, portanto, têm reprodução sexuada ainda de forma “escondida”. Desse modo, elas se incluem no grupo Criptógamos. Embora sejam plantas de terra firme, o gameta masculino flagelado, que é o anterozóide, necessita ainda de água para fecundar a oosfera.

Características diferenciais das Briófitas

- a) presença de tecidos vasculares;
- b) lignificação da parede celular de certas partes do vegetal;
- c) esporófito como fase dominante em todo o seu ciclo, porém dependente do gametófito apenas nos estágios iniciais do seu desenvolvimento, após isso, ele é de vida livre;
- d) gametófito ($1n$ cromossomo) diminuto e de curta duração;
- e) presença de grande número de estômatos funcionais em toda parte fotossintetizante do vegetal (esporófito e gametófito);
- f) ciclo diplobionte com alternância de geração heteromórfica, com gametófito e esporófito de vida livre.

Semelhanças com as Briófitas

Certas adaptações foram mantidas em comum entre os Criptógamos vasculares e as Briófitas, como, por exemplo:

- a) reprodução sexuada oogâmica: gametângio feminino de estrutura multicelular (= arquegônio com oosfera);
- b) cutícula;
- c) gametângio e esporângio envolvidos por camadas de células vegetativas e estéreis;
- d) ciclo de vida diplobionte heteromórfico.

REPRODUÇÃO DAS PTERIDÓFITAS

Na Aula 14 dos Módulos 1 e 2, mencionamos que as plantas de maior porte, efetivamente terrestres, foram as Pteridófitas. Elas incluem as samambaias, as samambaiaças, as avencas, os pinheirinhos, as cavalinhas entre outras; possuem tecidos vasculares especializados, isto é, o xilema e o floema, que permitem a condução de água, sais minerais e outras substâncias. Todas essas plantas dependem ainda da água para fecundação, que é realizada de modo não aparente, como você vê nas flores, e também não apresentam sementes.

Como dissemos anteriormente, o esporófito é a fase dominante. Houve, portanto, uma inversão das fases esporofítica e gametofítica em relação às Briófitas. Assim, vamos ver como se processa a reprodução.

Reprodução assexuada

Seria bom iniciar essa parte observando uma samambaia ou uma avenca que você pudesse ter em mãos ou no jardim, ou até mesmo ornamentando o interior de sua casa. São os esporófitos.

Esses esporófitos são autotróficos, com uma fase vegetativa longa, constituída, em sua maioria, por folhas. Tais folhas, após algum tempo, formam os esporângios. Observando a samambaia ou a avenca, você percebe que no lado inferior da folha há uns pontinhos mais escuros. São os soros (Figura 8.7). Pois bem, esses soros nada mais são do que o conjunto de esporângios que podem ou não estar cobertos por uma membrana chamada indúsio (Figura 8.8). No interior de cada esporângio,

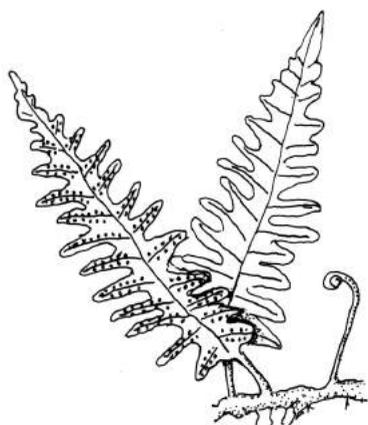


Figura 8.7: Lado inferior de uma samambaia com os soros.

após a meiose, encontram-se os esporos envoltos por uma camada de cera. Como eles são do mesmo tamanho, denominam-se isosporados. Externamente ao esporângio, que, em geral, é cor-de-abóbora, há uma camada de células vegetativas estéreis (anel esporangífero, porque não cobre todo o esporângio, como nas Briófitas) que protege os esporos da desidratação. Tais esporângios, bem como a camada de células estéreis, são visíveis através de uma lupa de mão. Observem que na Figura 8.9 todos os esporângios apresentam o

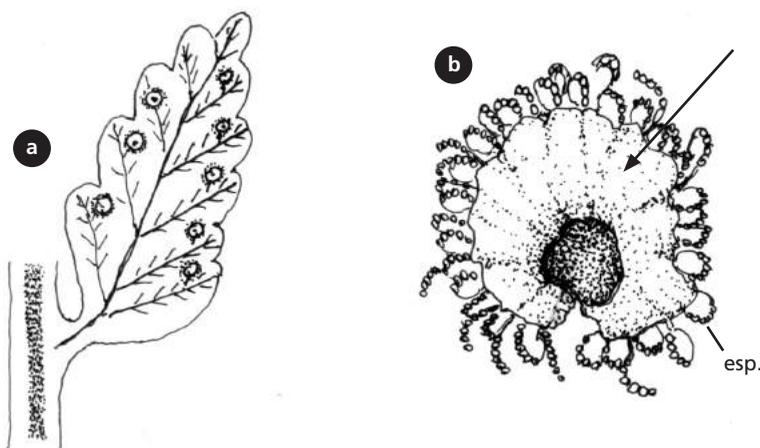


Figura 8.8: (a) Vista geral de um folíolo portando soros com indúsio; (b) detalhe mostrando o indúsio (seta) e os esporângios (esp.).

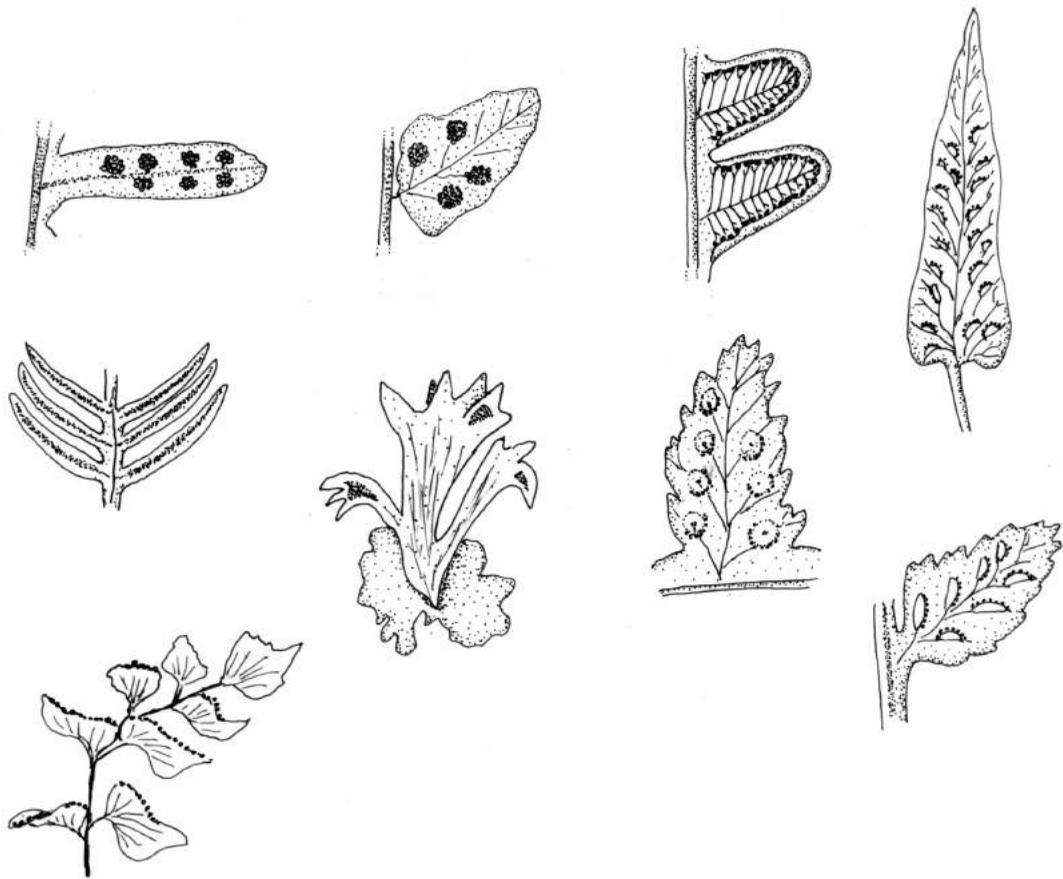


Figura 8.9: Folhas com variados tipos de soros em Pteridophyta.

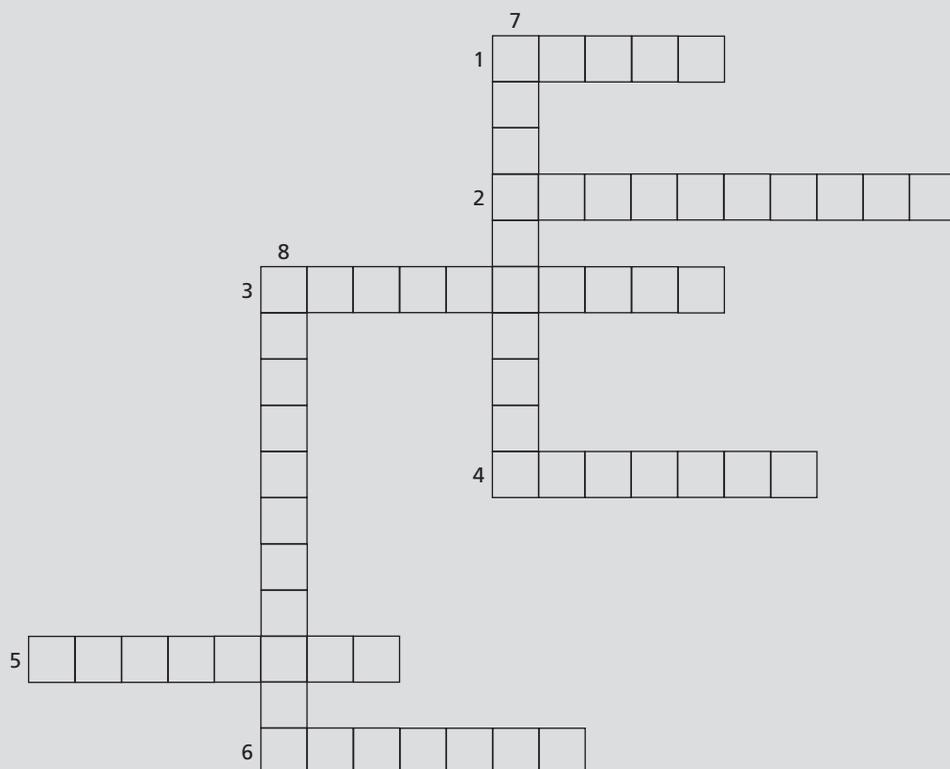
Veja se você entendeu bem esta parte da aula.

ATIVIDADE 3



a. Vá ao jardim ou aos arredores úmidos e colete vários tipos de folhas férteis de samambaias e/ou avencas. Observe se os diversos tipos de soros estão cobertos por um indúcio (membrana) ou não. Essas estruturas são observáveis a olho nu, mas se você tiver uma lupa de mão, poderá observar mais detalhes.

b. Palavras-cruzadas



Horizontal:

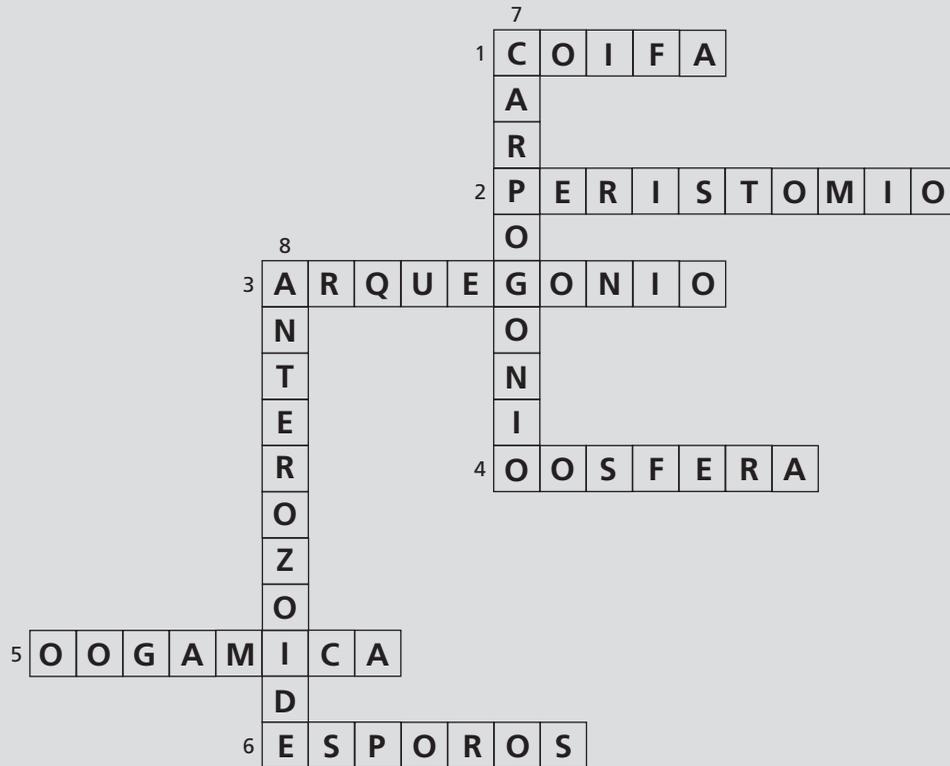
- 1) Estrutura em forma de boné que cobre a cápsula.
- 2) Estrutura que apresenta dentes ao seu redor.
- 3) Gametângio feminino comum nas Briófitas e Plantas Vasculares sem Sementes.
- 4) Gameta feminino presente nas Algas, Briófitas e Pteridófitas.
- 5) Modalidade de reprodução.
- 6) Produto de uma meiose.

Vertical:

- 7) Gametângio das algas vermelhas.
- 8) Gameta masculino de uma Briófitas ou de uma Pteridófitas.

RESPOSTA

b. Palavras-cruzadas



Temos a certeza de que você está se saindo muito bem. Assim, vamos prosseguir um pouco mais.

É bom lembrar que nem todos os grupos que compõem as Plantas Vasculares sem Sementes apresentam esses soros. No ápice dos ramos férteis, localizam-se as espigas ou estróbilos, que são mais ou menos densos, e é onde encontram-se os esporângios. Cada esporângio está localizado na axila das folhas férteis, as quais têm a função de proteção. Dentro desses esporângios é que ocorre a meiose.

Os esporângios iguais, denominados isosporângios, originam esporos também iguais (isósporos); nos esporângios desiguais (heterosporângios) haverá, como consequência, a formação de esporos desiguais ou heterosporados, que são os micrósporos e os megásporos.

Com relação aos pinheirinhos e às cavalinhas, os esporângios constituem os isosporângios e os esporos são isosporados (Figuras 8.9, 8.10 e 8.11). Na *Selaginella*, essas espigas portam heterosporângios com esporos de tamanhos diferentes (Figura 8.12), sendo, portanto, heterosporados.

A isosporia e a heterosporia terão, como consequência, gametófitos MONÍCOS ou DIÓICOS, respectivamente, conforme veremos a seguir.

Planta **MONÍCA** (do grego *mono* = um e *oikos* = casa) possui anterídeos e arquegônios no mesmo indivíduo. Por analogia, **DIÓICA** significa duas casas, ou seja, um indivíduo comporta-se como masculino e o outro como feminino.

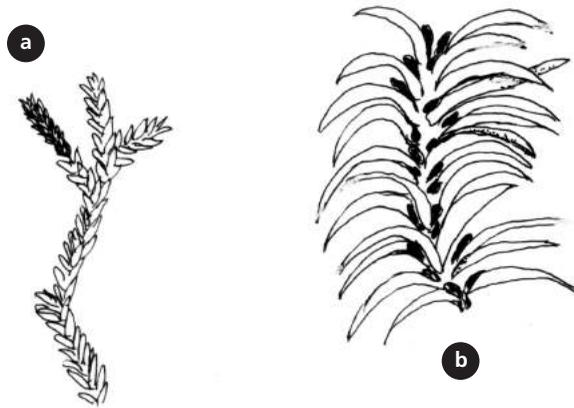


Figura 8.10: *Lycopodium* (pinheirinho). (a) esporófito portando uma espiga ou estróbilo; (b) detalhe da espiga com isosporângios (seta).

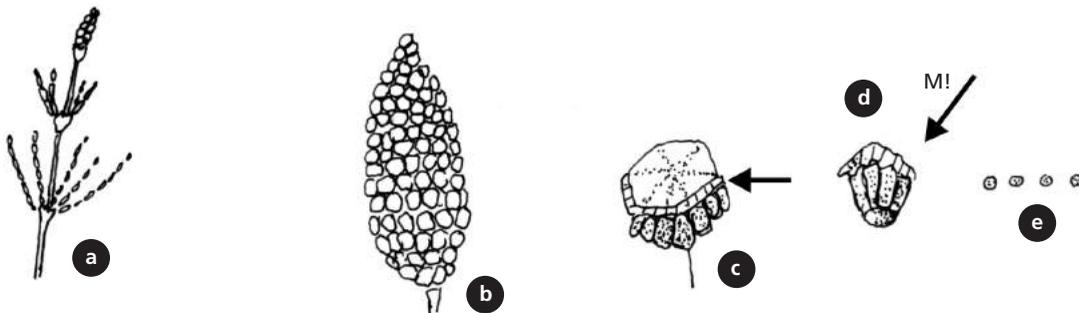


Figura 8.11: *Equisetum* (cavalinha). (a) região apical do esporófito com um estróbilo; (b) detalhe do estróbilo; (c) folha modificada portando esporângio (seta); (d) conjunto de esporângios visto por baixo; (e) esporos; M! = meiose.

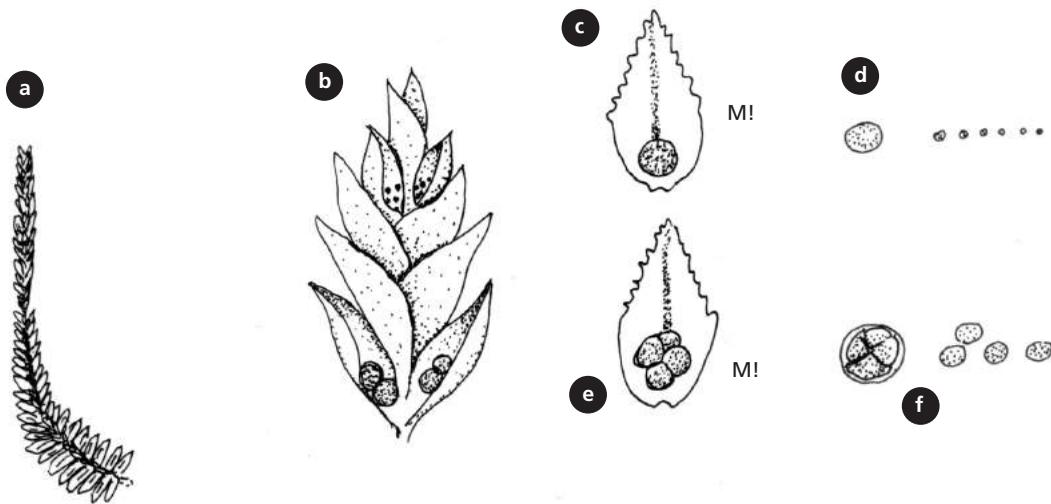


Figura 8.12: *Selaginella*. (a) estróbilo preso no esporófito; (b) espiga com megasporângio na base e microsporângio no ápice; (c) detalhe do microsporângio; (d) micrósoros; (e) detalhe do megasporângio; (f) megásporos; M! = meiose.

Reprodução sexuada

Como exemplo, tomemos uma samambaia.

Os esporos (isosporados), levados pelo vento, caem no substrato iniciando a germinação para se transformarem em vários minúsculos gametófitos haplóides. Eles são denominados protalos e são membranosos, clorofilados, monóicos e cordiformes (em formato de coração).

Na parte ventral, situam-se os rizóides e, entre eles, originam-se os anterídeos e os arquegônios, próximos à chanfradura do protalo (Figura 8.13). Esse gametófito é, portanto, monóico. O anterídeo libera anterozóides na água e um deles fecunda a oosfera no arquegônio do outro protalo, realizando assim a fecundação cruzada. É dessa fecundação que se origina o zigoto.

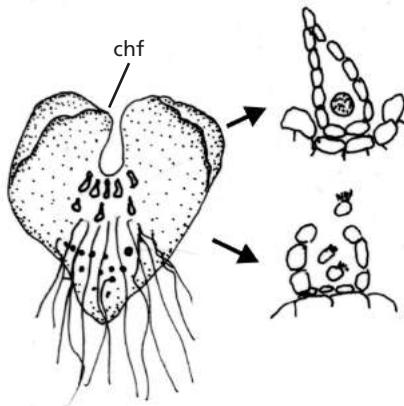


Figura 8.13: Parte ventral do protalo de uma samambaia isosporada com anterídeos (entre os rizóides) e arquegônios; chf = chanfradura.

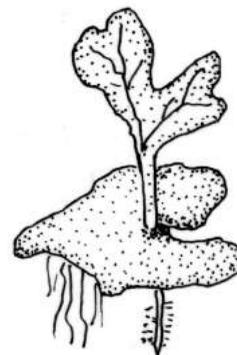


Figura 8.14: Protalo com esporófito jovem.

Nas selaginelas, os esporos são heterosporados e se diferenciam em micrósporos e megásporos. Os micrósporos ao caírem no substrato, desenvolvem em seu interior os microprotalos masculinos, portadores de anterídeos; os megásporos, também no solo, dão origem aos megaprotalos femininos desenvolvendo no seu interior os arquegônios. Esses micro e megaprotalo, portanto, vivem às custas dos tecidos dos micrósporos e megásporos. Tanto um quanto o outro são constituídos por poucas células, e transformam-se logo em anterídeos e arquegônios. Como acabamos de ver, há uma redução dos gametófitos (protalos) provenientes de isósporos de uma samambaia e uma bem pronunciada redução nos heterósporos das selaginelas.

Ciclo de vida

A alternância de geração é heteromórfica nas Pteridófitas e apresenta uma característica básica com independência das fases haplóide (gametófito = protalo) e diplóide (esporófito). No aspecto da alternância de geração, Pteridófitas são muito semelhantes às Briófitas. O zigoto se desenvolve em embrião, dando um novo esporófito haplóide, o qual é dependente do protalo em seu estágio inicial (**Figura 8.14**). Logo depois, esse gametófito se desintegra tornando o esporófito independente e duradouro (**Figura 8.15**).

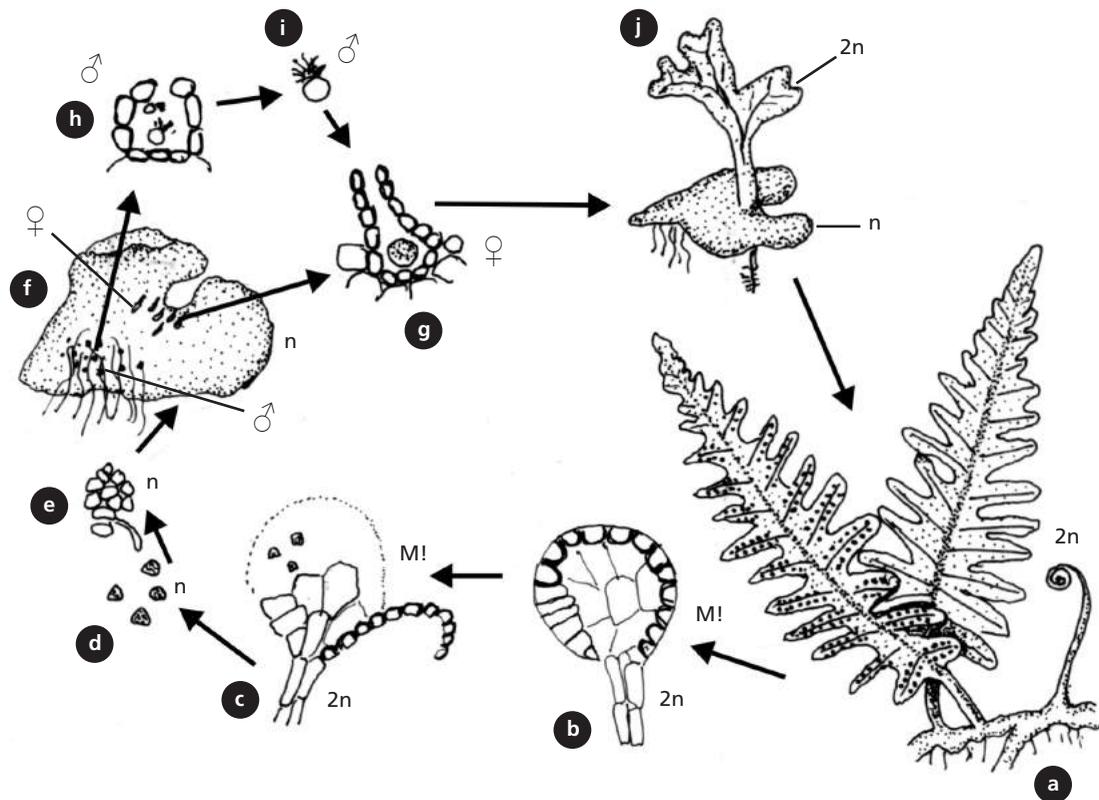


Figura 8.15: Ciclo de vida de uma samambaia isosporada. (a) esporófito adulto (com duas folhas; o da esquerda, face ventral com soros, e o da direita, face dorsal); (b) esporângio com o anel esporangífero; (c) mecanismo da liberação dos esporos; note a posição do anel aberto; (d) esporos; (e) esporo em germinação para formação do protalo; (f) protalo (gametófito monóico) com anterídeos e arquegônios; (g) detalhe do arquegônio; (h) detalhe do anterídeo; (i) anterozóide; (j) protalo portando um esporófito jovem.



As Pteridófitas são usadas, principalmente, como plantas ornamentais e na produção de vasos de xaxim, proveniente dos troncos de samambaiaçu, abundante na Serra do Mar. Atualmente, a venda de xaxim está proibida no comércio, devido à intensa devastação para a produção de vasos. Entretanto, algumas Pteridófitas têm uso medicinal. As folhas da avenca (Gênero *Adiantum*), por exemplo, contêm uma mucilagem espessa, adstringente e aromática, que é usada contra o catarro pulmonar, a rouquidão e a tosse. As plantas de cavalinha ou rabo-de-cavalo (Gênero *Equisetum*) têm propriedades ativas diuréticas, hemostáticas e remineralizantes. Já nos pinheirinhos (Gênero *Lycopodium*), seus esporos são muito utilizados na indústria farmacêutica, como adstringente.

Vamos testar mais uma vez o que você aprendeu?



ATIVIDADE 4

Enumere a coluna da esquerda com a da direita.

- | | |
|--|------------------------|
| (a) dominância do esporófito | () isosporados |
| (b) esporos iguais | () anel esporangífero |
| (c) anterídeos e arquegônios situados no mesmo gametófito | () protalos dióicos |
| (d) esporos desiguais | () Pteridophyta |
| (e) estrutura que cobre (em parte) o esporângio | () heterosporados |
| (f) membrana que cobre os esporos | () protalo monóico |
| (g) anterídeos e arquegônios encontrados em protalos distintos | () indúcio |
| (h) conjunto de esporângios | () soros |
| (i) agente que dispersa os esporos nas Pteridophyta | () vento |

RESPOSTAS

B, E, G, A, D, C, F, H, I

RESUMO

A reprodução das Briófitas e Plantas Vasculares sem Sementes ocorre ainda por meio da água. O ciclo de vida desses dois grupos apresenta uma alternância heteromórfica de gerações e de fases. Entretanto, nas Briófitas, o gametófito é a fase dominante e o esporófito dependente dele; nas Plantas Vasculares sem Sementes, o esporófito é a fase dominante e o gametófito é de vida livre. Existem semelhanças e diferenças entre as Briófitas e as algas verdes.

O esporófito será sempre a fase dominante em todas as plantas da escala vegetal, a partir das samambaias, avencas, pinheirinhos e cavalinhas.

A redução da fase gametofítica persistirá em todos os vegetais daqui em diante.

AUTO-AVALIAÇÃO

Depois de todo esse estudo, você seria capaz de estabelecer as principais distinções e semelhanças entre as Briófitas e as algas verdes?

Saberia reconhecer os tipos de reprodução sexuada e assexuada das Briófitas e das Pteridófitas?

Você acha que estaria capacitado a descrever o ciclo de vida das Briófitas e das Pteridófitas?

Enfim, você conseguiu resolver todas as questões das atividades propostas, ou pelo menos a maior parte delas?

Se você realizou tudo ou grande parte ou até mesmo um pouco mais da metade do que se colocou nos quatro itens acima, parabéns, você pode e deve seguir em frente. No entanto, se guarda dúvidas conceituais da matéria estudada, você deve ler todo o texto novamente para tentar resolvê-las; se, porém, mesmo assim persistirem as dúvidas, por favor, procure seu tutor nos pólos.

E mais, se você quiser obter mais informações, o seu livro-texto, mais *Biologia Vegetal*, vai lhe ajudar muito.

INFORMAÇÃO PARA A PRÓXIMA AULA

Nas próximas aulas, você continuará estudando a alternância de gerações heteromórficas e heterofásicas nas Gimnospermas e nas Angiospermas, as quais já irão apresentar flores e sementes.

Prática de reprodução dos Criptógamos fotossintetizantes: Briófitas e Pteridófitas

AULA

9

Meta da aula

Apresentar os diferentes tipos de reprodução das Briófitas e Pteridófitas.

objetivo

- Nesta aula, você poderá identificar os diferentes tipos de reprodução das Briófitas e Pteridófitas.

PRÁTICA Nº 1

Material:

1. exemplares de musgos;
2. pinças de ponta fina;
3. lupa de mão ou estereomicroscópio;
4. lâminas de aço utilizadas para barbear.

Procure musgos no muro ou em barranco úmidos, no xaxim, ou em casca de árvore. Colete alguns exemplares portando os esporófitos e coloque-os sobre uma bancada. Você já sabe o que é um esporófito!

Observe de que parte do gametófito o esporófito está saindo. Pode observar a olho nu, mas se tiver uma lupa de mão, melhor ainda. É nessa parte que se situa o arquegônio. Portanto, o gametófito que porta o esporófito é sempre feminino.

Destaque, com o auxílio de uma pinça, esse esporófito com cuidado. Você observará a seta e, na extremidade, a cápsula com suas estruturas. Nessa observação minuciosa, você verá a coifa ou a caliptra em forma de boné, que é facilmente destacável. Em seguida, com habilidade, retire o opérculo e observe os dentes que ficam em torno do peristômio. Se você abrir a cápsula no sentido longitudinal, ou pressioná-la, constatará a existência de bolinhas verdes (se forem imaturas) ou pardo-amareladas (se estiverem maduras).

Muito bem! Essas bolinhas são os esporos, produto do processo meiótico. Você se perguntará: mas como existem tantos esporos? Ora, isso se deve à existência de inúmeras células-mãe dos esporos ($2n$) dentro da cápsula. São essas células que sofrem meiose.

Ilustre as estruturas observadas.

Se você seguiu todas as orientações é provável que sua prática tenha dado certo. Mas, se algo não aconteceu conforme previsto, refaça a prática ou converse com seu tutor no pólo para analisar o resultado.

PRÁTICA Nº 2

Material:

1. folhas de samambaias férteis;
2. agulha para costura;
3. lupa de mão ou estereomicroscópio;
4. folha de papel branco;
5. lâmpada com suporte.

Na Atividade 3, da aula teórica, você já observou os soros.

Para esta prática é necessário que colete folíolos férteis (uma parte da folha) e traga-os para a bancada.

Com uma agulha para costura, espalhe os soros sobre uma folha de papel branco. Observe que há vários esporângios espalhados; cada um deles está envolto por um anel (cor-de-abóbora ou marrom-escuro). Esse é o anel esporangífero, responsável pela dispersão dos esporos.

Se você colocar no local uma fonte de luz (uma lâmpada, por exemplo), irá aumentar a temperatura ambiente e o anel perderá água. Atentamente, observe o que vai acontecer. Esse anel se destacará do esporângio, pela falta d'água e, em segundos, ele voltará à posição normal. Nesse momento, ele liberará os esporos; ou seja, aquela “poeirinha” que você verá sobre a folha branca é que são os esporos.

Note bem: o esporângio só vai liberar os esporos se ele estiver maduro!

Conseguiu observar tudo? Muito bem! É isso que acontece na natureza!!

PRÁTICA Nº 3

Material:

1. protalo;
2. lupa de mão ou estereomicroscópio.

Procure um local úmido (barrancos ou xaxins) onde crescem esporófitos de avencas ou samambaias.

Observe atentamente a existência de uma lâmina verde, sem esporófito preso a ela. Essa lâmina é o protalo; ou seja, é ela o gametófito dessas Pteridófitas. Agora, retire, com habilidade, por meio de uma faca, o protalo do substrato. Lave-o, se for proveniente do barranco. Se for de xaxim, retire as raízes adventícias (não se esqueça de que o xaxim é composto por raízes adventícias da samambaiçu). Com uma lupa de mão verifique os rizóides e, entre eles, o anterídeo. Na região sem rizóides é que se encontram os arquegônios.

Se você encontrar um protalo já portando um esporófito jovem, observe o local onde ele se insere. Isso vai lhe mostrar que o arquegônio foi fecundado e deu origem ao esporófito.

Você acabou de acompanhar parte do ciclo de vida de uma Pteridófito! Se o fez com toda a atenção, tenho certeza de que mais uma vez sua prática foi um sucesso. Parabéns! Caso contrário, analise o resultado da atividade com seu tutor presencial ou, se tiver oportunidade, tente refazê-la com seus colegas.

A diversidade reprodutiva dos Fanerógamos: Gimnospermas e Angiospermas

AULA

10

Metas da aula

Apresentar as principais diferenças entre as flores das Gimnospermas e as das Angiospermas.

Mostrar as etapas da reprodução dos Fanerógamos, comparando as semelhanças e diferenças existentes no processo reprodutivo dos dois grupos taxonômicos.

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Diferenciar as flores de Gimnospermas e Angiospermas, reconhecendo a estrutura do grão de pólen e do óvulo.
- Descrever as etapas da reprodução dos Fanerógamos: polinização, formação do tubo polínico e fecundação.
- Listar semelhanças e diferenças existentes na reprodução dos dois grupos taxonômicos.

Pré-requisito

Antes de iniciar o estudo desta aula, é importante que você releia a introdução da Aula 17 (Botânica I), onde comentamos sobre a diversidade dos Fanerógamos.

INTRODUÇÃO

Na aula passada, você estudou a reprodução das Briófitas e das plantas vasculares sem sementes (Pteridófitas). Viu que, nas Pteridófitas, a fase dominante do seu ciclo de desenvolvimento é a fase esporofítica ($2n$), ao contrário das Briófitas, cuja fase duradoura é a produtora de gametas e dependente da água para a fecundação.

Agora, vamos conhecer a diversidade reprodutiva nos Fanerógamos. Nesses vegetais, a fase produtora de esporos também é a fase dominante, só que agora a fase gametofítica está reduzida a poucas células. Como já vimos em aulas anteriores, essas plantas possuem sementes e por isso são classificadas como plantas vasculares com sementes. Você estudou também que o grupo que domina o nosso planeta atualmente é o das Angiospermas, estando as Gimnospermas (pinheiros) restritas a somente cerca de 750 espécies. Você se lembra do número de espécies de Angiospermas espalhadas por todos os cantos do mundo? Se não se lembra, releia a introdução da Aula 17 de Botânica I.

Nesses dois grupos aparecem, pela primeira vez na escala evolutiva, os órgãos sexuais sobre flores. Além disso, a alternância de gerações passa a ser encoberta, ou seja, não ocorrem fases esporofítica e gametofítica morfológicamente distintas, ficando o gametófito totalmente encerrado no esporófito. A diminuição da fase gametofítica é um evento evolutivo bastante interessante, já que essa fase é dependente da água para a fecundação. Agora, então, a fecundação passa a ser realizada por meio de um tubo polínico, que leva os gametas masculinos (anterozóides) até o gameta feminino (oosfera).

O surgimento da semente, após a fecundação, foi também um fato evolutivo importante, que garantiu o desenvolvimento inicial da planta. Mais adiante, você entenderá o porquê disso.

O ciclo reprodutivo dos dois grupos de Fanerógamos é semelhante, e as diferenças no processo reprodutivo serão apontadas ao longo da aula e no **Quadro 10.2**. Portanto, o estudo da diversidade reprodutiva dos fanerógamos será comparativo. Antes, vamos apontar as características que diferenciam as flores de Gimnospermas e as de Angiospermas.

DIFERENÇAS ENTRE AS FLORES DAS GIMNOSPERMAS E AS DE ANGIOSPERMAS

Contrariamente à maioria das flores das Angiospermas, as flores nas Gimnospermas são nuas, ou seja, não possuem elementos de proteção (sépalas e pétalas). Nas flores femininas, os óvulos estão expostos, sem a proteção do ovário. Não pense que vai encontrar nesse grupo a diversidade e a beleza das flores das Angiospermas!

Nas Gimnospermas, as flores masculinas são comumente denominadas *escamas estaminais* e as femininas, *folhas carpelares*, em alusão aos *estames* (androceu) e *carpelos* (gineceu) das Angiospermas. Essas flores primitivas quase sempre estão reunidas em inflorescências ditas estróbilos, um tipo de espiga vulgarmente chamada cone. Sem dúvida, os cones dos pinheiros possuem uma beleza particular, bastante exótica.

Após a fecundação, ou seja, quando o gameta masculino fecunda o feminino, formam-se as sementes diretamente, sem a proteção de um fruto. É importante que você saiba que não há formação de ovário e de fruto nas Gimnospermas.

Na próxima aula, quando estudarmos a grande diversidade das flores das Angiospermas, você verá que nesse grupo existem muitos outros tipos de inflorescências, além da espiga.

Verá também que os óvulos são protegidos pelo ovário e que, quando fecundados, originarão as sementes. Estas estarão protegidas pelo fruto, resultado do desenvolvimento do ovário.

Um outro fator importante evolutivamente que ocorre somente nas Angiospermas é a proteção do androceu e do gineceu pelo cálice (conjunto de sépalas) e pela corola (conjunto de pétalas), como você verá na Aula 11. A presença de sépalas e pétalas, além de proteger os elementos reprodutores, muitas vezes atrai diferentes grupos animais, favorecendo a polinização e conferindo encanto às suas flores (Figura 10.1).



Figura 10.1: Flor de cravina (Angiosperma, Caryophyllaceae). Observe que, além da presença das pétalas (corola) e sépalas (cálice), existem brácteas florais.

ESTIGMA

Órgão receptor dos grãos de pólen nas Angiospermas.

ESTILETE

Filamento sobre o qual fica o estigma das flores das Angiospermas e pelo qual passa o tubo polínico.

FILETE

Eixo geralmente fino e alongado que sustenta a antera.

ANTERA

Seção terminal do estame, produtora de grãos de pólen (parte fértil).

Voltando às Gimnospermas, o pólen, produzido em sacos polínicos, é levado diretamente à micrópila (abertura) do óvulo. Podemos concluir que as flores femininas dos pinheiros não possuem **ESTIGMA**, nem **ESTILETE**. A estrutura reprodutiva da flor feminina está restrita ao óvulo. Se você observar a **Figura 10.2**, uma folha carpelar de *Cycas*, verá que só existe um local onde os grãos de pólen podem cair: diretamente nos óvulos.

Da mesma forma, a escama estaminal não possui **FILETE** e **ANTERA**, como nos estames das Angiospermas. Tem somente inúmeros sacos polínicos produtores de grãos de pólen (**Figura 10.3**).



Figura 10.2: Flor feminina (folha carpelar) de *Cycas* sp. (Cycadaceae) com os óvulos expostos, ou seja, não protegidos por um ovário.

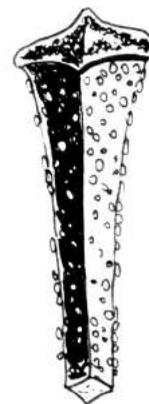


Figura 10.3: Flor masculina (escama estaminal) de *Cycas* sp. (Cycadaceae), onde visualizamos bem os inúmeros sacos polínicos, produtores de pólen.

Uma outra diferença importante entre os dois grupos é quanto ao sexo das flores: nas Gimnospermas, as flores são sempre unissexuadas, ocorrendo espécies com sexos separados em indivíduos distintos (plantas dióicas) e espécies com flores unissexuais masculinas e flores unissexuais femininas no mesmo indivíduo (plantas monóicas). As Angiospermas possuem uma maior diversidade no sexo das flores: cerca de 70% das espécies são hermafroditas (plantas andróginas), isto é, possuem flores com os dois sexos; as demais têm flores unissexuadas monóicas e unissexuadas dióicas. Na aula que vem, você verá com mais detalhes a classificação das flores quanto ao sexo e, também, a classificação das plantas quanto ao sexo das flores.

ESTRUTURA DO GRÃO DE PÓLEN E DO ÓVULO

Para entender o processo da reprodução, é necessário primeiro conhecer a estrutura dos elementos reprodutores – grão de pólen e óvulo.

Grão de pólen

Os grãos de pólen, que se formam nos sacos polínicos, são pequeníssimas estruturas celulares (bi ou triclular) que originarão os gametas masculinos. O saco polínico é o *microesporângio* e o grão de pólen corresponde ao *gametófito masculino* (microgametófito).

O pólen é constituído por duas membranas: a exina, mais externa e geralmente **cutinizada**, e a intina, mais interna. Possui grande diversidade de tamanhos, formas e ornamentações. Quando os grãos de pólen estão maduros, as tecas se abrem, liberando-os. Além disso, existem vários agentes responsáveis pela dispersão dos grãos de pólen (agentes polinizadores), como veremos mais adiante.

Na maior parte das Angiospermas, os grãos de pólen são liberados da antera em forma de pó (pólen pulverulento), independentes uns dos outros. Podem ainda formar grupos de quatro (pólen em tétrades) ou, mais raramente, se reúnem em massa compacta (polínea), como ocorre em espécies das famílias Asclepiadaceae (**Figura 10.4**) e Orchidaceae.

As Gimnospermas possuem somente pólen pulverulento e a presença de vesículas de ar facilita a dispersão do pólen pelo vento (**Figura 10.5**). Veremos mais adiante que a polinização nesse grupo é somente anemófila, ou seja, o agente polinizador é o vento.



Figura 10.4: Polínea de Asclepiadaceae (Angiosperma). Os grãos de pólen estão no interior da massa de cera.

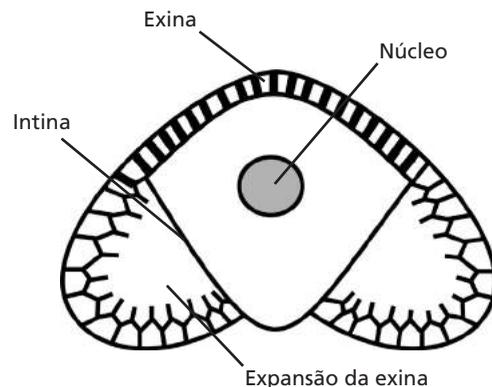


Figura 10.5: Pólen de Gimnospermas.

CUTÍCULA

Fina camada impermeável, composta de **CUTINA**, que recobre externamente várias estruturas das plantas, especialmente as folhas, protegendo-as contra os agentes do meio exterior.

CUTINA

Substância de constituição química mal conhecida, e muito resistente aos reagentes químicos.



A área da Botânica que se dedica ao estudo do pólen é a Palinologia.

Óvulo

Os óvulos são estruturas pluricelulares, onde se originarão os gametas femininos (Figura 10.6). Nas Angiospermas, os óvulos se formam no interior dos lóculos (cavidades) do ovário e possuem geralmente dois tegumentos. São constituídos de:

- funículo: base estreita do óvulo, fixada na placenta;
- hilo: dilatação do funículo, onde começa o óvulo propriamente dito;
- nucela: tecido parenquimático (macrosporângio) que preenche o óvulo e é o local de formação do saco embrionário;
- micrópila: abertura do óvulo através da qual, geralmente, o tubo polínico penetra para atingir o saco embrionário;
- calaza: base da nucela onde termina o feixe condutor;
- tegumentos: dois envoltórios do óvulo – primina e secundina;
- saco embrionário: estrutura pluricelular originada por diferenciação de célula da nucela e que corresponde ao *gametófito feminino* (macrogametófito).

Os óvulos das Gimnospermas diferem dos óvulos das Angiospermas basicamente pela presença de somente um tegumento.

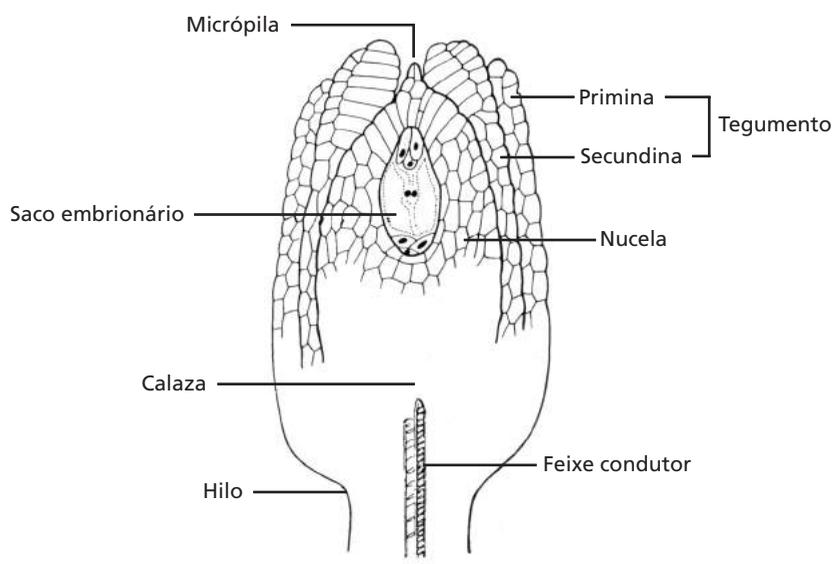


Figura 10.6: Partes constituintes do óvulo.

**ATIVIDADE 1**

Compare as flores das Gimnospermas e das Angiospermas, indicando, na coluna da direita, a que grupo de Fanerógamos pertencem as estruturas listadas na coluna da esquerda.

a) Folha carpelar	
b) Polínea	
c) Óvulos nus	
d) Pólen com vesículas de ar	
e) Flores hermafroditas	
f) Estróbilo	
g) Fruto	

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

Se você reconheceu as estruturas imediatamente, parabéns! Se não, releia o texto com mais atenção, pois nessa questão estão colocadas as principais diferenças existentes entre as flores das Gimnospermas e das Angiospermas.

A uniformidade das flores dos pinheiros salta aos olhos. Na próxima aula, você verá que a diversidade das flores das Angiospermas é tão grande que foi necessário criar toda uma terminologia para classificar os tipos morfológicos existentes.

Uma diferença que se destaca pela sua importância é a proteção dos óvulos pelo ovário nas Angiospermas, ou seja, as sementes encontram-se no interior de frutos (letra G), contrariamente ao que ocorre nas gimnospermas, que têm óvulos nus (letra C).

RESPOSTAS

a) Folha carpelar	Gimnosperma
b) Polínea	Angiosperma
c) Óvulos nus	Gimnosperma
d) Pólen com vesículas de ar	Gimnosperma
e) Flores hermafroditas	Angiosperma
f) Estróbilo	Gimnosperma
g) Fruto	Angiosperma

ETAPAS DA REPRODUÇÃO

O processo de reprodução nas plantas superiores pode ser dividido em três etapas: *polinização*, *formação do tubo polínico* e *fecundação*.

1ª etapa – Polinização

É o transporte do pólen liberado pelos estames para o estigma do gineceu da mesma planta ou de um outro indivíduo. A polinização é uma maneira de aumentar ao máximo o fluxo de genes para as outras flores e a recepção de genes de outras plantas. Existem vários tipos de polinização e vários agentes polinizadores, como você verá a seguir.

Tipos de polinização:

- **Autopolinização** (autogamia) ou **polinização direta**: ocorre quando o pólen de uma flor é depositado no estigma desta mesma flor (planta andrógina ou hermafrodita) ou de outra do mesmo indivíduo (planta monóica).
- **Polinização cruzada** (alogamia) ou **polinização indireta**: ocorre quando o pólen produzido em uma flor é transportado para o estigma de uma flor de outro indivíduo da mesma espécie, ou seja, em uma determinada espécie, a existência de indivíduos portadores somente de flores unissexuadas masculinas e de outros, portadores de flores exclusivamente unissexuadas femininas (plantas dióicas), conduz à polinização cruzada. Tal forma de polinização leva, obrigatoriamente, à fecundação cruzada, em que não há possibilidade de autofecundação.

A autopolinização é desvantajosa geneticamente, pois provoca cruzamentos interespecíficos que diminuem a variabilidade genética. É comum ocorrer nas famílias Gramineae (milho, trigo, sorgo) e Leguminosae (feijão, ervilha, amendoim).

Mas a natureza é sábia: para a maioria dos Fanerógamos andróginos e monóicos existem mecanismos que impedem a autofecundação. São eles:

1º *Dicogamia* – fenômeno em que os órgãos reprodutores – o pólen e o óvulo – atingem a maturidade em épocas distintas, evitando assim a autofecundação. Ocorre nas Gimnospermas e Angiospermas. Compreende:

- a) **Protandria**: quando o pólen é liberado, o óvulo da flor ainda está imaturo. Ex.: Labiatae e Compositae.
- b) **Protoginia**: o estigma de uma flor encontra-se receptivo ao pólen, mas os grãos de pólen ainda estão imaturos. Ex.: Euphorbiaceae e Aristolochiaceae

2º *Hercogamia* – neste caso, a disposição dos órgãos reprodutores da flor hermafrodita dificulta ou mesmo impede a autopolinização. Tal fenômeno é comum em flores de Angiospermas que possuem polinização entomófila (por insetos) e cuja estrutura da flor é toda adaptada a um tipo específico de inseto polinizador. A hercogamia ocorre, por exemplo, nas espécies de Orchidaceae (Figura 10.7).

3º *Heterostilia* – os órgãos reprodutores são dispostos de modo a dificultar a autopolinização. Ex.: estilete longo colocando o estigma acima das antenas, ou ao contrário. Típico das Angiospermas.

4º *Auto-esterilidade* – quando há incompatibilidade genética entre o pólen e o estigma de uma mesma flor. Assim, o pólen de um indivíduo não consegue germinar no estigma da flor deste mesmo indivíduo. Ocorre nas Gimnospermas e nas Angiospermas.



Figura 10.7: Hercogamia (orquídea).

Principais agentes polinizadores

O transporte do pólen para o aparelho reprodutor feminino ocorre de várias formas pela natureza: pelo vento (anemofilia), pelos animais (zoofilia) e pela água (hidrofilia).

- **Anemofilia**: forma de polinização considerada mais primitiva. O agente polinizador é o vento. Ocorre obrigatoriamente nos pinheiros, nos quais a produção de grãos de pólen é em grande quantidade para compensar as perdas no processo da polinização.

Nos órgãos reprodutores de flores anemófilas das Angiospermas verificamos a existência de características inerentes à forma de polinização pelo vento. Ex.: nas espécies de Gramineae, o pólen tem porte reduzido (10-15 micra de diâmetro), anteras versáteis (que balançam) e estigmas plumosos (como plumas) bem desenvolvidos, para facilitar a captação do pólen que é liberado em grande quantidade.



Uma planta de milho produz cerca de 50 milhões de grãos de pólen, embora sejam necessários aproximadamente mil para fecundar as flores femininas de um indivíduo.

- **Zoofilia:** polinização por animais (pássaros, morcegos e outros mamíferos), sendo a polinização por insetos (entomofilia) a mais comum. A entomofilia tem importância variável em função dos diversos grupos existentes. Os himenópteros (abelhas e marimbondos) são os mais relevantes insetos polinizadores, pois estão mais adaptados à vida floral. Na sociedade das abelhas, existem formas operárias especializadas na coleta do néctar e do pólen das Angiospermas.

As flores entomófilas (veja **Figura 10.8**) exibem caracteres que estimulam a atuação dos insetos, tais como: perianto fortemente colorido, liberação de odores, pólen grande (200-250 micra de diâmetro) com membrana externa (exina) ornamentada, favorecendo a fixação no corpo do inseto, estigmas com numerosas papilas que liberam um líquido viscoso que facilita a fixação do grão de pólen, presença de **NECTÁRIOS**.

NECTÁRIO

Conjunto de células glandulares, localizado em várias partes das flores e que produz líquido incolor, adocicado, constituído principalmente por sacarose e frutose.

- **Hidrofilia:** a polinização também pode ser realizada com o auxílio da água, como ocorre com a planta aquática *Ceratophyllum sp.* (Ceratophyllaceae). Essas plantas são chamadas também plantas hidrófilas.



A polinização através do vento é mais comum em florestas temperadas do que em florestas tropicais. Muitas Gramíneas, Cicadáceas e outras plantas utilizam o vento como forma de polinizar seus indivíduos. Quando se pensa em anemofilia, a primeira coisa que vem à cabeça é a grande quantidade de pólen produzida pelas plantas que se utilizam esse mecanismo.

A grande maioria das plantas da região tropical não utiliza a anemofilia para sua polinização, tendo desenvolvido vários caracteres para atrair os vetores potenciais, que são principalmente os insetos. A polinização por insetos desencadeou muitas mudanças nas flores, contribuindo para sua diversificação. Além dos insetos, várias espécies de pássaros, morcegos e outros mamíferos funcionam como agentes de polinização, em troca das recompensas florais (pólen, néctar, óleos e resinas)



ATIVIDADE 2

Vamos ver se você assimilou bem a primeira etapa da reprodução dos Fanerógamos – a polinização. Correlacione a coluna da esquerda com a da direita:

(a) Autopolinização	() Polinização indireta
(b) Protandria	() Vento como agente polinizador
(c) Fecundação cruzada	() Polinização direta
(d) Entomofilia	() Estigma acima das anteras
(e) Heterostilia	() Maturação do pólen anterior a do óvulo
(f) Anemofilia	() Polinização por insetos

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

Se você acertou tudo, parabéns! Caso contrário, releia a parte da aula sobre polinização. Talvez você tenha tido dificuldade em memorizar a terminologia. Por exemplo, não confunda os termos protandria e protoginia. Preste atenção no sufixo e verá que é fácil memorizar, pois estão relacionados com o desenvolvimento do androceu ou do gineceu, respectivamente.

Nesta questão, é importante entender as vantagens evolutivas da fecundação cruzada e fixar os diferentes tipos de mecanismos que evitam a autofecundação das flores.

É igualmente importante saber que a polinização anemófila demanda uma produção de pólen muito grande, como acontece com inúmeras espécies de Gimnospermas. Já na polinização entomófila, bastante comum entre as Angiospermas, freqüentemente se verifica uma adaptação mútua entre as flores (forma e coloração da corola e disposição dos órgãos reprodutores) de uma determinada espécie e o inseto polinizador – o que denominamos coevolução (“seleção recíproca entre organismos interdependentes”, segundo o Dicionário Aurélio).

RESPOSTAS

(a) Autopolinização	(c) Polinização indireta
(b) Protandria	(f) Vento como agente polinizador
(c) Fecundação cruzada	(a) Polinização direta
(d) Entomofilia	(e) Estigma acima das anteras
(e) Heterostilia	(b) Maturação do pólen anterior a do óvulo
(f) Anemofilia	(d) Polinização por insetos

2ª etapa: Germinação do grão de pólen (formação do tubo polínico)

Após a deposição do grão de pólen sobre o estigma, ou seja, quando já ocorreu a polinização, ele absorve água do meio, embebendo a célula vegetativa. A água, penetrando nos vacúolos da célula vegetativa, eleva o grau de intumescimento, provocando a saída de parte do citoplasma através da exina, membrana externa do pólen, originando o tubo polínico. Processo semelhante acontece na micrópila do óvulo das Gimnospermas, com uma diferença: o pólen cai diretamente na micrópila do óvulo, pois não há formação de estigma e estilete, como você já viu.

O tubo polínico, insinuando-se entre as células do estigma, penetra no estilete seguindo o canal aí existente; ou então, quando ausente (estilete sólido), passa entre as células do tecido condutor. Assim, por meio de um fenômeno de **QUIMIOTROPISMO**, atinge o ovário e penetra em um óvulo através da micrópila (acrogamia) ou pela calaza (calazogamia), levando em sua extremidade os núcleos vegetativo e reprodutivo (**Figura 10.8**), que serão estudados mais adiante.

QUIMIOTROPISMO

Tropismo relacionado com estimulantes químicos, como, por exemplo, progressão do tubo polínico através do estilete.

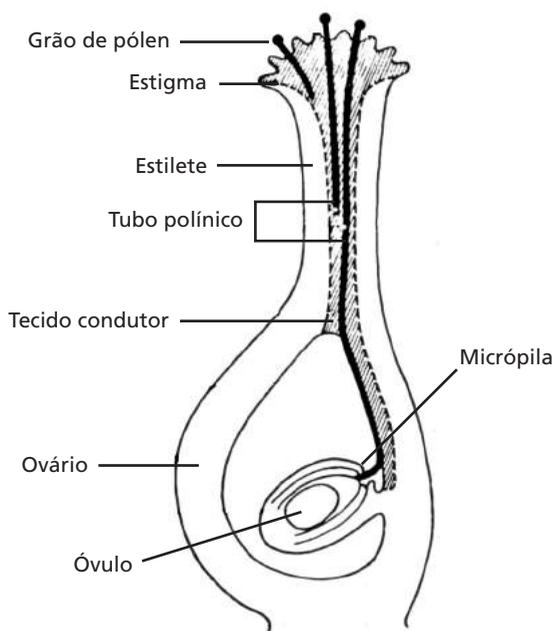


Figura 10.8: Germinação do tubo polínico.

3ª etapa: Formação dos esporos (esporogênese) e dos gametas (gametogênese) e fecundação

Antes de você estudar a fecundação, é importante compreender como se formam os esporos masculinos (micrósporos) e femininos (macrósporos) e como eles se transformam em grãos de pólen (microgametófito) e em saco embrionário (macrogametófito), respectivamente. Acompanhe cada fase, observando o **Quadro 10.1** (Ciclo reprodutivo das Angiospermas), colocado mais adiante; é uma síntese muito didática, que ajudará você a compreender essa etapa da reprodução. As diferenças importantes que existem entre os dois grupos de Fanerógamos podem ser observadas no **Quadro 10.2** (Diferenças reprodutivas entre Angiospermas e Gimnospermas), que se encontra no final desta aula.

Formação do micrósporo (microsporogênese) e sua transformação em grão de pólen (microgametogênese)

A microesporogênese é a formação dos micrósporos no interior dos sacos polínicos (microesporângios). Já a microgametogênese é o processo de transformação do micrósporo em grão de pólen.

Nas Angiospermas, os sacos polínicos se formam no interior das anteras e nas Gimnospermas, diretamente na escama estaminal (esporófila), como você já viu. A seguir, detalhamos as três fases para a formação dos esporos e gametas masculinos das Angiospermas:

1ª fase: diferenciação das células-mãe dos micrósporos

Os sacos polínicos da antera possuem uma massa celular constituída de três tipos celulares: células estéreis, células nutritivas e células férteis. As células estéreis transformam-se na parede celular do saco polínico, englobando células nutritivas (também denominadas tapete), que fornecem alimento aos micrósporos em desenvolvimento. As células férteis ou esporógenas tornam-se células-mãe dos micrósporos (microsporócitos).

2ª fase: formação dos micrósporos

Cada microsporócito (célula-mãe do micrósporos) sofre meiose e origina quatro células haplóides (n) – os micrósporos (**Figura 10.9**).

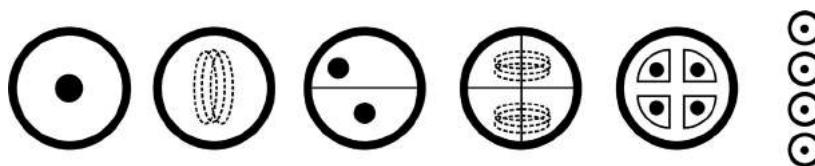


Figura 10.9: Formação dos micrósporos (microesporogênese).

3ª fase: constituição do grão de pólen

A fase de formação dos gametas inicia-se quando o núcleo do micrósporo se divide por mitose (microgametogênese), formando duas células no interior do esporo: a célula do tubo (núcleo vegetativo) e a célula geratriz (núcleo reprodutivo). A primeira origina o tubo polínico, e a célula geratriz forma dois espermatozoides, denominados anterozoides (Figura 10.10).

Uma característica importante que diferencia as Gimnospermas das Angiospermas é a ausência de célula geratriz nos pinheiros e a produção de somente um anterozoide funcional; este é gerado pela célula vegetativa, juntamente com o tubo polínico.



Figura 10.10: Formação dos microgametas (microesporogênese).

Formação do macrósporo (macroesporogênese) e sua transformação em saco embrionário (macrogametogênese)

O estudo do processo de formação do saco embrionário é feito através de uma seqüência de cortes longitudinais no óvulo, em diversos momentos do seu desenvolvimento. Podemos distinguir as seguintes fases:

1ª fase: diferenciação da célula-mãe dos macrósporos

Paralelamente à formação das camadas envolventes do óvulo – primina e secundina –, uma das células da nucela (maciço celular que envolve o óvulo), situada mais internamente, desenvolve-se mais que as outras, transformando-se na célula-mãe dos macrósporos (macrosporócitos).

2ª fase: formação dos macrósporos (macroesporogênese)

A célula-mãe dos macrósporos sofre meiose e origina quatro células haplóides (macrósporos). Três dessas células formadas degeneram rapidamente, desaparecendo (Figura 10.11). O macrósporo remanescente e funcional dará origem, então, ao saco embrionário.

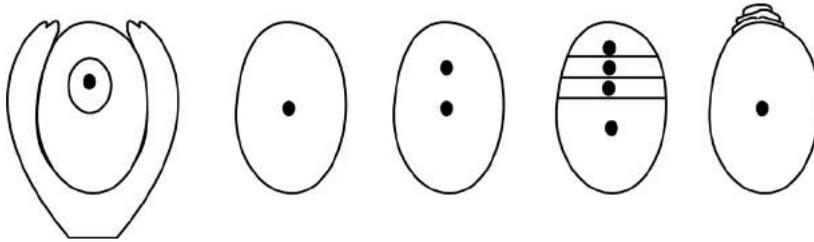


Figura 10.11: Formação do macrósporo (macroesporogênese).

3ª fase: constituição do saco embrionário

O macrósporo funcional aumenta de volume à custa da nucela, enquanto o seu núcleo se divide (macrogametogênese). Ocorrem três mitoses, originando um total de oito núcleos haplóides, que se deslocam para os pólos da célula, situando-se diametralmente opostos, quatro em cada pólo (há um pólo próximo à micrópila e outro próximo à calaza).

Um núcleo de cada grupo migra para o centro da célula. Esses dois núcleos, agora centrais, recebem o nome de *núcleos polares* (Figura 10.12). Aí, ao redor de todos os oito núcleos ocorrem condensações citoplasmáticas, originando-se:

- a) três células no pólo voltado para a micrópila: a *oosfera* (n) e duas *sinérgides* (n);
- b) três células no pólo direcionado para a calaza: três *antípodas* (n);
- c) dois *núcleos polares* (n), que se deslocam para o centro do saco embrionário e se unem formando uma célula central denominada *mesocisto* ($2n$).

Existem outras modalidades de desenvolvimento do saco embrionário nas Angiospermas; nesta aula, você estudou a mais comum.

É também importante que você sabia que existe uma diferença marcante no processo de formação do saco embrionário das Gimnospermas: o número de mitoses é indefinido e não somente três, como nas Angiospermas, e ocorre a produção de inúmeras células, em vez de somente sete.

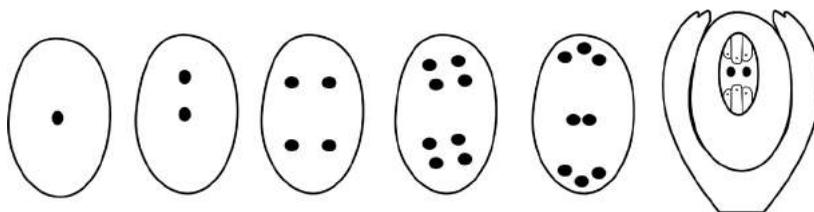


Figura 10.12: Formação do macrogameta (macrogametogênese).

Fecundação nas Angiospermas

O processo de fecundação ocorre quando o tubo polínico, geralmente penetrando pela micrópila do óvulo, atravessa a nucela e atinge o saco embrionário pela seção superior, onde se localizam a oosfera (gameta feminino) e as duas sinérgides (gametas ocasionais). Durante o trajeto do tubo polínico pelo estilete, o núcleo reprodutor (ou célula geratriz) sofre uma mitose e origina dois núcleos haploides, que são os gametas masculinos (núcleos espermáticos ou anterozóides). O tubo polínico, cujo núcleo vegetativo degenera, abre-se (rompe a membrana) e lança os dois anterozóides no interior do saco embrionário.

Em seguida, um dos anterozóides (n) penetra na oosfera, fundindo-se ao seu núcleo, constituindo assim o *zigoto* (2n) que originará o *embrião* da semente e os **COTILÉDONES**.

O outro anterozóide (n) une-se ao mesocisto (2n), originando um zigoto acessório, geralmente triplóide (3n), e que poderá formar na semente um tecido rico em substâncias nutritivas – o endosperma ou albume secundário (Figura 10.13).

Portanto, ocorrem duas fecundações, o que denominamos dupla fecundação. Então, paralelamente à formação do embrião com cotilédones, todo o óvulo se desenvolve formando a semente, que fica no interior do fruto.

COTILÉDONE

A primeira folha que surge quando a semente germina (folha seminal ou embrionária); sua função é nutrir a planta jovem nas primeiras fases de seu crescimento.

As Angiospermas dividem-se em dois grupos segundo o número de cotilédones: Monocotiledôneas e Dicotiledôneas. Nas Gimnospermas o número é variável, podendo chegar a 12 nas Coníferas.

É importante que você não esqueça que a dupla fecundação não ocorre nas Gimnospermas, pois, como você já viu, nesse grupo só existe um anterozóide funcional responsável pela formação do zigoto. Aqui, o endosperma é formado antes da fecundação, no saco embrionário.

Não deixe de olhar e rever as outras diferenças que existem no processo reprodutivo entre Angiospermas e Gimnospermas no **Quadro 10.2**.

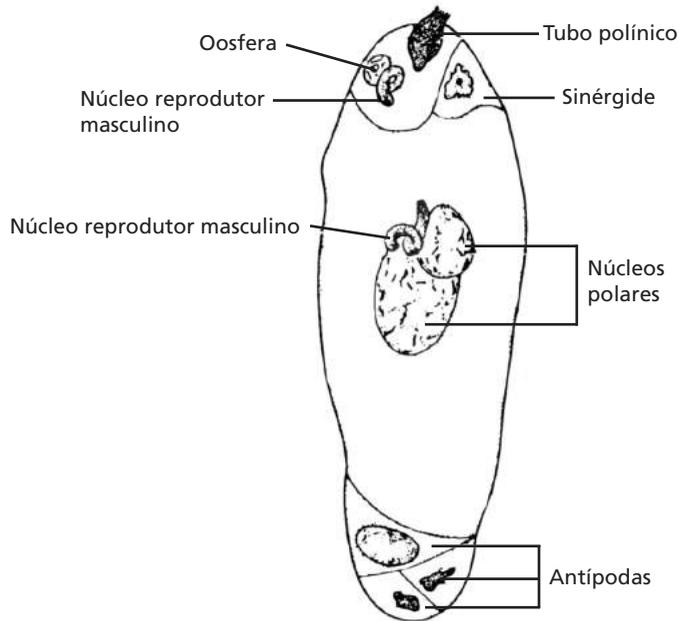
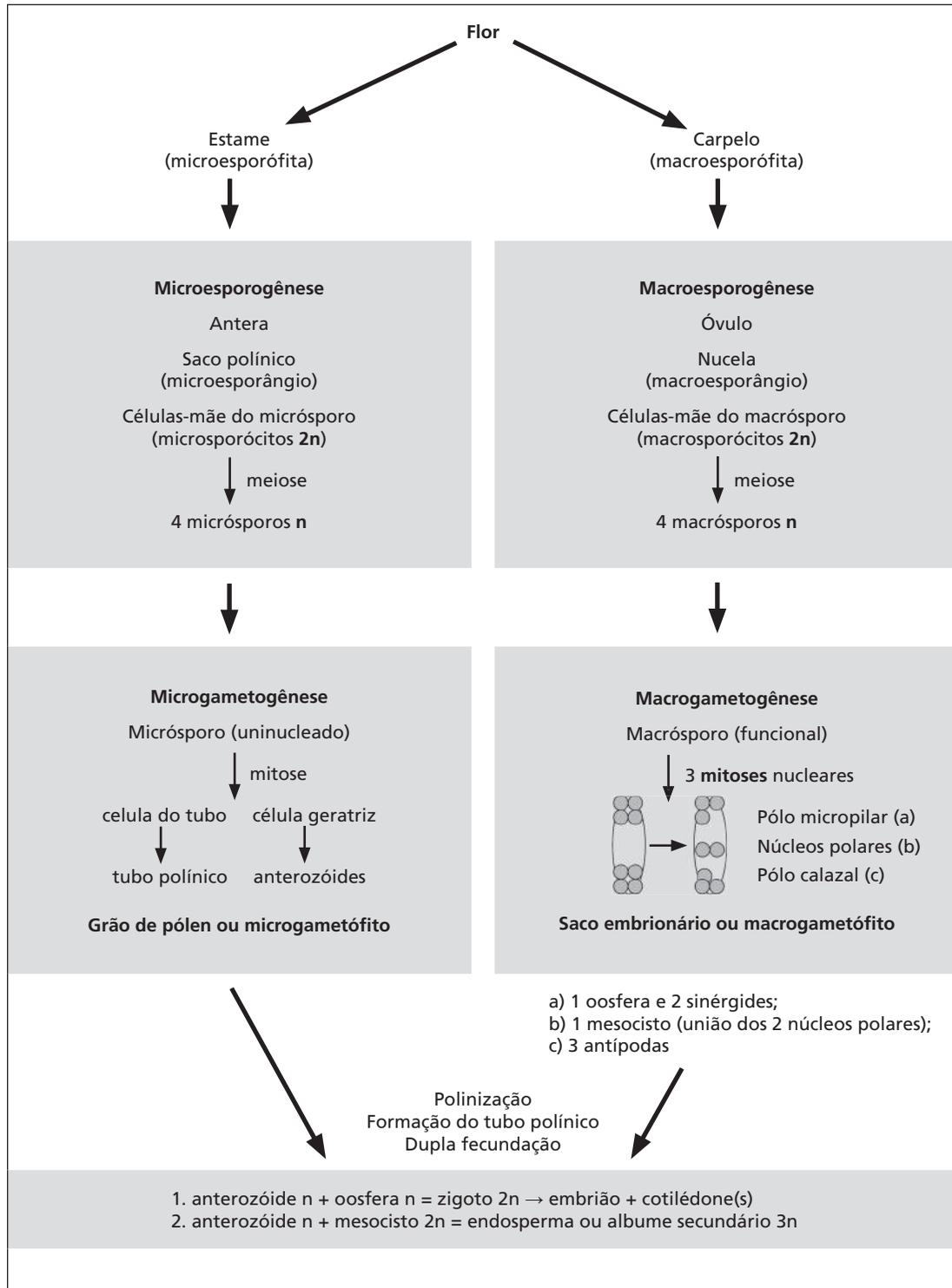


Figura 10.13: Saco embrionário: fecundação.

O **Quadro 10.1**, a seguir, simplifica as principais etapas do processo de reprodução das Angiospermas:

Quadro 10.1: Ciclo reprodutivo das Angiospermas



Você verá a seguir, que existem diferenças importantes no processo reprodutivo das Gimnospermas e das Angiospermas. Será que você é capaz de identificar quais já foram comentadas no decorrer desta aula?

Quadro 10.2: Diferenças reprodutivas entre Angiospermas e Gimnospermas

Angiospermas	Gimnospermas
Diversos tipos de polinização (pólen de morfologia variada)	Polinização anemófila (grão de pólen com vesícula de ar)
Pequena quantidade de pólen	Grande quantidade de pólen
Polinização através do estigma	Polinização diretamente na micrópila do óvulo
Anterozóides funcionais	Somente um anterozóide funcional
Anterozóides formados pela célula geratriz (reprodutiva)	Anterozóide formado pela célula vegetativa
Microgametófito com amadurecimento rápido	Microgametófito em repouso um ano até término do desenvolvimento no óvulo
Óvulos com dois tegumentos: primina e secundina	Óvulos com um tegumento
Presença de ovário, estilete e estigma	Óvulos nus
Sementes protegidas pelo fruto	Sementes nuas
Albume formado na fecundação (tripla fusão – 3n) Dupla fecundação	Albume formado antes da fecundação (no saco embrionário - 2n) Fecundação simples
Um ou dois cotilédones	Cotilédones em número variável (um em <i>Zamia</i> a 12 em <i>Coniferae</i>)

Se você analisou com cuidado o **Quadro 10.2**, verificou que algumas características já tinham sido comentadas ao longo desta aula, como a presença, nas Gimnospermas, de:

- polinização anemófila, que está relacionada a grande produção de pólen;
- polinização diretamente na micrópila, devido à ausência, nesse grupo de estigma e estilete;
- somente um anterozóide funcional, formado pela célula vegetativa;
- óvulos nus, sem a proteção de um ovário (ausência de frutos);

- óvulos com somente um tegumento;
- fecundação simples.

E assim, conhecendo a diversidade reprodutiva dos Fanerógamos, você já é capaz de descrever todas as modalidades de ciclos reprodutivos do Reino Plantae.

ATIVIDADE 3



Para fixar melhor a terceira etapa do processo reprodutivo (esporogênese, gametogênese e fecundação) das Angiospermas, preencha as lacunas das frases abaixo:

- A microesporogênese é a formação dos _____ no interior dos _____ (sacos polínicos). Já a microgametogênese é o processo de transformação do _____ em grão de pólen.
- Na fase de diferenciação da célula-mãe dos micrósporos há formação de três tipos celulares: células estéreis, células _____ e células férteis. Sublinhe qual das três torna-se a célula-mãe do micrósporo (microsporócito).
- O microsporócito sofre _____, originando quatro células haplóides (n) – os micrósporos.
- A fase de formação dos gametas inicia-se quando o núcleo do micrósporo se divide por _____ (microgametogênese), formando duas células no interior do esporo: a célula _____ (núcleo vegetativo) e a célula _____ (núcleo reprodutivo).
- A diferenciação da célula-mãe dos macrósporos é o resultado do desenvolvimento de uma das células da _____, que corresponde ao maciço celular que envolve o óvulo.
- A célula-mãe dos macrósporos sofre _____, originando quatro células haplóides (macroesporogênese). Três desses macrósporos formados degeneram rapidamente, desaparecendo. O macrósporo funcional aumenta de volume à custa da nucela, enquanto o seu núcleo se divide (macrogametogênese). O macrósporo remanescente dará origem ao _____.
- Antes da fecundação, o saco embrionário oriundo do macrósporo funcional, sofre _____ mitoses consecutivas, originando um total de oito núcleos haplóides. Após a migração desses núcleos para os pólos da célula, um núcleo de cada grupo migra para o centro da célula, recebendo esses dois núcleos, agora centrais, o nome de _____.
- Ao redor desses oito núcleos ocorrem condensações citoplasmáticas, originando-se: três células no pólo voltado para a micrópila (uma _____ e duas _____), três células no pólo direcionado para a calaza (três _____), dois núcleos remanescentes que se deslocam para o centro do saco embrionário e se unem (_____).

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

Você deve ter percebido que os itens dessa atividade seguem, cronologicamente, as diferentes fases da esporogênese e da gametogênese, tanto micro (masculino) quanto macro (feminino). Tome muito cuidado para não confundir as fases!

Tente identificar em cada item da questão a fase correspondente (1a, 2a ou 3a) dentro de cada processo reprodutivo (microesporogênese e microgametogênese, macroesporogênese e macrogametogênese). Será que todas as fases foram contempladas nessa questão?

Para facilitar, colocamos abaixo as três fases:

Microesporogênese (formação do micrósporo) e microgametogênese (transformação do micrósporo em grão de pólen):

1ª fase: diferenciação das células-mãe dos micrósporos

2ª fase: formação dos micrósporos (microesporogênese)

3ª fase: constituição do grão de pólen

Macroesporogênese (formação do macrósporo) e macrogametogênese (transformação do macrósporo em saco embrionário):

1ª fase: diferenciação da célula-mãe dos macrósporos

2ª fase: formação dos macrósporos

3ª fase: constituição do saco embrionário

RESPOSTAS

a. A microesporogênese é a formação dos micrósporos no interior dos microesporângios (sacos polínicos). Já a microgametogênese é o processo de transformação do micrósporo em grão de pólen.

b. Na etapa da diferenciação da célula-mãe dos micrósporos, há formação de três tipos celulares: células estéreis, células nutritivas e células férteis. Sublinhe qual das três torna-se a célula-mãe do micrósporo (microsporócito).

c. O microsporócito sofre meiose, originando quatro células haplóides (n) – os micrósporos.

d. A fase de formação dos gametas inicia-se quando o núcleo do micrósporo se divide por mitose (microgametogênese), formando duas células no interior do esporo: a célula do tubo (núcleo vegetativo) e a célula geratriz (núcleo reprodutivo).

e. A diferenciação da célula-mãe dos macrósporos é o resultado do desenvolvimento de uma das células da nucela, que corresponde ao maço celular que envolve o óvulo.

f. A célula-mãe dos macrósporos sofre meiose, originando quatro células-filhas haplóides (macroesporogênese). Três desses macrósporos formados degeneram rapidamente, desaparecendo. O macrósporo funcional aumenta de volume à custa da nucela, enquanto o seu núcleo se divide (macrogametogênese). O macrósporo remanescente dará origem ao saco embrionário.

g. Antes da fecundação, o saco embrionário oriundo do macrósporo funcional sofre três mitoses consecutivas, originando um total de oito núcleos haplóides. Após a migração desses núcleos para os pólos da célula, um núcleo de cada grupo migra para o centro da célula, recebendo esses dois núcleos, agora centrais, o nome de mesocisto.

h. Ao redor desses oito núcleos ocorrem condensações citoplasmáticas, originando-se: três células no pólo voltado para a micrópila (uma oosfera e duas sinérgides), três células no pólo direcionado para a calaza (três antípodas), dois núcleos remanescentes que se deslocam para o centro do saco embrionário e se unem (mesocisto).

ATIVIDADE 4



Responda:

Como se formam e que função exercem as estruturas listadas a seguir:

a. embrião:

b. endosperma:

c. tubo polínico:

d. cotilédone:

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

A compreensão de como as estruturas se formam após a fecundação e que função exercem é fundamental nesta aula.

Você já sabe que tanto o embrião quanto o(s) cotilédone(s) se originam do zigoto ($2n$), formado pela união do anterozóide (n) com a oosfera (n).

Sabe também que ocorre dupla fecundação nas Angiospermas, ou seja, um outro anterozóide (n) se unirá com o mesocisto ($2n$), originando um zigoto acessório ($3n$), que formará na semente um tecido rico em substâncias nutritivas – o endosperma ou albume secundário.

RESPOSTAS

- Embrião: união de um anterozóide com o núcleo da oosfera, constituindo, assim, o zigoto ($2n$) que originará o embrião da semente e os cotilédones.
- Endosperma: união do outro anterozóide (n) com o mesocisto ($2n$), originando um zigoto acessório, geralmente triploide ($3n$), e que formará na semente um tecido rico em substâncias nutritivas – o endosperma ou albume secundário.
- Tube polínico: germinação
- Cotilédone: veja o item a.

ATIVIDADE 5



Qual o complemento cromossômico das seguintes estruturas:

- endosperma (albume secundário): _____
- zigoto: _____
- sinérgides: _____
- célula-mãe do saco embrionário: _____

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

O número cromossômico é constante e característico para cada espécie. Nessa questão, destaca-se o fato de o endosperma das Angiospermas ser triploide ($3n$), conforme já comentado na atividade anterior.

RESPOSTAS

- Endosperma (albume secundário): $3n$
- Zigoto: $2n$
- Sinérgides: n
- Célula-mãe do saco embrionário: $2n$

ATIVIDADE 6



Cite cinco grandes diferenças entre a reprodução das Gimnospermas e Angiospermas. Escolha aquelas que você considera as mais importantes.

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

Nessa questão, você não poderá deixar de citar nas Angiospermas a presença do fruto e da dupla fecundação. A presença de diversos tipos de agentes polinizadores (vento, animais e água) também é um fator evolutivo que não pode deixar de ser citado.

RESPOSTAS

Presença nas Angiospermas de fruto, polinização realizada através do estigma, diversos tipos de agentes polinizadores, pequena produção de pólen, dupla fecundação.

ATIVIDADE 7



Faça a correspondência das figuras abaixo com a fase do processo reprodutivo em que se encontram. Coloque debaixo da imagem a letra correspondente.

- a. Botão floral antes de abrir;
- b. Botão floral abrindo;
- c. Botão floral aberto;
- d. Flor totalmente aberta;
- e. Flor sendo polinizada;
- f. Flor após a fecundação;
- g. Flor em fruto.



Figura 10.14
Letra: _____



Figura 10.15
Letra: _____



Figura 10.16
Letra: _____

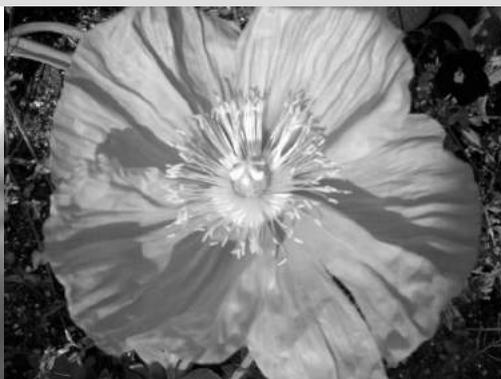


Figura 10.17
Letra: _____



Figura 10.18

Letra: _____



Figura 10.20

Letra: _____



Figura 10.19

Letra: _____

COMENTÁRIO DA ATIVIDADE

Na verdade, as figuras estão na ordem correta dos fatos reprodutivos. Aproveite e conheça como ocorre a reprodução numa flor de Angiosperma.

RESPOSTAS

Figura 10.14

Letra: a

Figura 10.15

Letra: b

Figura 10.16

Letra: c

Figura 10.17

Letra: d

Figura 10.18

Letra: e

Figura 10.19

Letra: f

Figura 10.20

Letra: g

RESUMO

Existem diferenças importantes entre as flores das Gimnospermas e as das Angiospermas, que demonstram a evolução das estruturas reprodutivas neste segundo grupo. Destacam-se: a presença de ovário e fruto, protegendo o óvulo e as sementes, respectivamente; flores protegidas pelo cálice e pela corola; presença de estilete e estigma.

As três etapas da reprodução das plantas vasculares com sementes são a polinização, a formação do tubo polínico e a fecundação.

A polinização pode ser *direta* (autopolinização ou autogamia) ou *indireta* (polinização cruzada ou alogamia). A autopolinização é desvantajosa geneticamente, porque provoca cruzamentos interespecíficos que diminuem a variabilidade genética. Existem mecanismos que impedem a autofecundação: 1°. *Dicogamia* (protandria e protoginia), 2°. *hercogamia*, 3°. *heterostilia* e 4°. auto-esterilidade.

A germinação do grão de pólen, no estigma das flores das Angiospermas, resulta na formação do tubo polínico, que leva em sua extremidade os núcleos vegetativos (célula do tubo e célula geratriz) e reprodutivos (dois anterozóides).

A esporogênese é a formação dos esporos masculinos (micrósporos) e femininos (macrósporos). A gametogênese trata da transformação dos micrósporos em grãos de pólen (microgametófito) e dos macrósporos em saco embrionário (macrogametófito).

Nas Angiospermas ocorre a dupla fecundação: (1ª) união de um anterozóide (n) com a oosfera (n), resultando no zigoto (2n), que se desenvolve em embrião e cotilédone(s). (2ª) União de outro anterozóide (n) com o mesocisto (2n), originando um zigoto acessório (3n), que formará na semente um tecido rico em substâncias nutritivas – o endosperma ou albume secundário.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se você acertou todas as atividades, ótimo! Caso tenha tido dificuldades, não se assuste, pois o assunto é complexo mesmo.

Releia os pontos duvidosos das três etapas da reprodução dos Fanerógamos. No estudo do desenvolvimento das fases da esporogênese e gametogênese, acompanhe sua leitura pelo **Quadro 10.1** e faça com atenção a Atividade 3. Da mesma forma, o estudo das semelhanças e diferenças existentes na reprodução das Angiospermas e Gimnospermas ficará muito mais fácil se for acompanhado pelo **Quadro 10.2**. A Atividade 6 ajudará você a fixar o assunto. Se você tiver acesso ao livro de *Biologia vegetal*, de Haven, Evert e Eichhorn (1996), leia o capítulo que trata da reprodução das Angiospermas e das Gimnospermas; é uma boa forma de complementar o estudo desta aula.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você estudará a diversidade da morfologia externa das flores das Angiospermas. Verá que existem muitos tipos de flores e inflorescências e que as classificações são importantes na Taxonomia desse grupo.

Aproveite!

Botânica II

Referências

Aula 1

- HAWKSWORTH, David L.; SUTTON, B.C; AINSWORTH, G.C. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (including the Lichens)*. 7ª ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1983.
- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- LEE, Robert E. *Phycology*. 2ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

Aula 2

- FIDALGO, Oswaldo; BONONI, Vera Lucia Ramos. *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, 1989.
- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- HAWKSWORTH, David L.; SUTTON, B.C; AINSWORTH, G.C. *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi (including the Lichens)*. 7ª ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1983.
- HERRERA, Teófilo; ULLOA, Miguel. *El reino de los hongos – Micología básica y aplicada*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 1990.
- PUTZKE, Jair; PUTZKE, Maria Tereza Lopes. *Os reinos dos fungos*. Santa Cruz do Sul, SC: EDUNISC, 1998. v. 1.
- SCAGEL, Robert W. *et al. El reino vegetal*. 2ª ed. Barcelona: Omega. 1987.
- SILVEIRA, Verlante Duarte. *Micologia*. 5ª ed. Âmbito Cultural Edições, 1995.

Aula 4

- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray. F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- OLIVEIRA, Eurico Cabral. *Introdução à biologia vegetal*. São Paulo: Brasil: EDUSP, 1996.

- YONESHIGUE, Yocie. *Taxonomie et ecologie des algues marines dans la region de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brésil)*. 1985. 466f. Tese (Doutorado) Université D'Aix-Marseille II, Faculté de Science de Luminy. França, 1985.

Aula 5

- BOLD, Harold Charles. *O reino vegetal*. São Paulo: Edgar Blücher, 1988.
- GAYRAL, Paulette. *Les algues*. Paris: Doin Éditeurs, 1975.
- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray. F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- JOLY, Aylton Brandão et al. Additions to the American South Atlantic Marine Algae. I. *Arquivos de biologia marinha da Universidade Federal do Ceará*, Fortaleza, n. 2, p. 177-181, 1968.
- OLIVEIRA, Eurico Cabral. *Introdução à biologia vegetal*. São Paulo: EDUSP, 1996.
- YONESHIGUE, Yocie. *Taxonomie et ecologie des algues marines dans la region de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brésil)*. 1985. 466 f. Tese (Doutorado) Université D'Aix-Marseille II, Faculté de Science de Luminy, França, 1985.

Aula 6

- BOLD, Harold Charles. *O reino vegetal*. São Paulo: Edgar Blücher, 1988.
- GAYRAL, Paulette. *Les algues*. Paris, France: Doin Éditeurs. 1975.
- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- JOLY, Aylton Brandão et al. Additions to the American South Atlantic Marine Algae. I. *Arquivos de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará*, Fortaleza, n. 2, p. 177-181, 1968.
- OLIVEIRA, Eurico Cabral. *Introdução à biologia vegetal*. São Paulo: EDUSP, 1996.
- YONESHIGUE, Yocie. *Taxonomie et ecologie des algues marines dans la region de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brésil)*. 1985. 466f. Tese (Doutorado) Université D'Aix-Marseille II, Faculté de Science de Luminy, França, 1985.

Aula 8

- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray. F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

Aula 10

- AGAREZ, Fernando V.; RIZZINI, Cecília M.; PEREIRA, Célio. *Angiospermae: taxonomia, morfologia, reprodução, chave para determinação das famílias*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1994.
- HAVEN, Peter H.; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. *Biologia vegetal*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996
- RIZZINI, Cecília Maria.; AGAREZ, F. V.; MEDEIROS, Rodrigo Jesus. *Glossário dos vegetais com flores*. Rio de Janeiro: Aquarius NADC/Fundação Bio-Rio. 2003. 145 pp.

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

ISBN 85-7648-066-2



9 788576 148066 2



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