

BIOLOGIA

Botânica

2012/2013

Departamento de Biologia Vegetal

Francisco Carrapiço

(fcarrapico@fc.ul.pt)

<http://azolla.fc.ul.pt/aulas/BiologiaBotanica.htm>

Os “Dez Mandamentos” da Evolução dos Organismos Vegetais:

1. Evolução das primeiras formas de vida
1. Aparecimento de células com organitos (células eucarióticas)
2. Origem e desenvolvimento das células fotossintéticas
1. Aparecimento da multicelularidade
1. Expansão no meio aquático
2. Adaptação à vida terrestre
3. Evolução dos tecidos condutores
4. Desenvolvimento da heterosporia
5. Evolução das plantas com semente
6. Aparecimento das plantas com flor

Classificação (Raven *et al.*, 2005)

Domínio Bacteria

Bactérias
Cianobactérias

Domínio Archaea

Arqueobactérias

Domínio Eukarya

Reino Fungi

Phylum Chytridiomycota	Fungos (chitrides)
Phylum Zygomycota	(zigomicetes)
Phylum Ascomycota	(ascomicetes)
Phylum Basidiomycota	(basidiomicetes)

Reino Protista

Protistas Heterotróficos

Phylum Myxomicota	
Phylum Dictyosteliomycota	
Phylum Oomycota	

Protistas Fotossintéticos

Phylum Euglenophyta	Algas (euglenófitos)
Phylum Cryptophyta	(criptomonadas)
Phylum Rhodophyta	(algas vermelhas)
Phylum Dinophyta	(dinoflagelados)
Phylum Haptophyta	(haptófitos)
Phylum Bacillariophyta	(diatomáceas)
Phylum Chrysophyta	(crisófitas)
Phylum Phaeophyta	(algas castanhas)
Phylum Chlorophyta	(algas verdes)

Reino Plantae

Briófitos

Phylum Hepatophyta	(hepáticas)
Phylum Anthoceroophyta	(antocerófitas)
Phylum Bryophyta	(musgos)

Plantas Vasculares

Sem semente

Phylum Psilotophyta	(psilotófitos)
Phylum Lycophyta	(licófitos)
Phylum Sphenophyta	(cavalinhas)
Phylum Pteridophyta	(pteridófitos)

Com semente

Phylum Cycadophyta	(cicadófitas)
Phylum Ginkgophyta	(ginkgo)
Phylum Coniferophyta	(coníferas)
Phylum Gnetophyta	(gnetófitos)
Phylum Anthophyta	(angiospérmicas)

- ❖ Como surgiram as plantas terrestres?
- ❖ Colonização e sucesso das plantas terrestres
- ❖ O que caracteriza as plantas vasculares?
- ❖ Quais os principais grupos de plantas sem semente?

Recordemos as algas...

As algas são, sobretudo, organismos adaptados ao habitat aquático, apresentando características peculiares que as distinguem das plantas terrestres. Salientemos, genericamente, algumas dessas características:

- 1.** Ausência de tecidos condutores.
- 2.** Parede celular sem cutícula.
- 3.** Ausência de estomas.
- 4.** Presença de pirenóides.
- 5.** Fotossíntese realizável na grande maioria ou na totalidade das células.
- 6.** Estruturas produtoras de gâmetas ou esporos de natureza unicelular.
- 7.** Gâmetas geralmente flagelados.
- 8.** Fecundação predominantemente externa e em presença de água.

As plantas terrestres são monofiléticas
(descendem de 1 único antepassado comum)

Embriófitas – resultam do desenvolvimento de um embrião protegido por tecidos da planta-mãe

Conservam caracteres comuns às algas verdes:

- Clorofila *a* e *b*.
- Amido como produto de reserva.
- Celulose nas paredes celulares.

Reino Plantae

(Briófitos- **Plantas não vasculares**)

Phylum Hepatophyta (hepáticas)



Phylum Anthoceroophyta (antocerófitas)



Phylum Bryophyta (musgos)



(Raven *et al.*, 2005)

A **passagem do meio aquático para o meio terrestre** foi uma importante etapa no processo evolutivo dos organismos. Este processo terá provavelmente ocorrido no final do Pré-Câmbrico. É princípio aceite que os organismos vegetais terão sido os primeiros a colonizar o meio terrestre, possibilitando o estabelecimento das condições para o aparecimento e desenvolvimento da vida animal

Os briófitos (*sensu lato*, constituídos pelos exemplares dos filos **Hepatophyta**, **Anthoceroophyta** e **Bryophyta**), apresentam no seu ciclo de vida uma diferenciação em estruturas bem distintas, as quais constituem as **gerações gametófito** e **esporófito**. Embora tal diferenciação ou alternância de gerações existisse nas algas, o que existe de notável nos briófitos é o facto de, pela primeira vez, as **duas gerações aparecerem coexistentes** em determinada fase do ciclo de vida destes, sendo o desenvolvimento do zigoto feito sobretudo a partir de reservas fornecidas pelo gametófito. Salientemos que a coexistência parcial das duas gerações é uma característica essencial do processo evolutivo dos vegetais terrestres superiores.



SUMMARY TABLE Comparative Summary of Characteristics of Bryophyte Phyla

PHYLUM	NUMBER OF SPECIES	GENERAL CHARACTERISTICS OF GAMETOPHYTE	GENERAL CHARACTERISTICS OF SPOROPHYTE	HABITATS
Hepatophyta (liverworts)	6000	Free-living generation; both thalloid and leafy genera; pores in some thalloid types; unicellular rhizoids; most cells have numerous chloroplasts; many produce gemmae; protonema stage in some; growth from apical meristem	Small and nutritionally dependent on gametophyte; unbranched; consists of little more than sporangium in some genera, and of foot, short seta, and sporangium in others; phenolic materials in epidermal cell walls; lacks stomata	Mostly moist temperate and tropical; a few aquatic; often as epiphytes
Anthocerophyta (hornworts)	100	Free-living generation; thalloid; unicellular rhizoids; most have single chloroplast per cell	Small and nutritionally dependent on gametophyte; unbranched; consists of foot and long, cylindrical sporangium, with a meristem between foot and sporangium; cuticle; stomata; no specialized conducting tissues	Moist temperate and tropical
Bryophyta (mosses)	9500	Free-living generation; leafy; multicellular rhizoids; most cells have numerous chloroplasts; many produce gemmae; protonema stage that grows by marginal meristem followed by further growth from an apical meristem in <i>Sphagnum</i> ; growth by apical meristem only in Bryidae; some species have leptoids and nonlignified hydroids	Small and nutritionally dependent on gametophyte; unbranched; consists of foot, long seta, and sporangium in Bryidae; phenolic materials in epidermal cell walls; stomata; some species have leptoids and nonlignified hydroids	Mostly moist temperate and tropical; some Arctic and Antarctic; many in dry habitats; a few aquatic

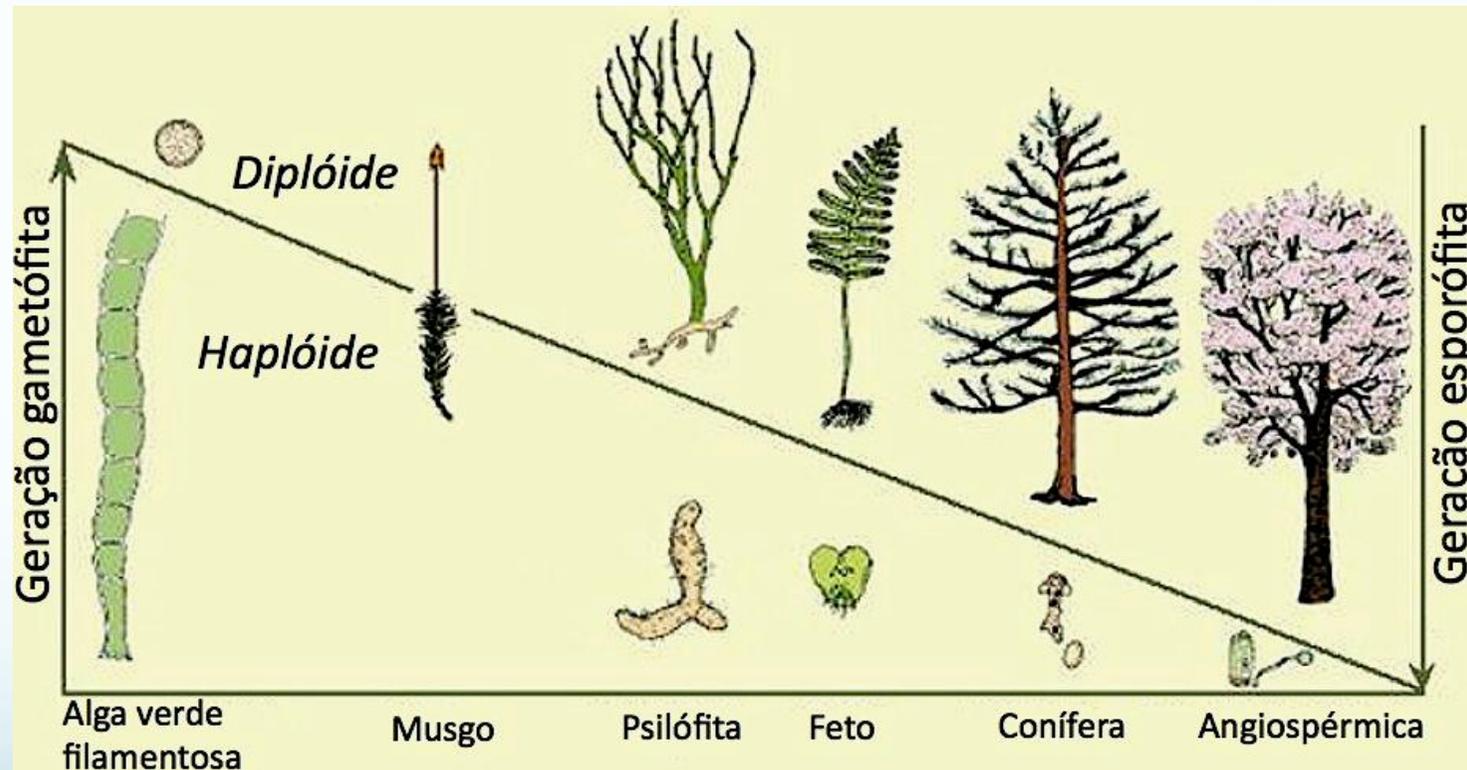
Summary Table 16

Biology of Plants, Seventh Edition

© 2005 W. H. Freeman and Company

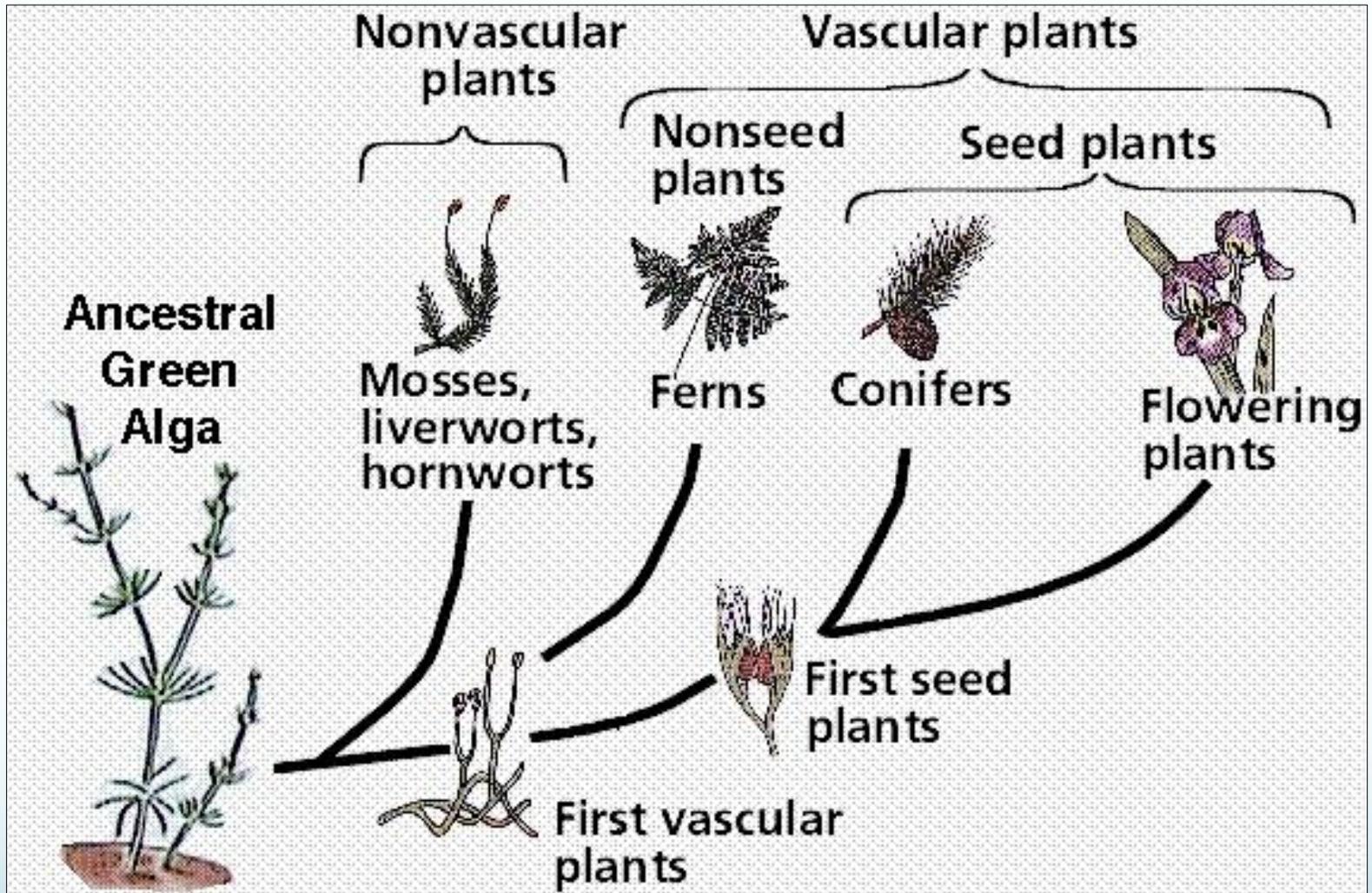


Relação gametófito – esporófito



Ao caminhar na complexidade dos grupos taxonômicos vegetais, verificamos a **inversão da relação gametófito / esporófito**. Assim, se nos vegetais mais primitivos a geração mais importante é a gametófito, nas plantas superiores a dominância pertence à geração esporófito, verificando-se que a independência do gametófito face ao esporófito tende a reduzir-se, conduzindo mesmo à sua dependência e integração na geração esporófito.

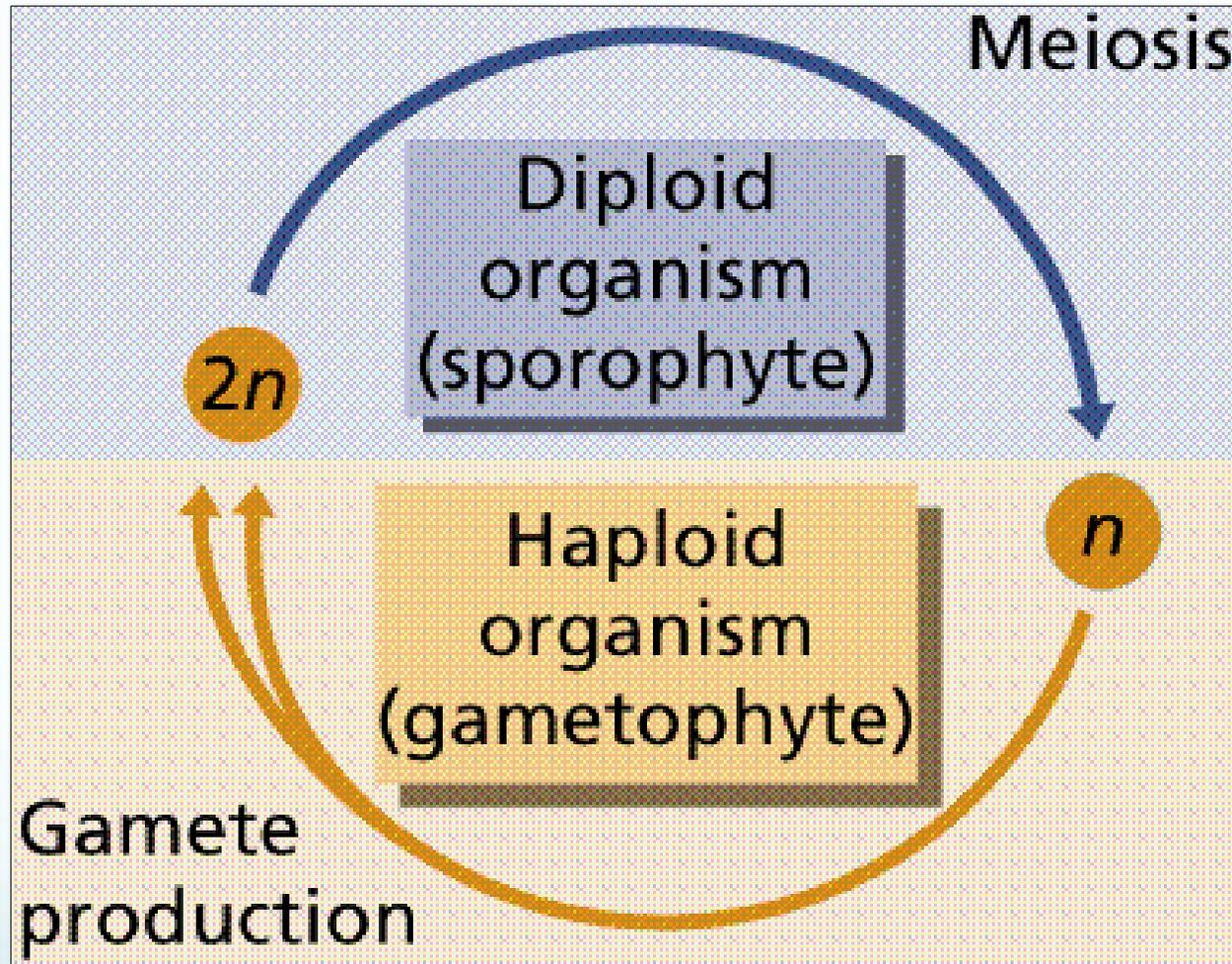




(FARABEE, M.J. (2007). *On-Line Biology Book*. Estrella Mountain Community College, USA)

Principais características das plantas primitivas que colonizaram o habitat terrestre:

1. Parede celular com **cutícula**;
2. Existência de poros na superfície do talo, os quais estariam em ligação com **câmaras aeríferas**;
3. Alguns destes poros podiam ser considerados como **estomas primitivos**;
4. Presença de **células especializadas** para a **condução** de solutos;
5. **Estruturas reprodutoras sexuadas multicelulares** e protegendo os gâmetas da dessecação.



(FARABEE, M.J. (2007). On-Line Biology Book. Estrella Mountain Community College, USA)

Marchantia

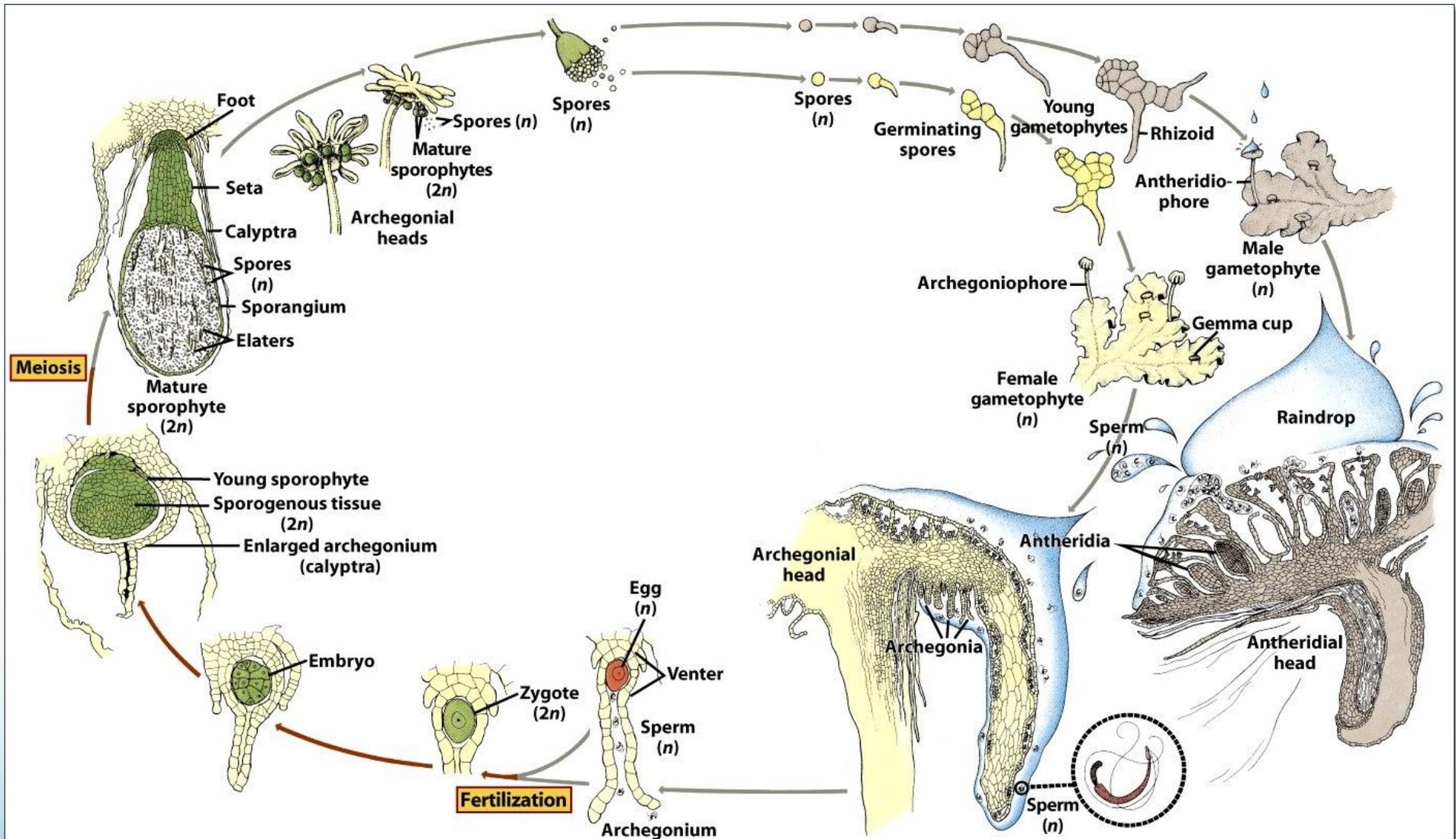
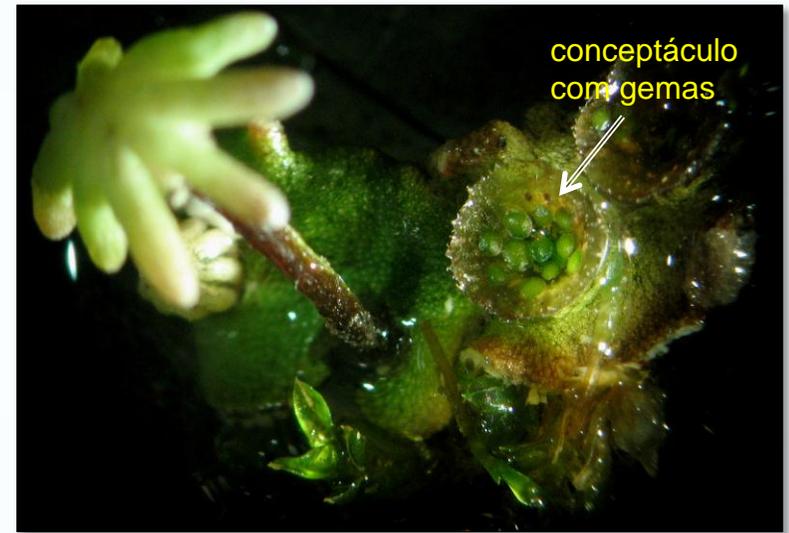
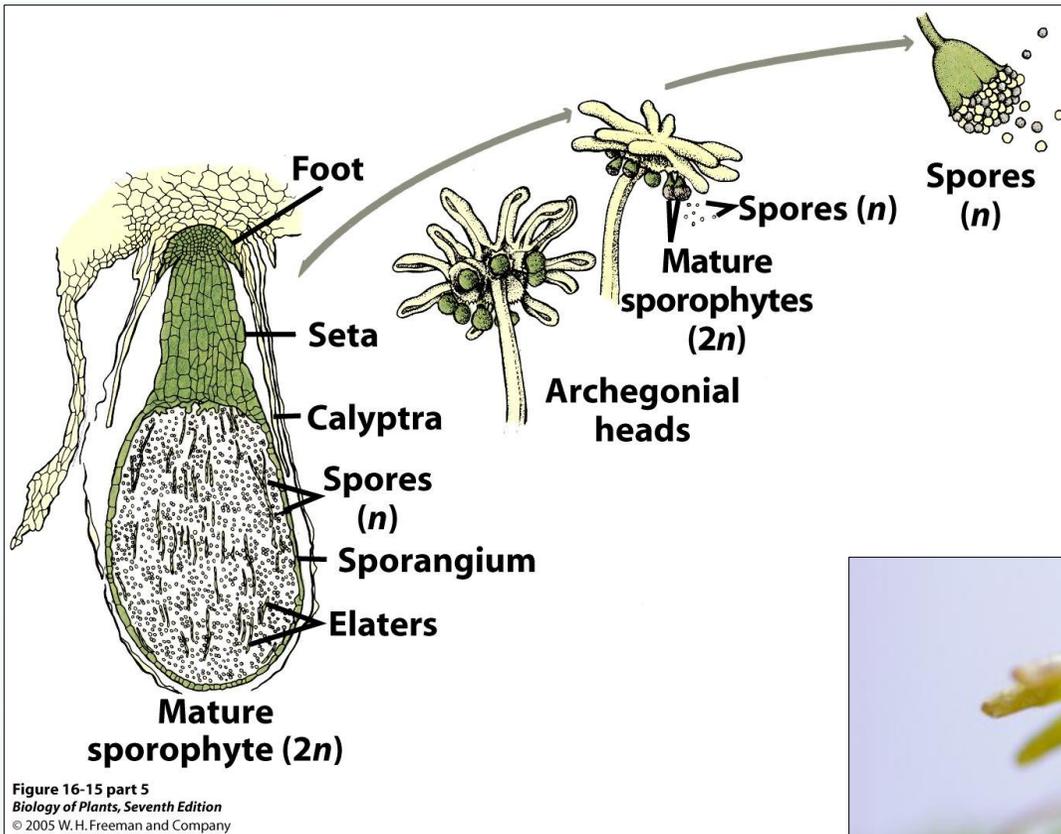
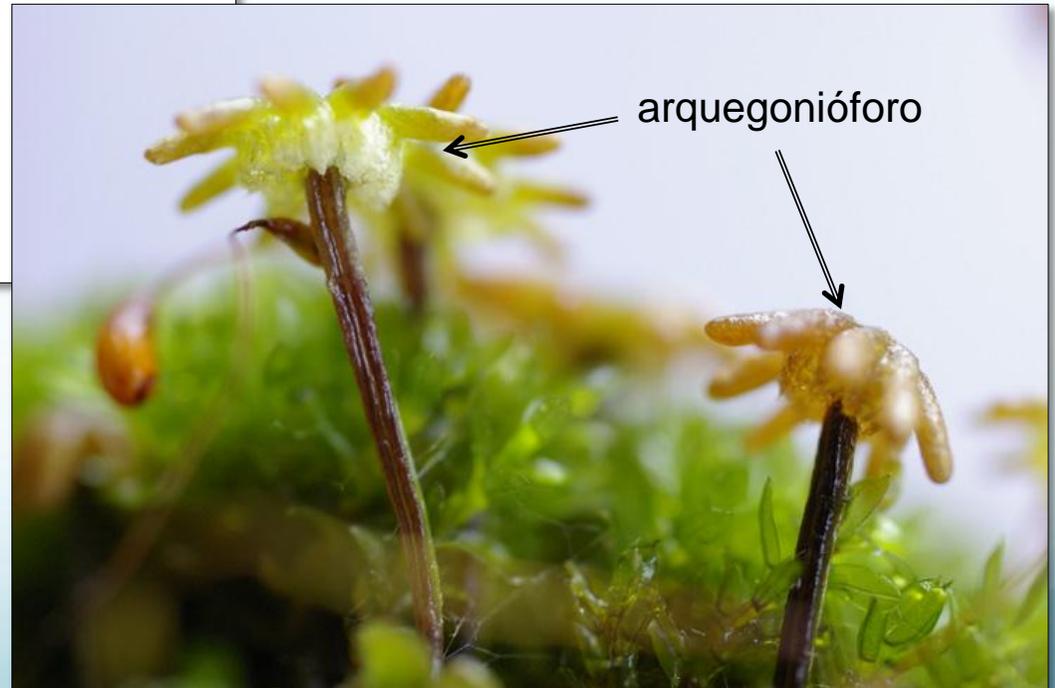


Figure 16-15
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company



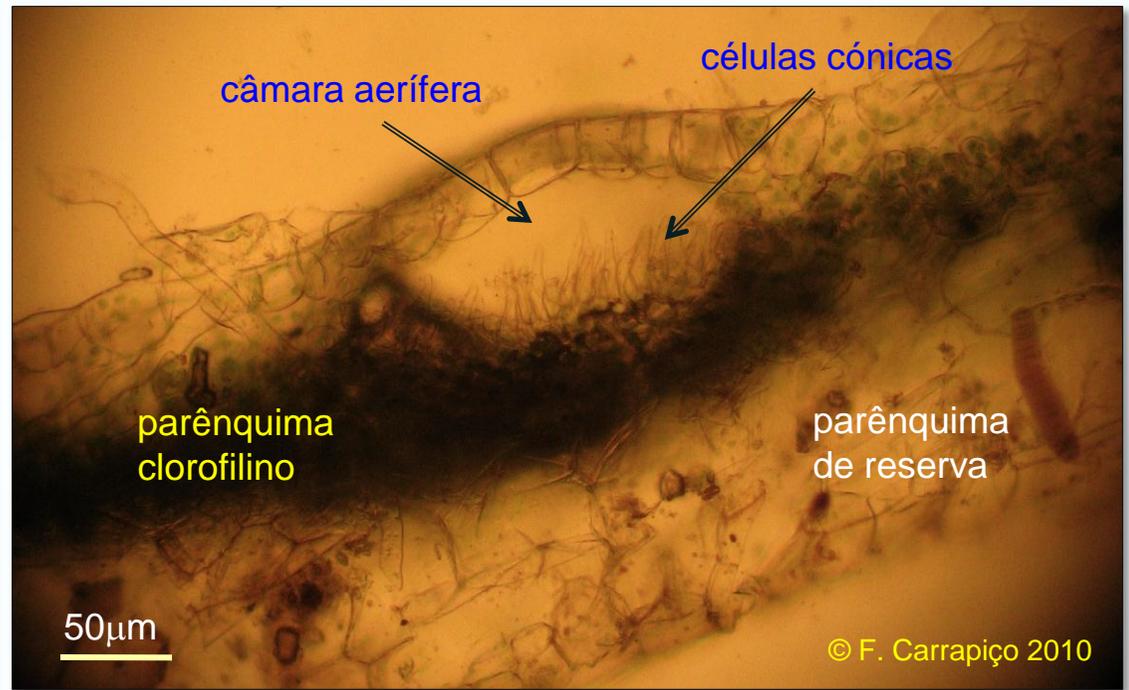
Marchantia

Phylum Hepatophyta





Talo de *Conocephalum*



Corte transversal do talo de *Conocephalum*, sendo visível uma câmara aerífera

Phylum Hepatophyta

Conocephalum



Phylum Anthoceroophyta



Células do gametófito

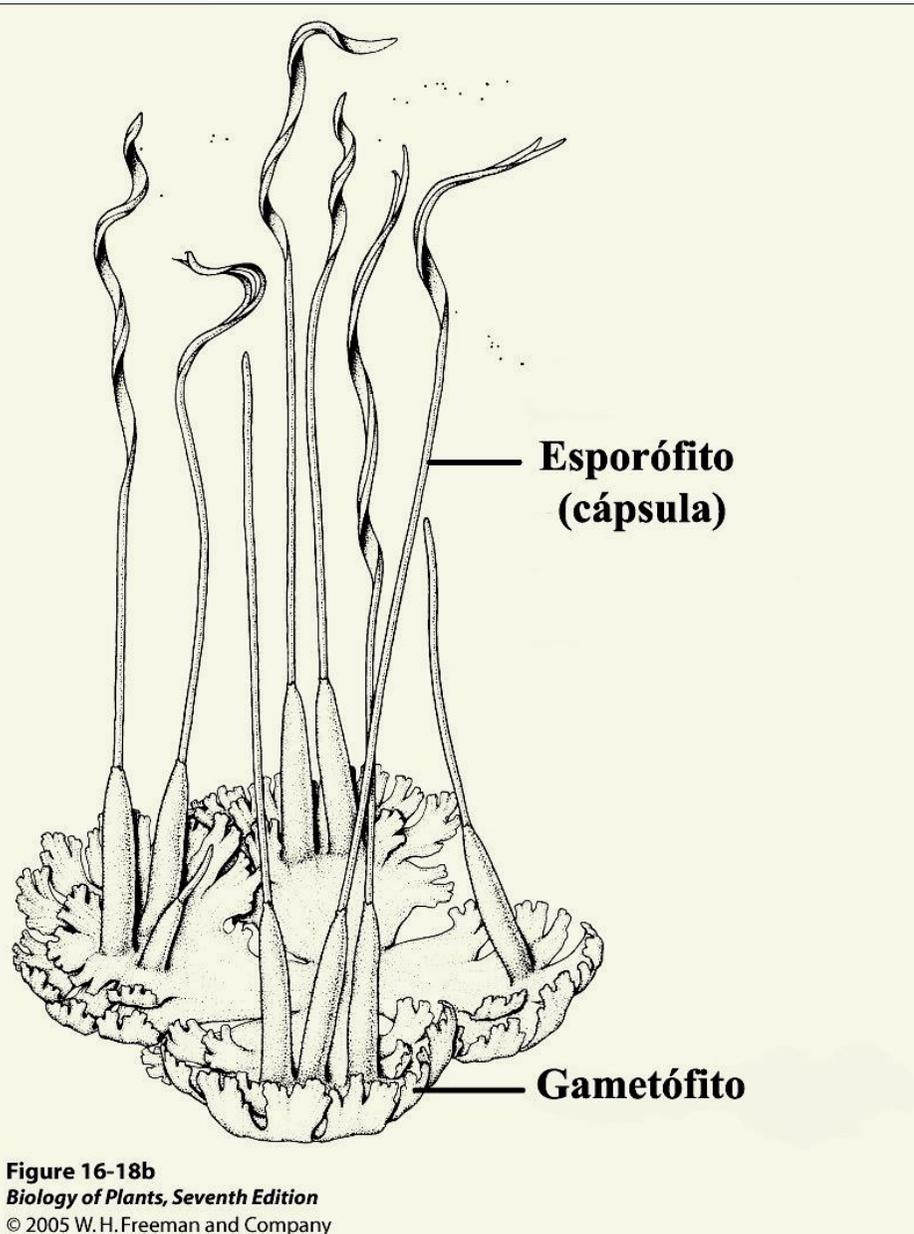
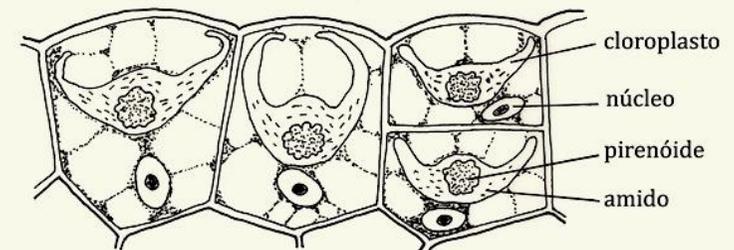
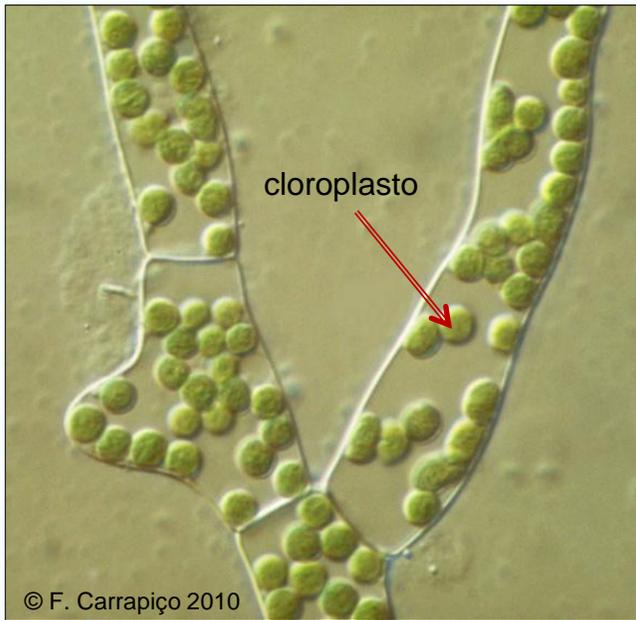


Figure 16-18b
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

Anthoceros

Phylum Bryophyta



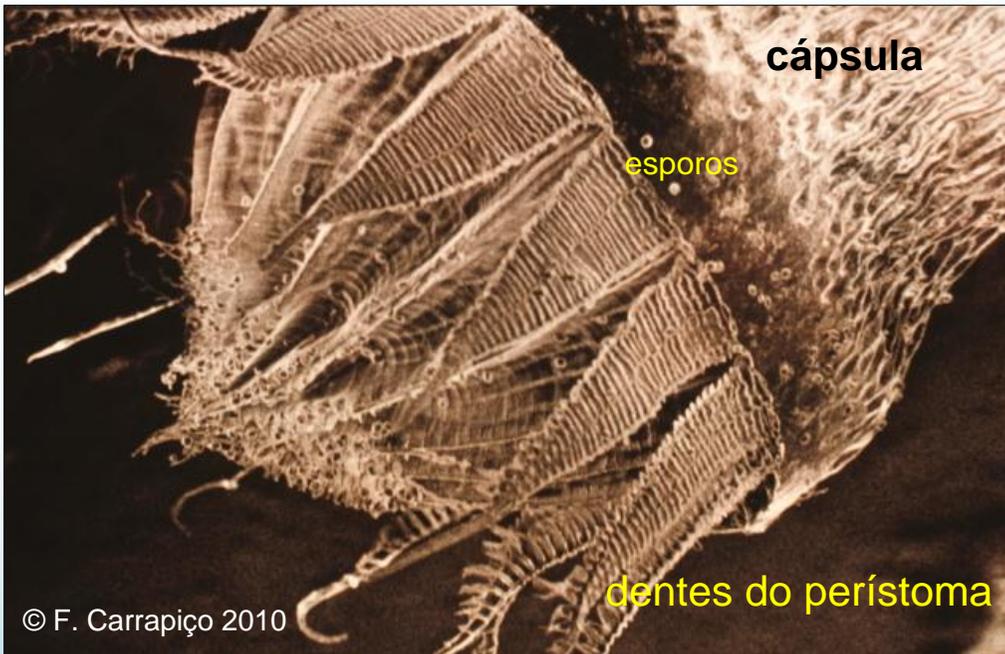
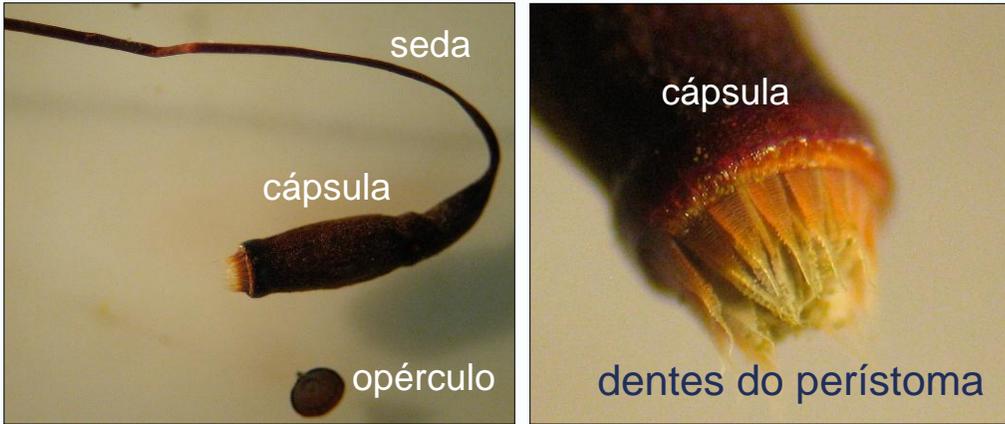
Gametófito (n) –
células do
protonema dum
musgo com
cloroplastos

Bryum capillare

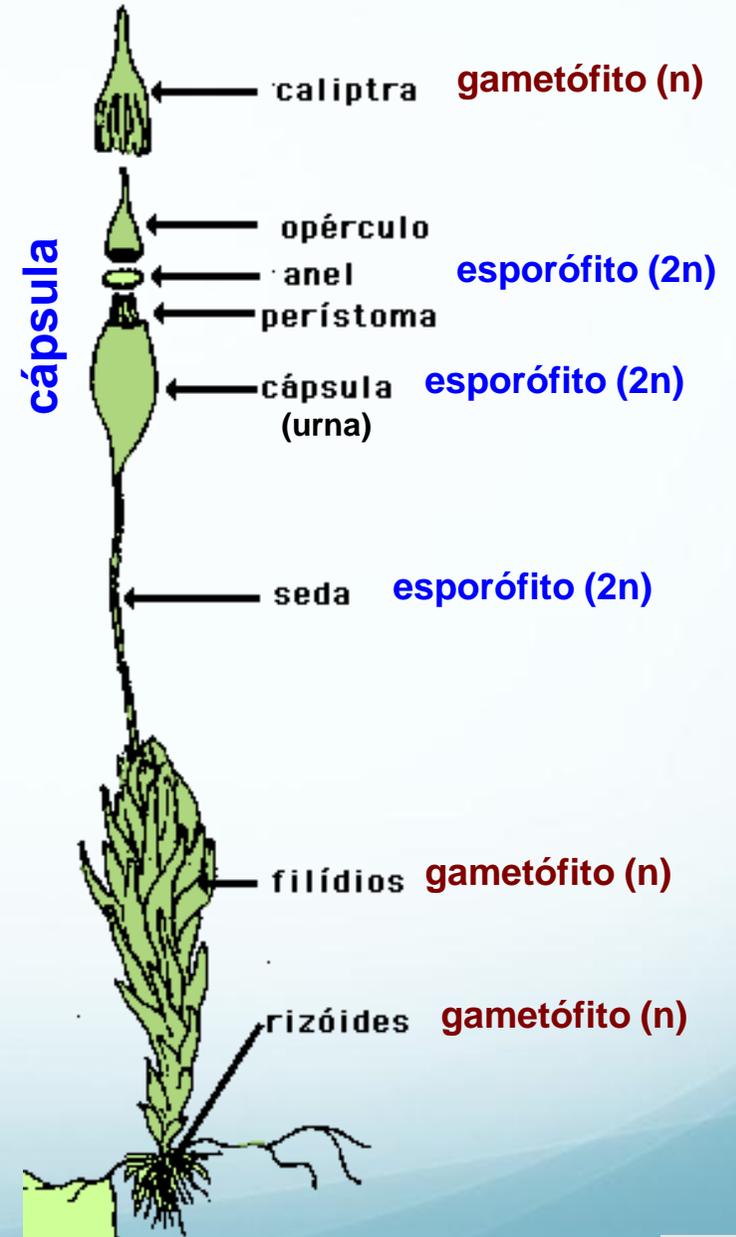


Gametófito (n) – filídios, caulóide e rizóides

Esporófito (2n) – pé, seda
e cápsula



Cápsula de musgo (*Bryum*) da qual foi retirada o opérculo, observando-se os dentes do perístoma



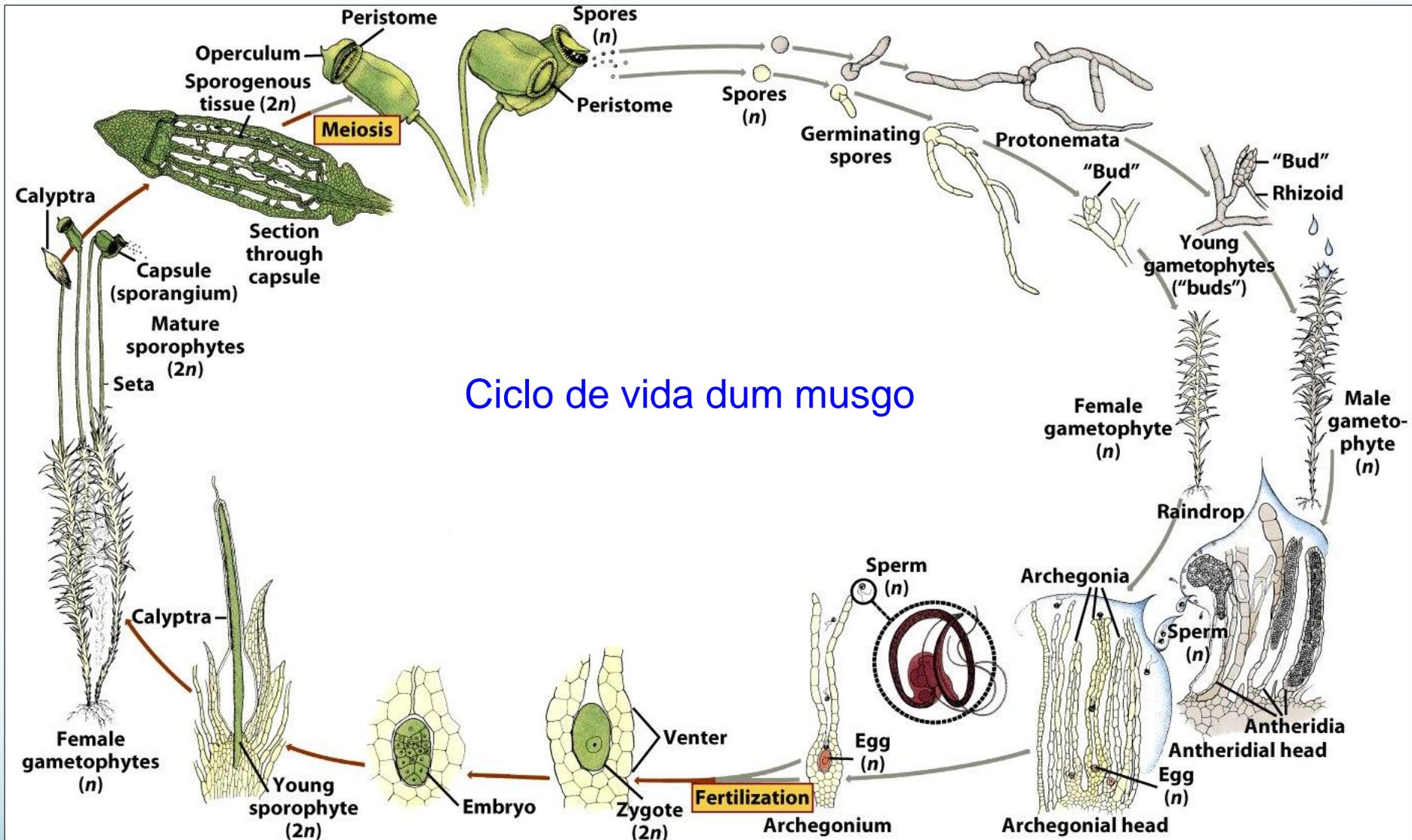


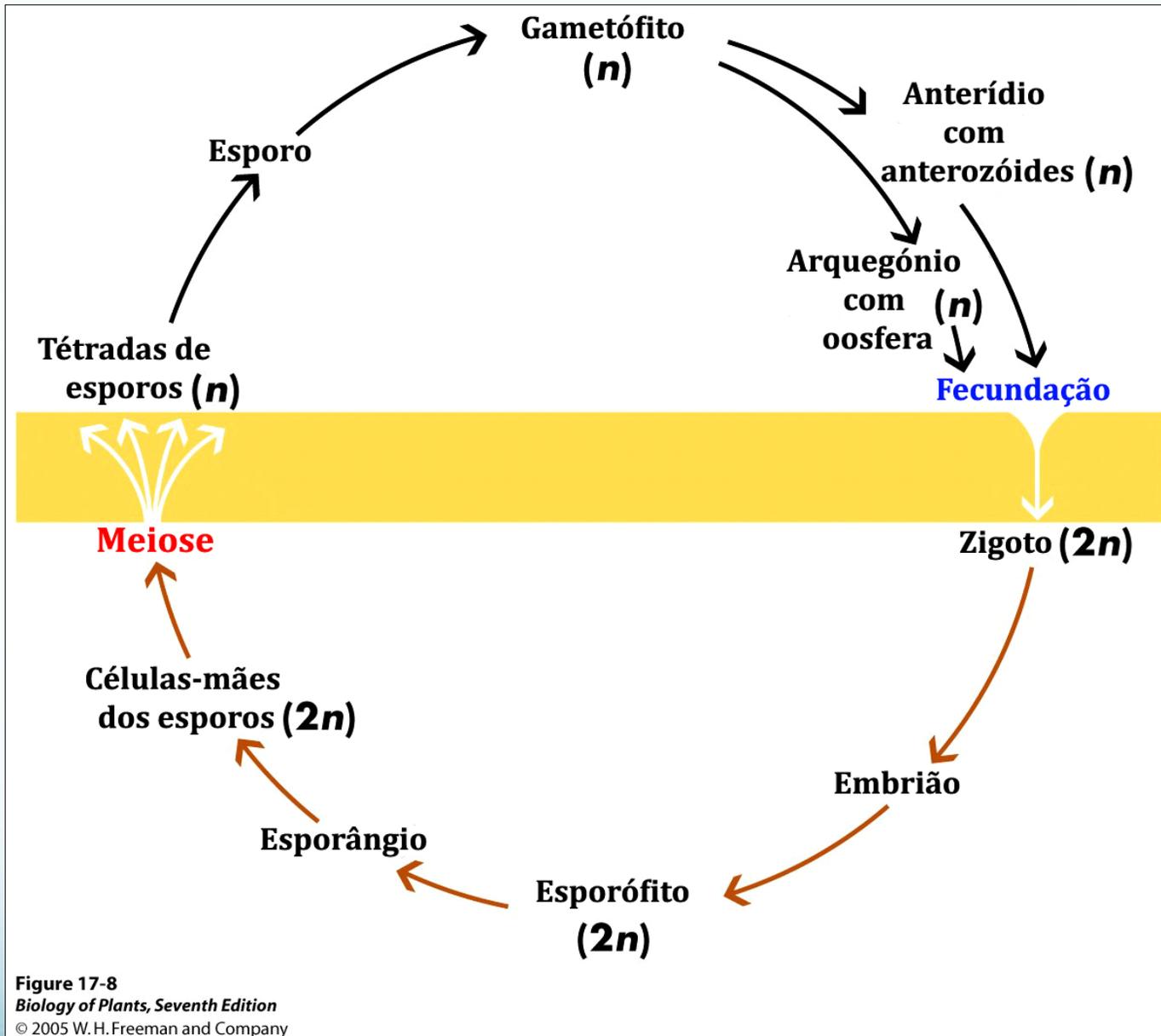
Figure 16-25
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company

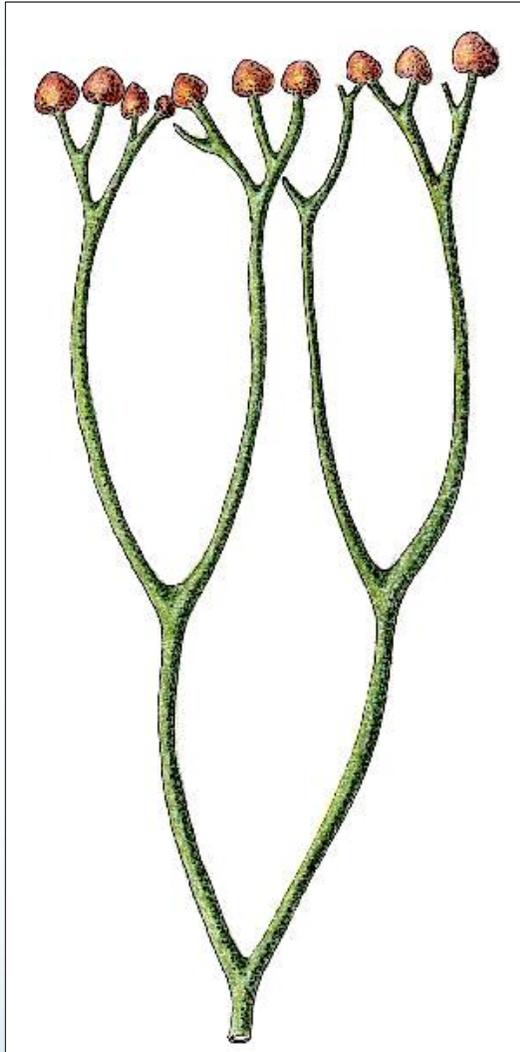
Plantas Vasculares

Sem semente

Phylum Psilotophyta	(psilotófitos)
Phylum Lycophyta	(licófitos)
Phylum Sphenophyta	(cavalinhas)
Phylum Pteridophyta	(pteridófitos)

(Raven *et al.*, 2005)





http://www.palaeos.com/Plants/Rhyniophytes/Images/Cooksonia_caledonica.jpg

Reconstituição e fósil da mais antiga planta vascular conhecida (*Cooksonia*) que viveu no Silúrico entre 414 e 408 Ma.



Figure 17-1
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

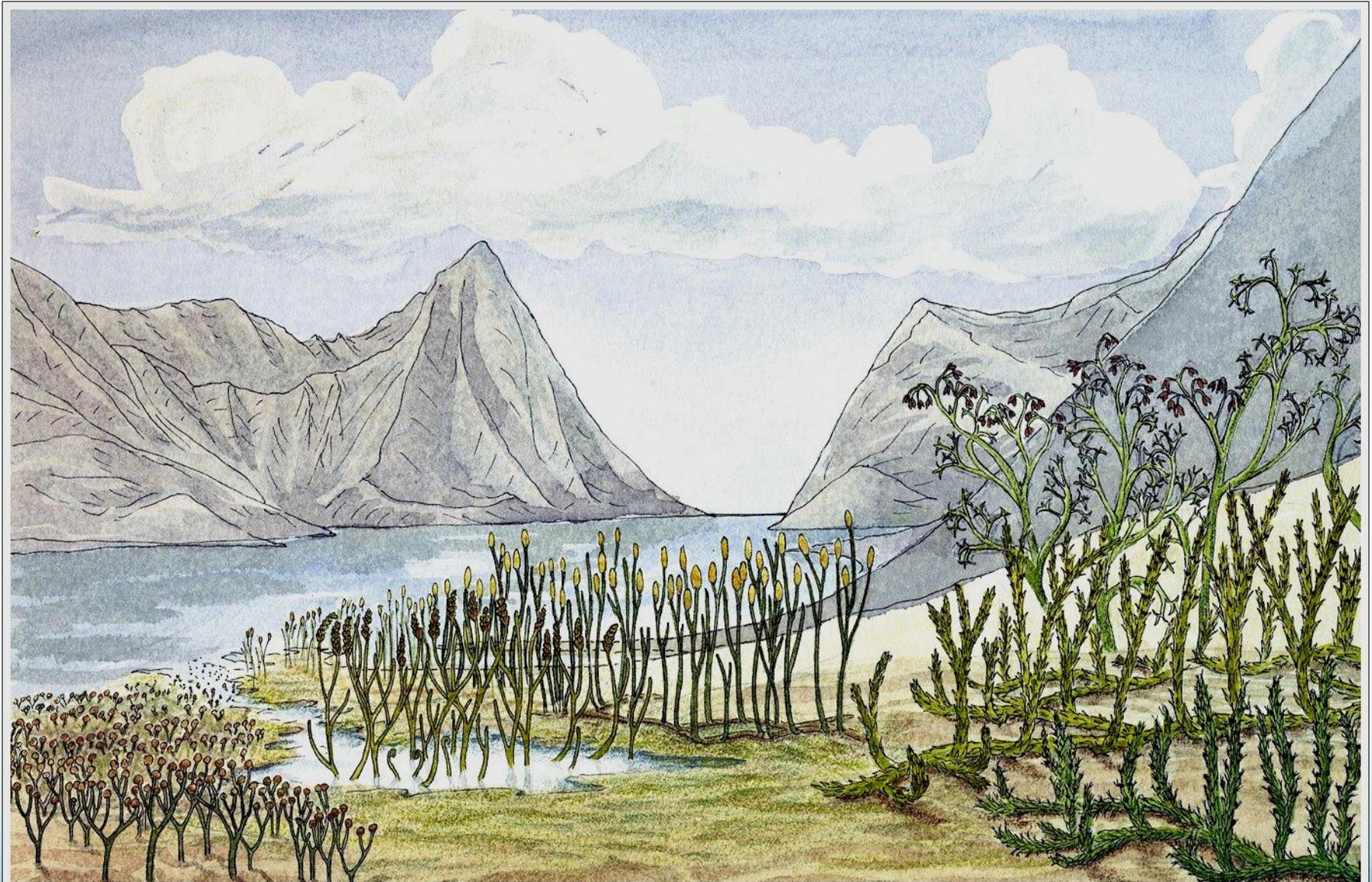
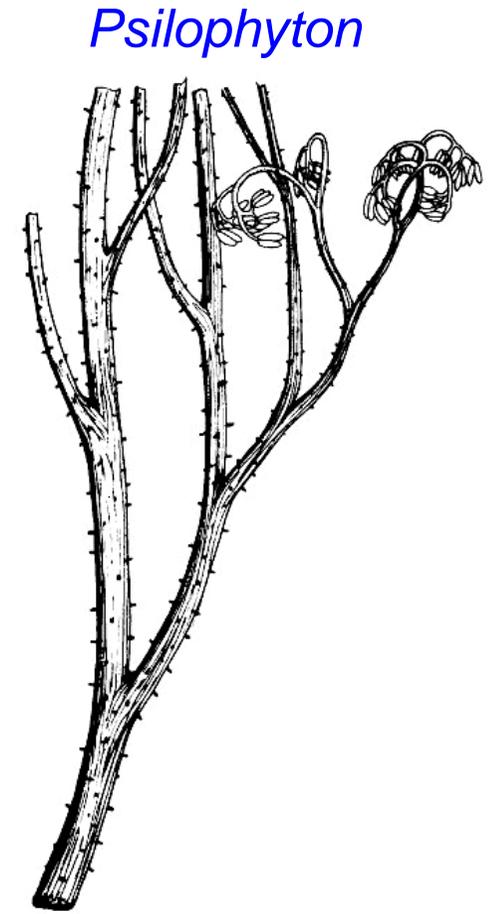
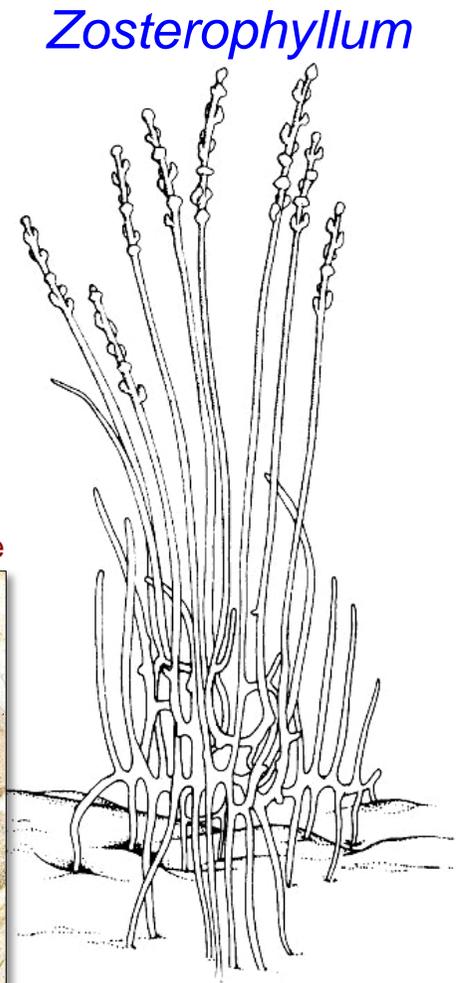
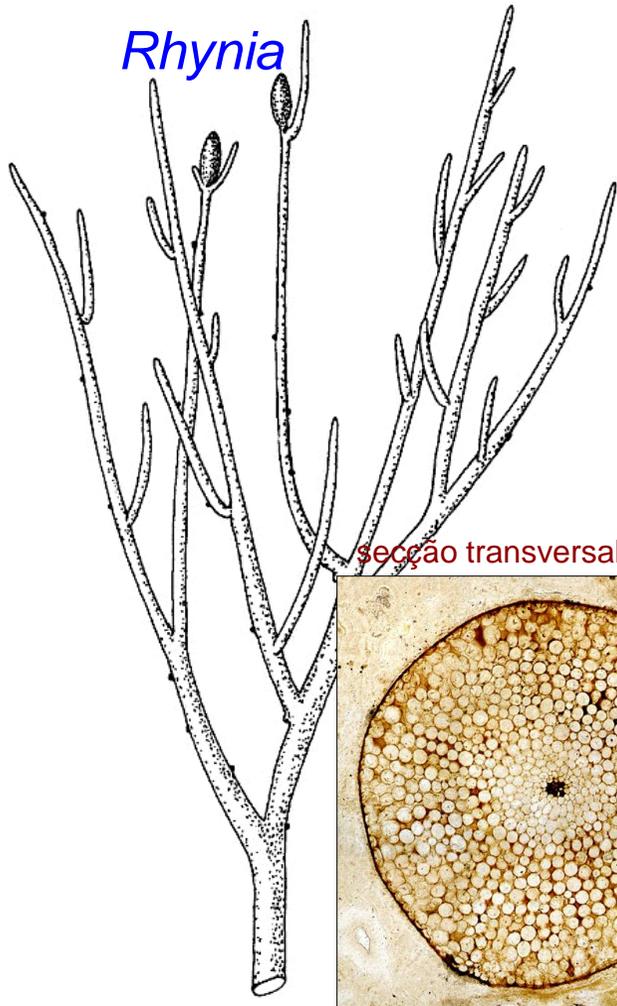


Figure 17-2
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

Paisagem do Devónico Inicial (entre 408 a 387 Ma)

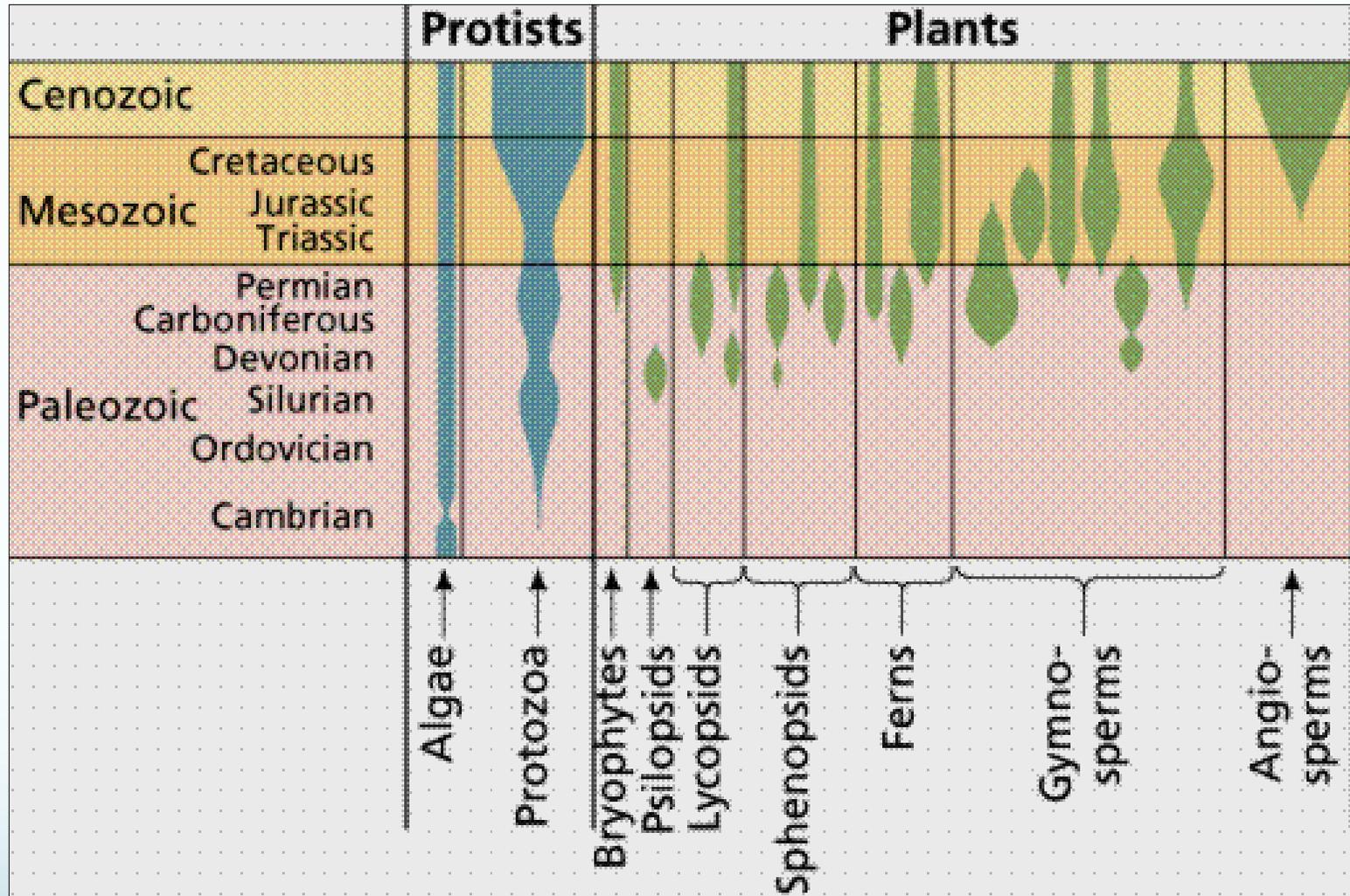


(a) Rhyniophyte

(b) Zosterophyllophyte

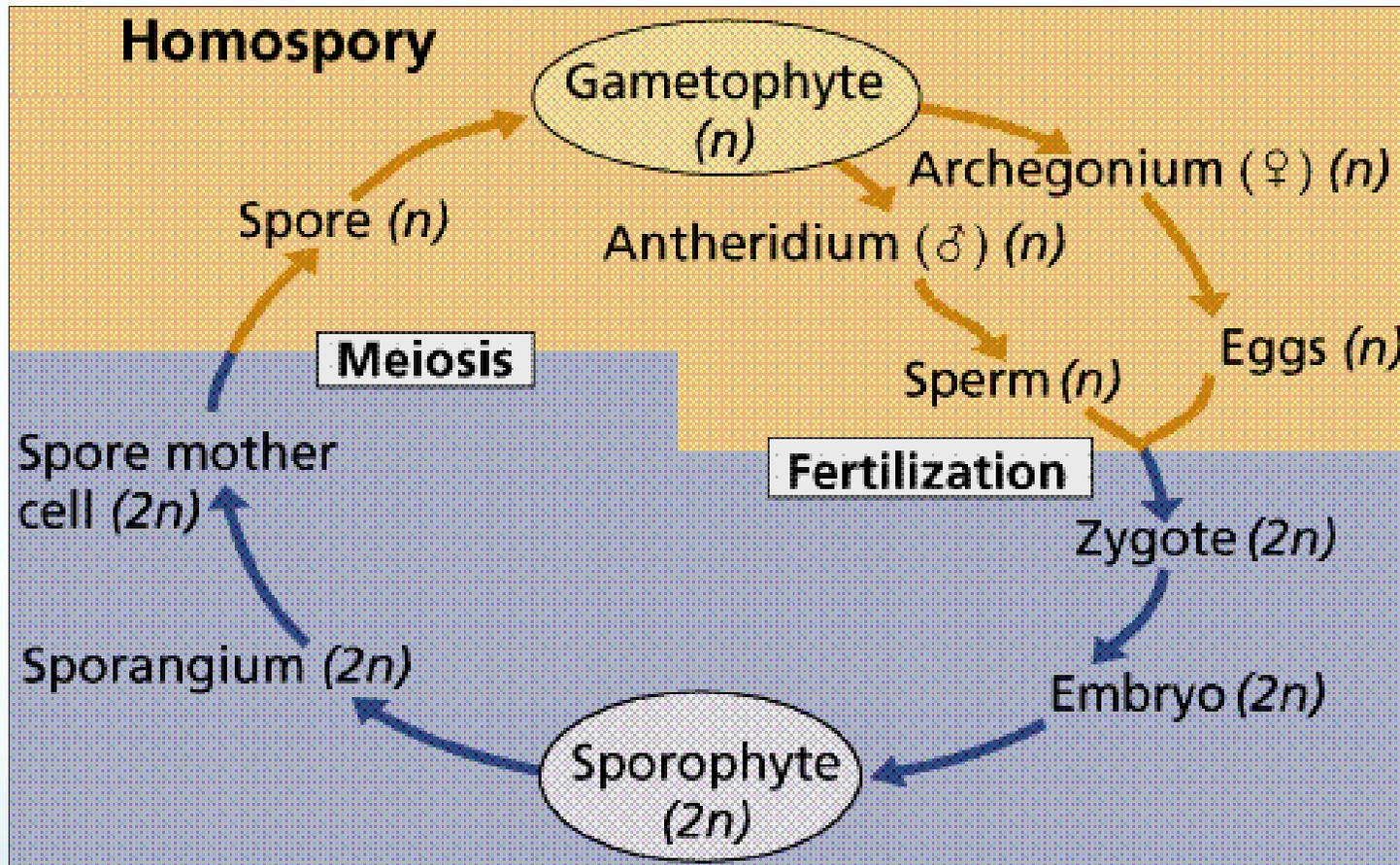
(c) Trimerophyte

Figure 17-9
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

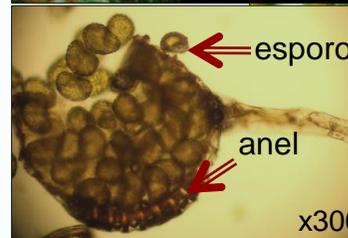
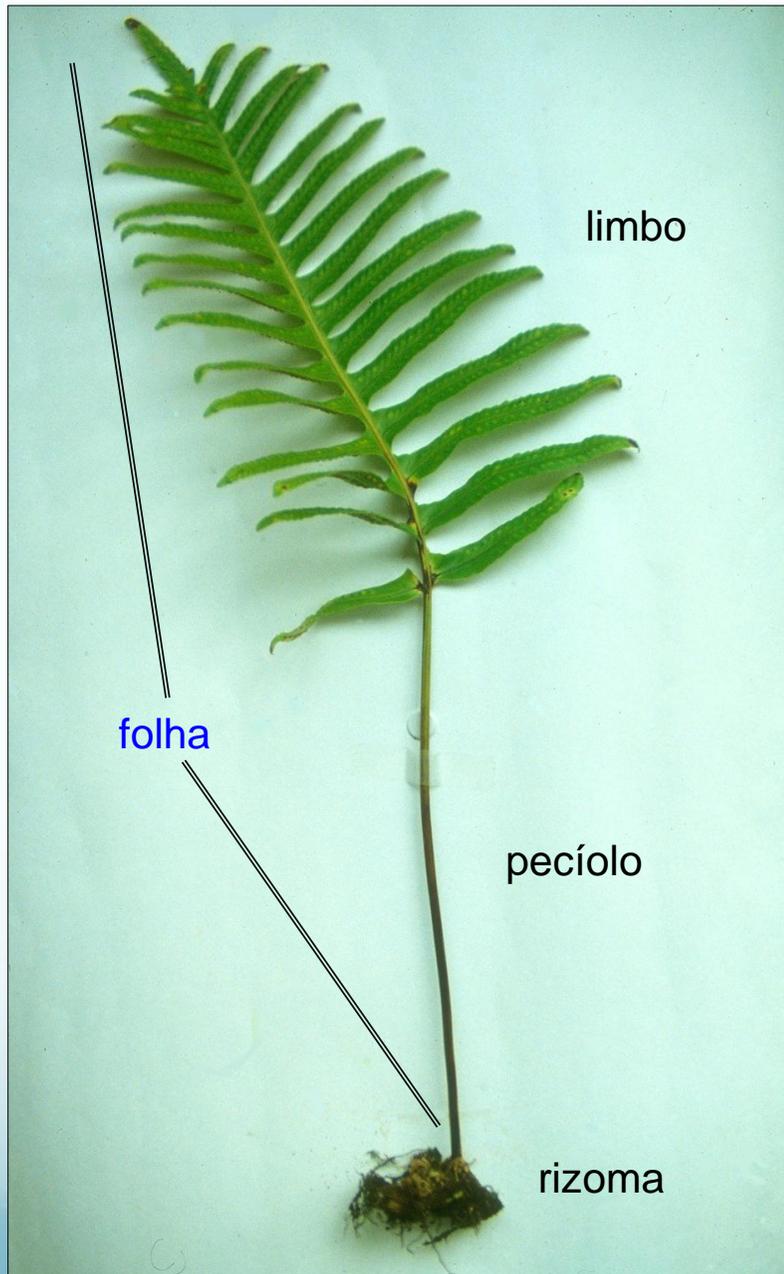


(FARABEE, M.J. (2007). *On-Line Biology Book*. Estrella Mountain Community College, USA)

Ciclo de vida duma planta homospórica



(FARABEE, M.J. (2007). On-Line Biology Book. Estrella Mountain Community College, USA)

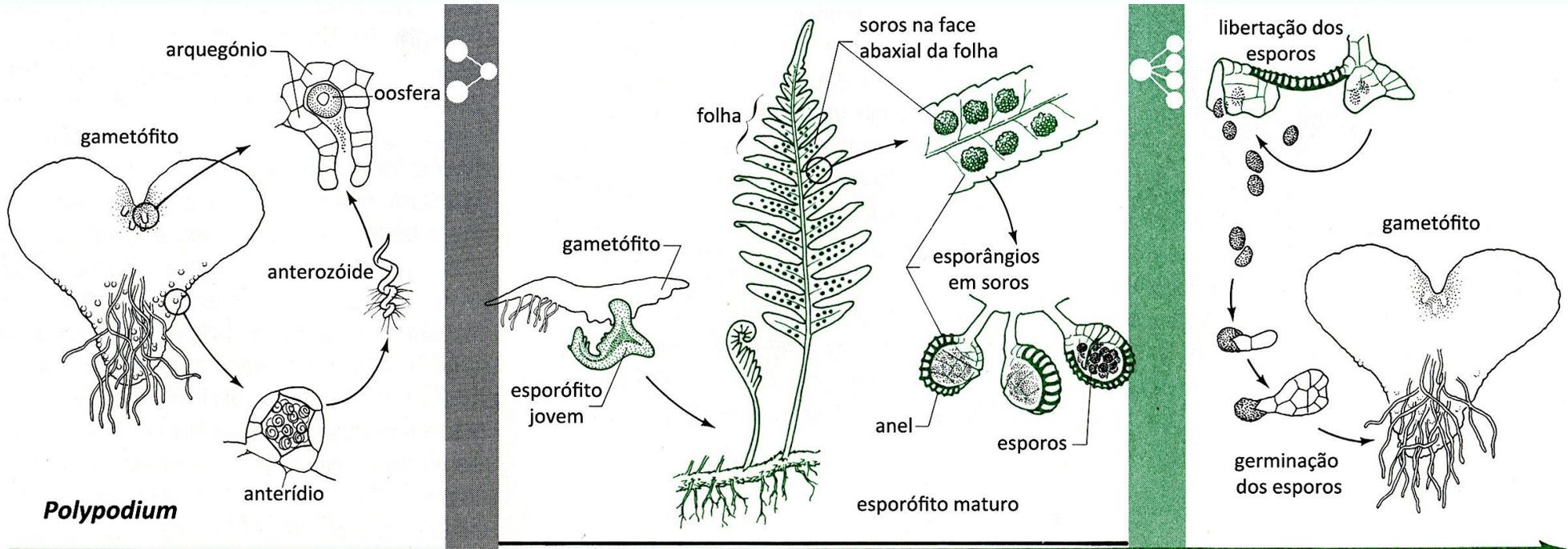


esporângio com esporos

Polypodium vulgare

Pteridófito
homospórico





(adaptado de Neushul, 1974)

Polypodium

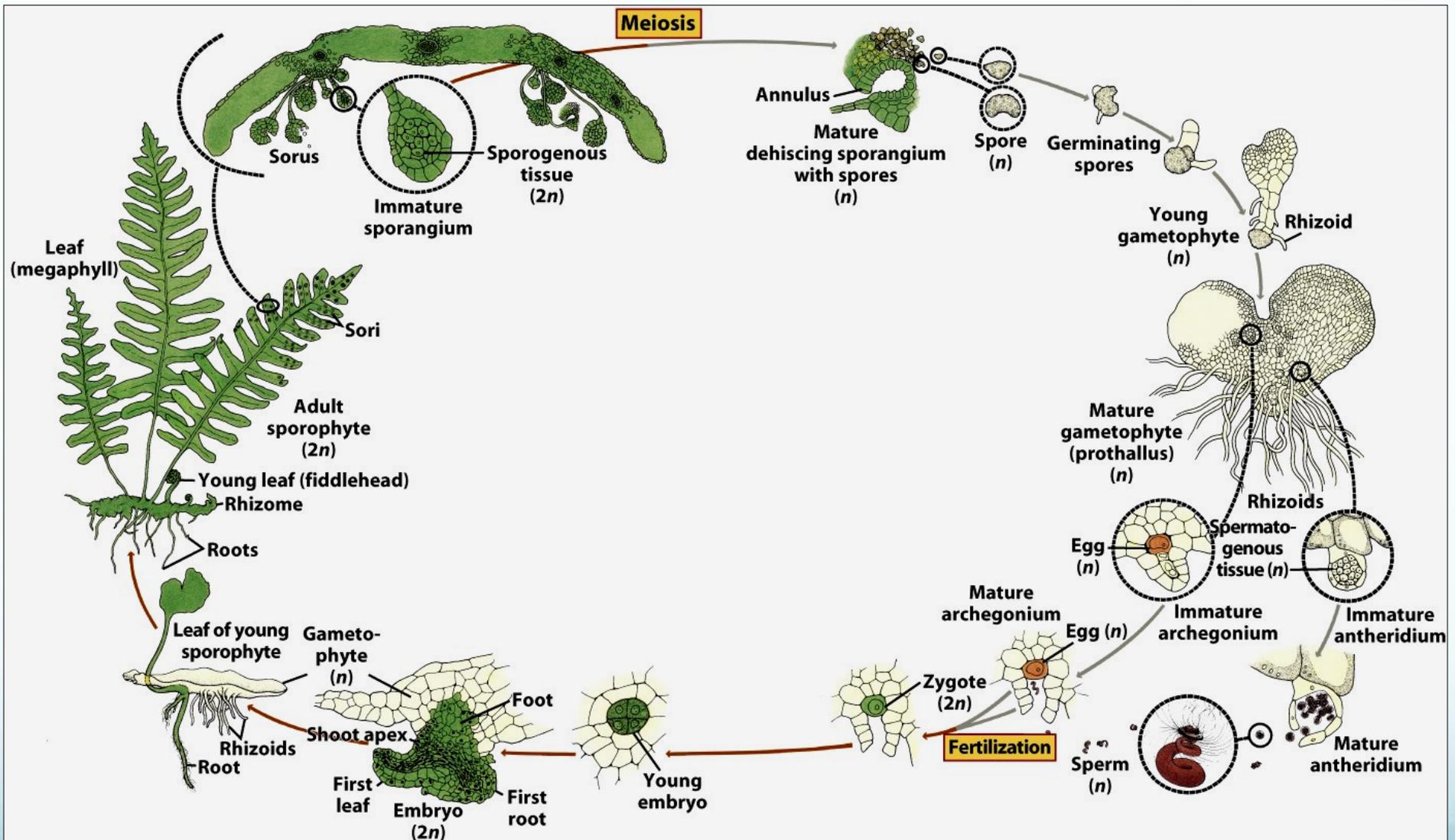
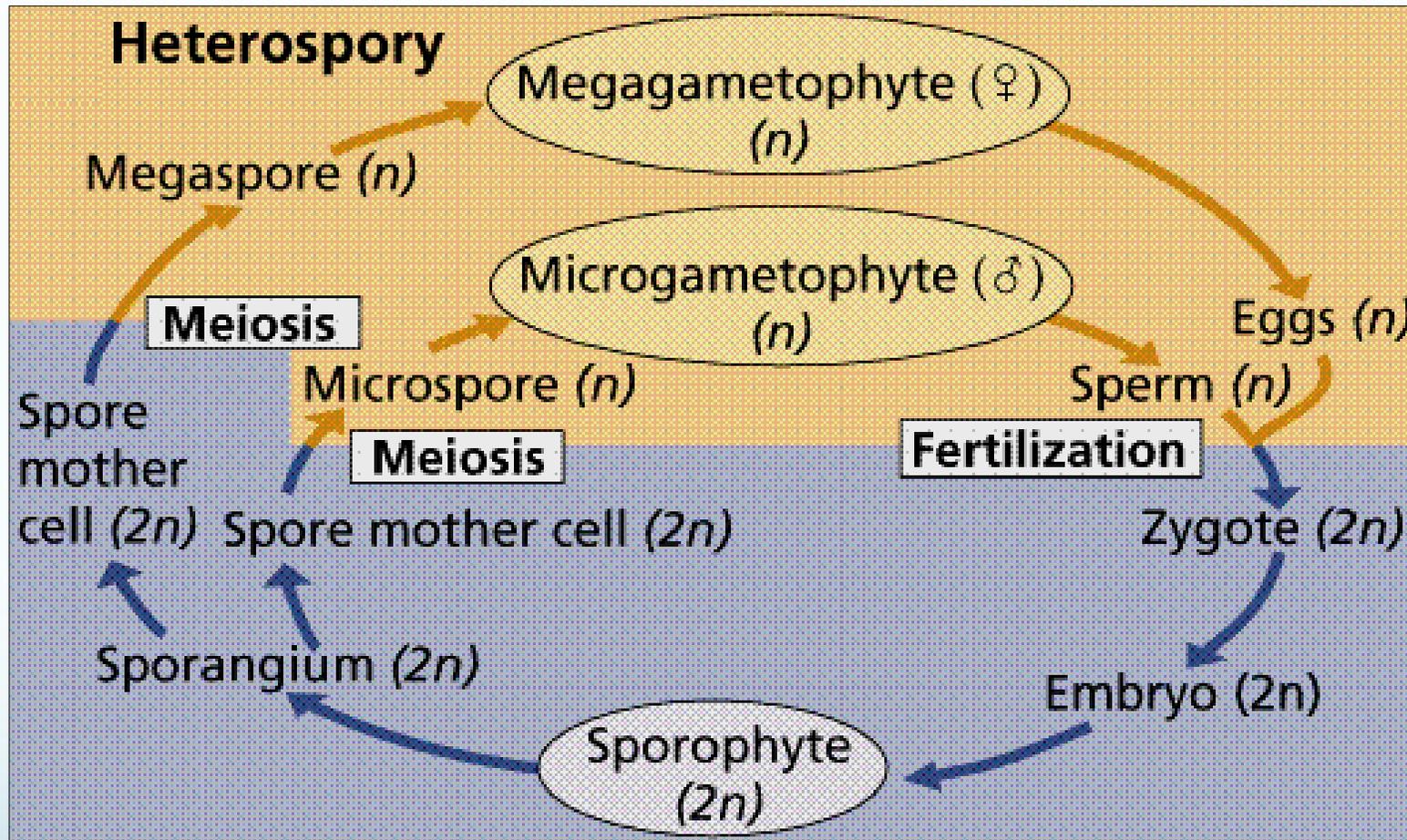


Figure 17-30
 Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company

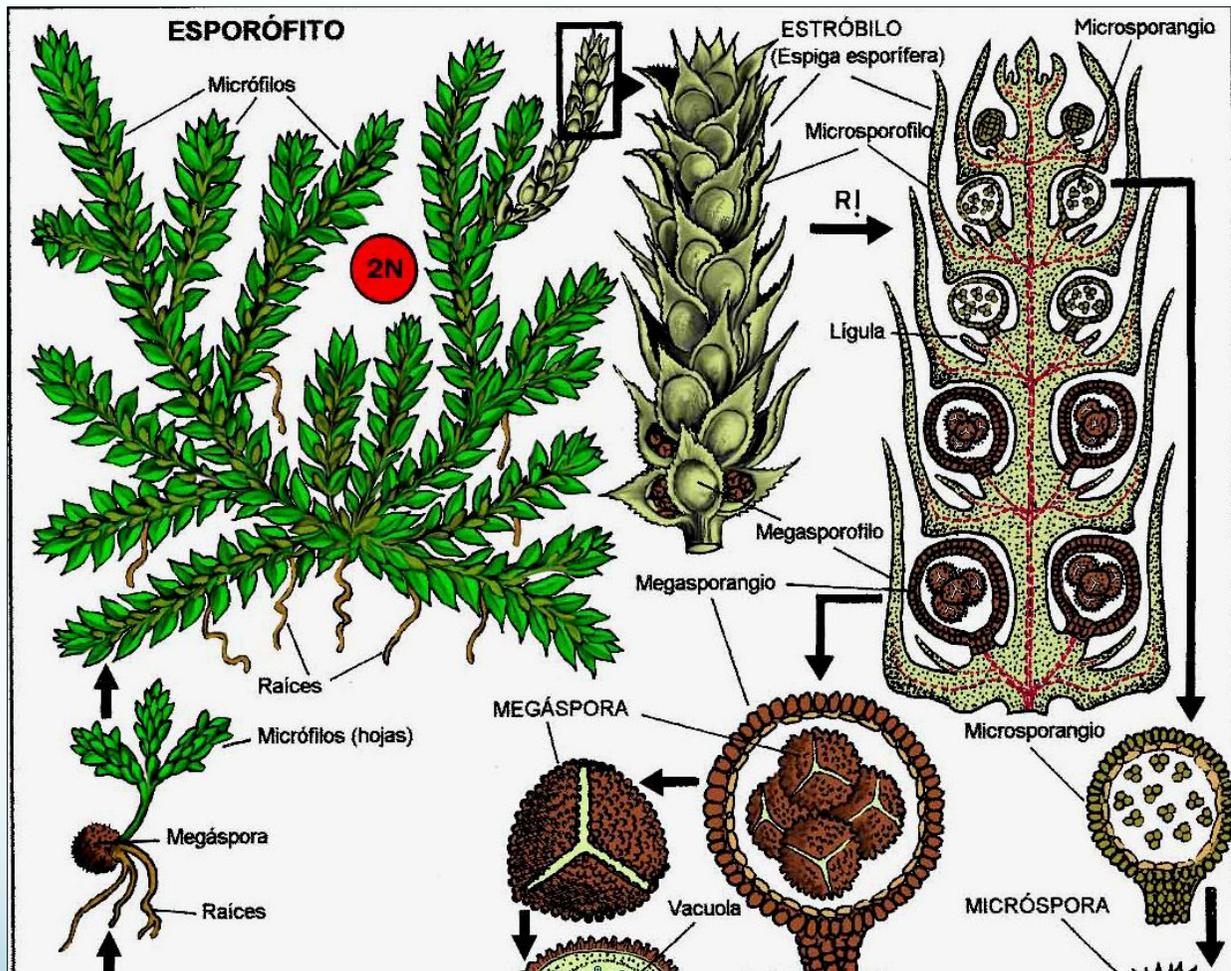
Ciclo de vida dum planta heterospórica



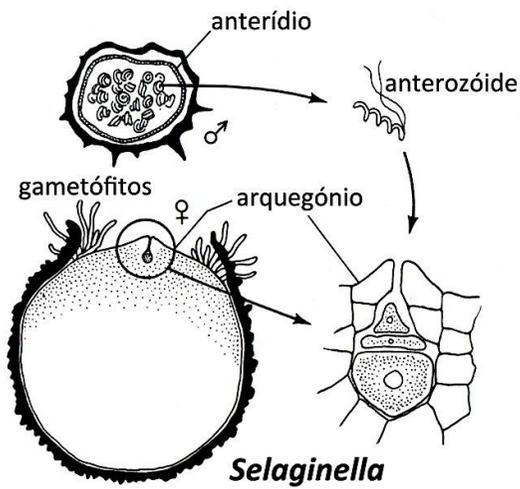
(FARABEE, M.J. (2007). On-Line Biology Book. Estrella Mountain Community College, USA)

Selaginella

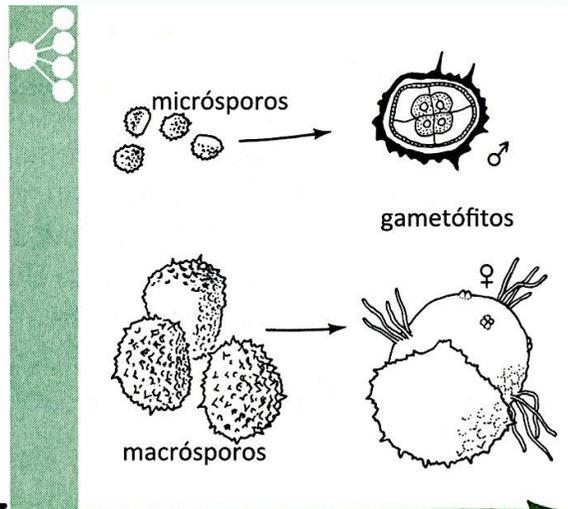
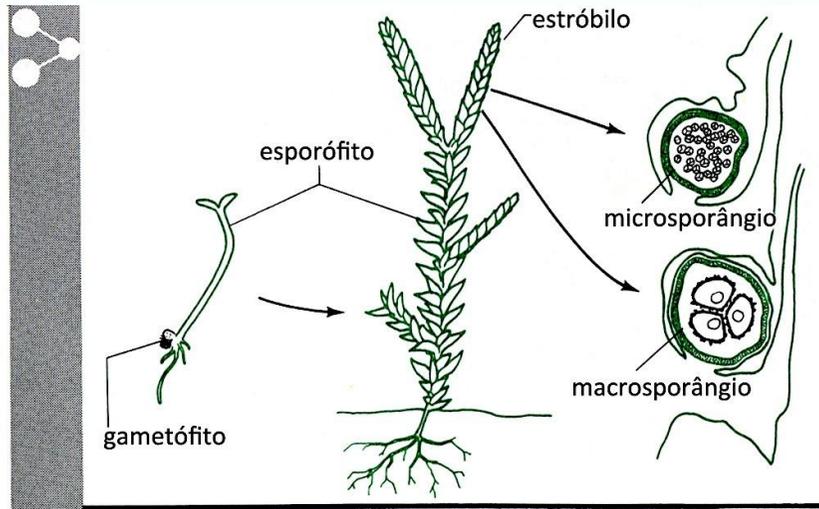
Pteridófito heterospórico



[http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imagenes/Selaginella%20denticulata%20\(Lycopodiophyta,%20Selaginellales\).JPG](http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imagenes/Selaginella%20denticulata%20(Lycopodiophyta,%20Selaginellales).JPG)



Selaginella



(adaptado de Neushul, 1974)

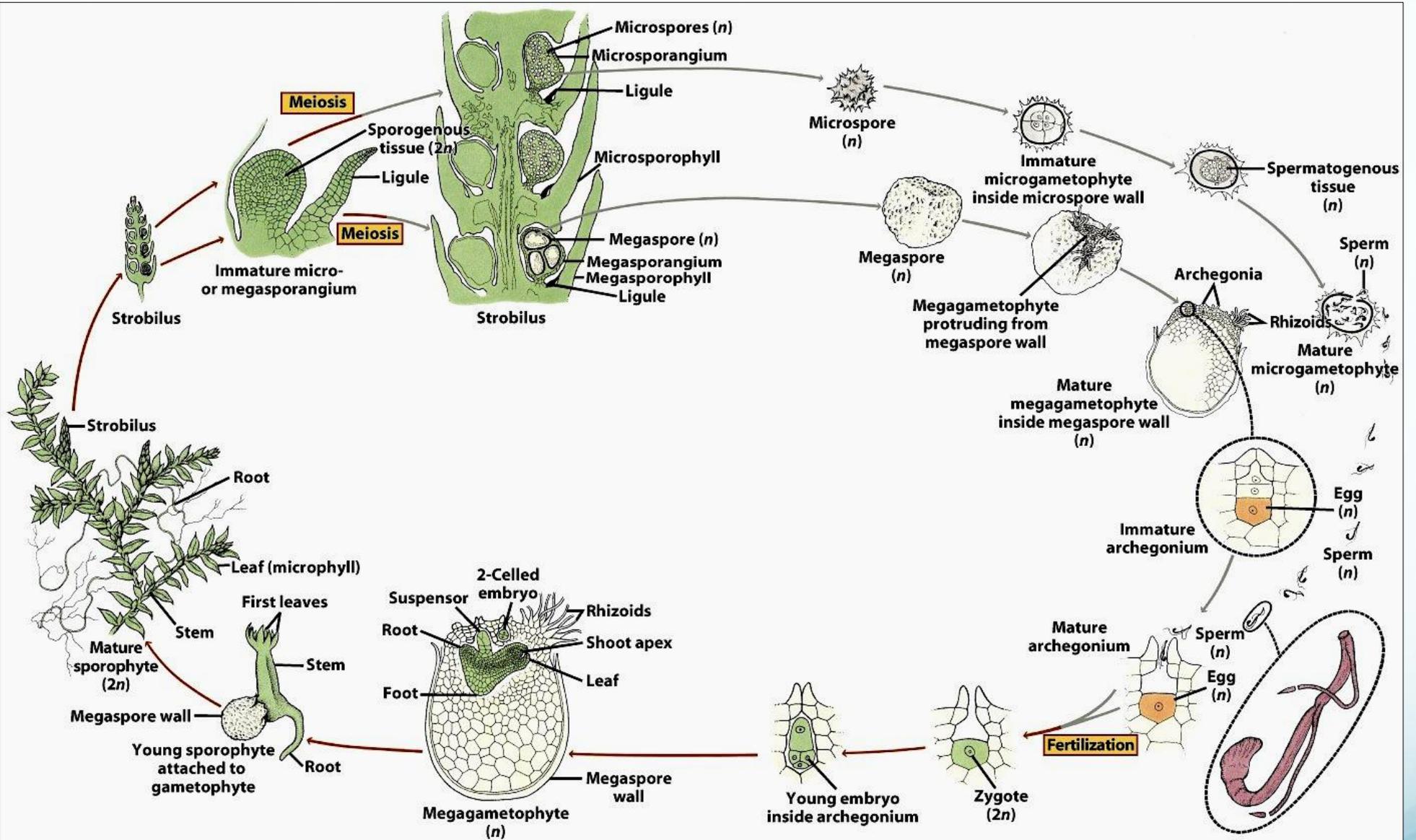


Figure 17-18
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company

Selaginella



COMO SURGIRAM OS TECIDOS VASCULARES NO QUADRO DA EVOLUÇÃO VEGETAL ?

Características das gerações gametófito e esporófito

Evolução de gerações separadas para co-existência das duas gerações

Evolução da dominância da geração esporófito em relação à geração gametófito

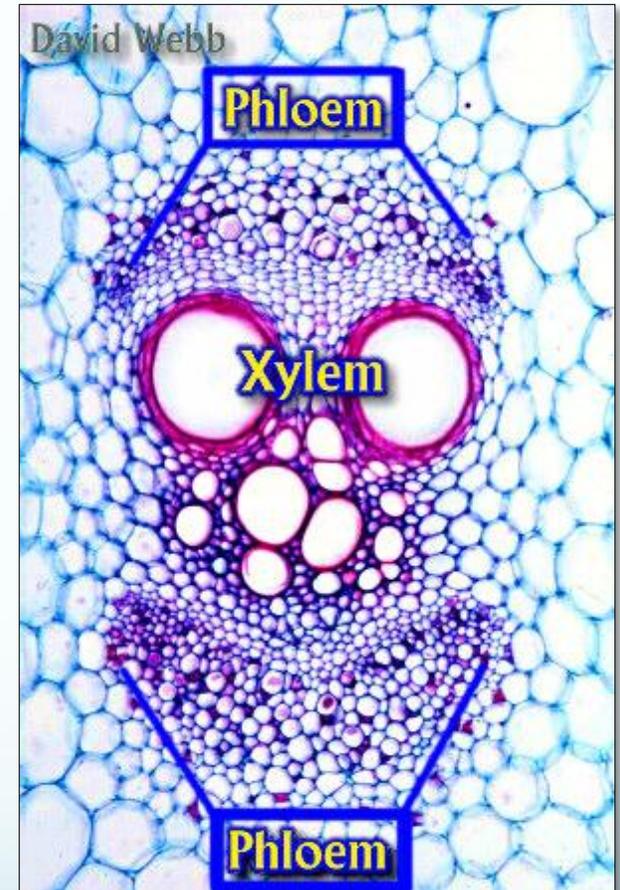
Conquista do habitat terrestre

Passagem de estruturas laminares, prostradas (gametófito) de pequenas dimensões para estruturas ou tipos arquitecturais erectos (esporófito)

Papel da lenhina neste processo

- Acesso à radiação luminosa
- Sucesso na disseminação dos esporos

As plantas vasculares apresentam dois tipos distintos de tecidos condutores: o **xilema** e o **floema**. Genericamente, o primeiro, constituído por diversas células, entre as quais células mortas de **paredes lenhificadas**, é o responsável pela condução ascendente da água e substâncias minerais nela dissolvidas, podendo, por vezes, exercer funções mecânicas ou funcionar como tecido de reserva. O floema, por outro lado, é formado por células vivas de **paredes celulósicas** e é responsável pela translocação das substâncias orgânicas sintetizadas ou transformadas. Muitas destas substâncias são o resultado do metabolismo fotossintético.



Evolução nos grupos mais primitivos

Algas - esporófito de diversas algas castanhas com células especializadas na condução de produtos do metabolismo

Briófitos - hidróides e leptóides (células especializadas) existentes no esporófito

Pteridófitos - verdadeiros tecidos vasculares (xilema e floema) existentes no esporófito

SUMMARY TABLE A Comparison of Some of the Main Features of the Seedless Vascular Plants

PHYLUM	DICHOTOMOUSLY BRANCHED?	DIFFERENTIATED INTO ROOTS, STEMS, AND LEAVES?	HOMOSPOROUS OR HETEROSPOROUS	TYPE OF LEAVES	TYPE OF STELE	SPORANGIA	MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS
Rhyniophyta (rhyniophytes)	Often	Stem only	Homosporous	None	Protostele	Terminal	Exclusively fossils; likely ancestors of trimerophytes
Zosterophyllophyta (zosterophyllophytes)	Often	Stem only	Many homosporous; some heterosporous	None	Protostele	Lateral	Exclusively fossils; closely related to lycophytes
Trimerophytophyta (trimerophytes)	Most are not	Stem only	Homosporous	None	Protostele	Terminal on ultimate dichotomies	Exclusively fossils; likely ancestors of ferns, progymnosperms, and perhaps horsetails
Lycopodiophyta (lycophytes)	Some are more or less dichotomous	Yes	Lycopodiaceae homosporous; Selaginellaceae and Isoetaceae heterosporous	Microphyll	Most with protostele or modified protostele	On or in the axils of sporophylls	Members of the Selaginellaceae and Isoetaceae have ligules; many extinct representatives
Pteridophyta (all ferns except whisk ferns)	No	Yes	All homosporous except for Marsileales and Salviniaceae, which are heterosporous	Megaphyll	Protostele in some; siphonostele or more complex types in others	On sporophylls; some clustered in sori	Ophioglossales and Marattiales eusporangiate; Filicales, Marsileales, and Salviniaceae leptosporangiate
Pteridophyta (whisk ferns)	Yes	Stem only	Homosporous	Scalelike in <i>Psilotum</i> , with a single vein in <i>Tmesipteris</i> ; derived conditions	Protostele	Lateral	Resemble rhyniophytes in aspects of structure, but structure considered to be derived
Pteridophyta (horsetails)	No	Yes	Homosporous; some fossils heterosporous	Microphyll-like through reduction	Eustele-like siphonostele	On sporangio-phores in strobili	Represented today by single genus, <i>Equisetum</i> , the horsetails

Summary Table 17
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company





Figure 17-10
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

Floresta do Período Carbónico

Plantas Vasculares

com semente

Phylum Cycadophyta (cicadófitas)

Phylum Ginkgophyta (ginkgo)

Phylum Coniferophyta (coníferas)

Phylum Gnetophyta (gnetófitas)

Phylum Antophyta (angiospérmicas)

Nos espermatófitos, os **microsporângios** ou **sacos polínicos** produzem numerosos **micrósporos**, cujo núcleo geralmente se divide antes da disseminação, de modo que saem, dos microsporângios, protálos masculinos (gametófito) de desenvolvimento paralizado, inclusos em estruturas denominadas **grãos de pólen**. Os gâmetas masculinos na maioria dos casos não são móveis, sendo levados até à estrutura feminina pelo **tubo polínico**. No caso do **macrosporângio**, este é indeiscente, contendo geralmente um **macrósporo funcional** que está envolvido por um ou mais invólucros - **tegumentos** - que deixam um orifício na extremidade - o **micrópilo** - por onde entra o tubo polínico. O conjunto formado pelo macrosporângio - **nucelo** - e pelos tegumentos designa-se por **óvulo**, o qual depois da fecundação dá origem a uma semente que, na maturação, se separa da planta-mãe. Todas estas características diferenciam bem os espermatófitos dos pteridófitos heterospóricos



O aparecimento do óvulo e da semente

O desenvolvimento da heterosporia contribuiu decisivamente para o aparecimento de uma nova estrutura - a **semente** -. Os vestígios fósseis demonstram que a heterosporia foi seguida por uma redução no número de esporos produzidos no macrosporângio, tendo no passo seguinte havido a formação de um só macrósporo funcional. Tal redução parece ter-se efectuado no grupo das progimnospérmicas. De igual modo, o desenvolvimento endospórico do gametófito feminino e a retenção do esporo no esporângio, constituíram as etapas seguintes. Por fim, o envolvimento do macrosporângio por um tegumento, veio proteger mais esta estrutura reprodutora e provavelmente terá estado na origem do **óvulo** dos espermatófitos.

Phylum Cycadophyta

Os exemplares deste filo, e.g. os géneros *Cycas* e *Zamia*, apresentam um **óvulo formado por um só invólucro** (tegumento) que permite o acesso, **através do micrópilo**, do **tubo polínico ao macrosporângio** ou **nucelo**. Junto ao micrópilo existe uma substância de natureza viscosa, denominada **gota de polinização**, que permite a fixação dos grãos de pólen e o seu posterior desenvolvimento. Estes grãos de pólen ficam retidos numa depressão do nucelo que abre para a câmara arquegonial, a qual está em contacto com os arquegónios que contêm a oosfera. Os grãos de pólen desenvolvem o tubo polínico que penetra nos tecidos do nucelo. Esta estrutura transporta dois gâmetas multiflagelados de grandes dimensões ($\pm 0,3$ mm de diâmetro), os anterozóides, e liberta-os na câmara arquegonial conjuntamente com o fluido existente no tubo polínico. Estes gâmetas nadam então até ao arquegónio onde se dá a fusão com a oosfera, originando um zigoto e posteriormente o embrião.

Cycas revoluta



Estróbilo - **planta masculina**

esporófilos (macro e micro)

Folhas carpelares



planta feminina

Phylum Ginkgophyta

Este filo é representada por uma só espécie, *Ginkgo biloba*, único sobrevivente de um antigo grupo de plantas que existiram há mais de 200 milhões de anos e que parece ter sobrevivido sem modificações significativas desde o fim do Triásico ou início do Jurrássico até aos nossos dias, o que representa, para esta espécie, uma existência de cerca de 150 milhões de anos. Por esta razão muitos autores denominam-na de **fóssil vivo**. O próprio período de vida desta árvore dióica é de cerca de 1000 anos, o que a inclui entre os organismos com maior longevidade.

O processo reprodutor desta espécie é muito semelhante ao descrito para os exemplares do filo anterior, ocorrendo a polinização enquanto os óvulos estão ligados à árvore ou após terem caído na terra. A polinização normalmente processa-se entre Dezembro e Fevereiro, decorrendo vários meses até à maturação completa dos gametófitos masculino e feminino. A fecundação ocorre normalmente em Abril, altura em que se dá a libertação dos anterozóides, desenvolvendo-se a semente dois meses após a fertilização.



Ginkgo biloba



Planta dióica



folhas flabeliformes



óvulos

Phylum Coniferophyta

Os exemplares deste filo podem ser **monóicos** ou **dióicos**, no entanto os seus **estróbilos** são de natureza unissexual e o feminino é geralmente grande e lenhoso na maturação. Como nos representantes das divisões anteriores, o gametófito multicelular das coníferas forma-se no interior do óvulo após um período de divisões nucleares que originam arquegónios. O **gametófito masculino é de natureza endospórica e produz um tubo polínico**. Uma diferença significativa entre os gametófitos masculinos de *Cycas* e *Ginkgo* com o dos exemplares do Phylum Coniferophyta, reside no facto deste **não produzir gâmetas móveis**; assim, o tubo polínico transporta dois gâmetas não flagelados até ao arquegónio. Este processo que se denomina **sinfogamia** é característico não só das coníferas, mas também das gnetófitas e das antófitas

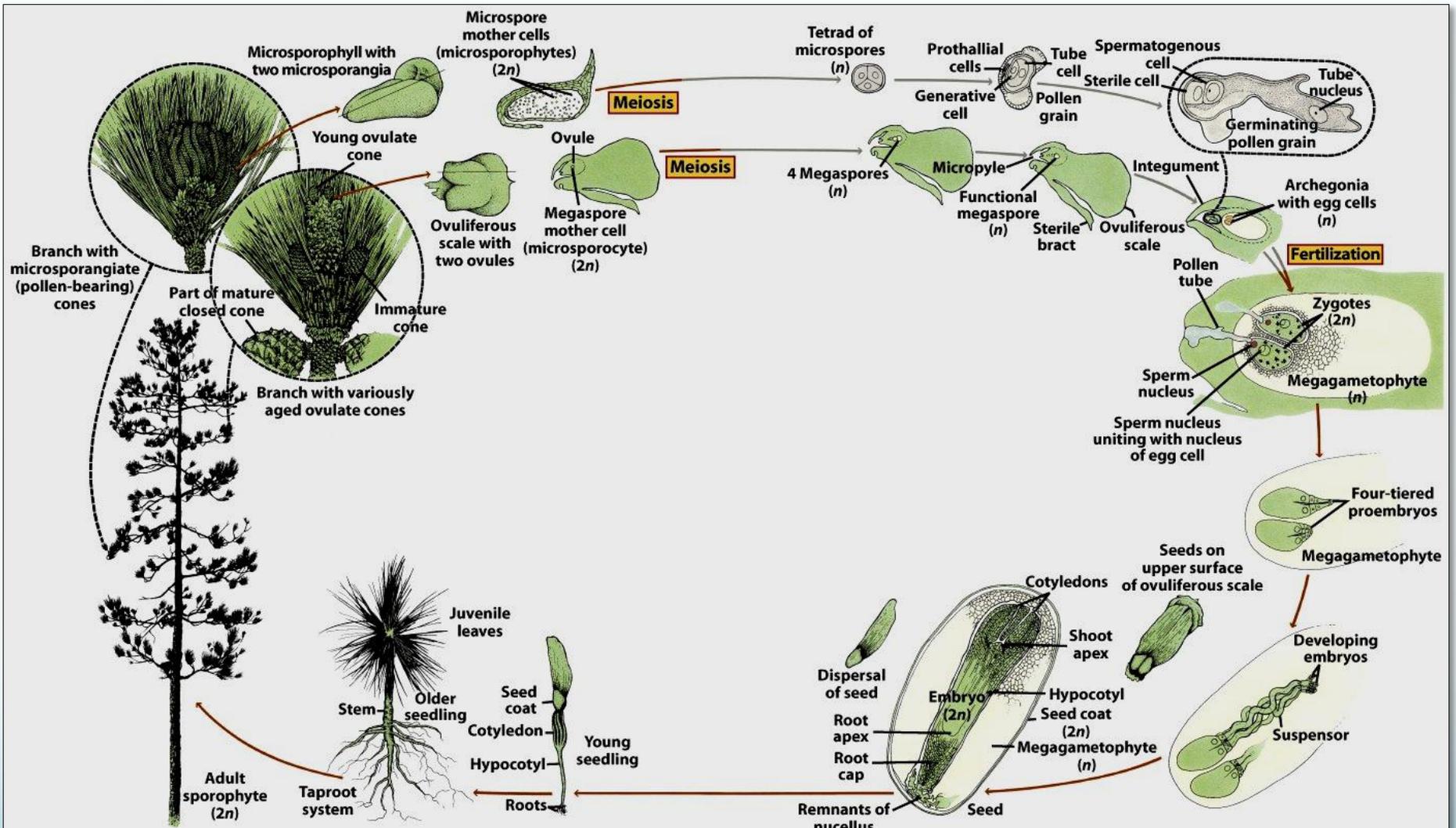


Figure 18-17
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company



estróbilos

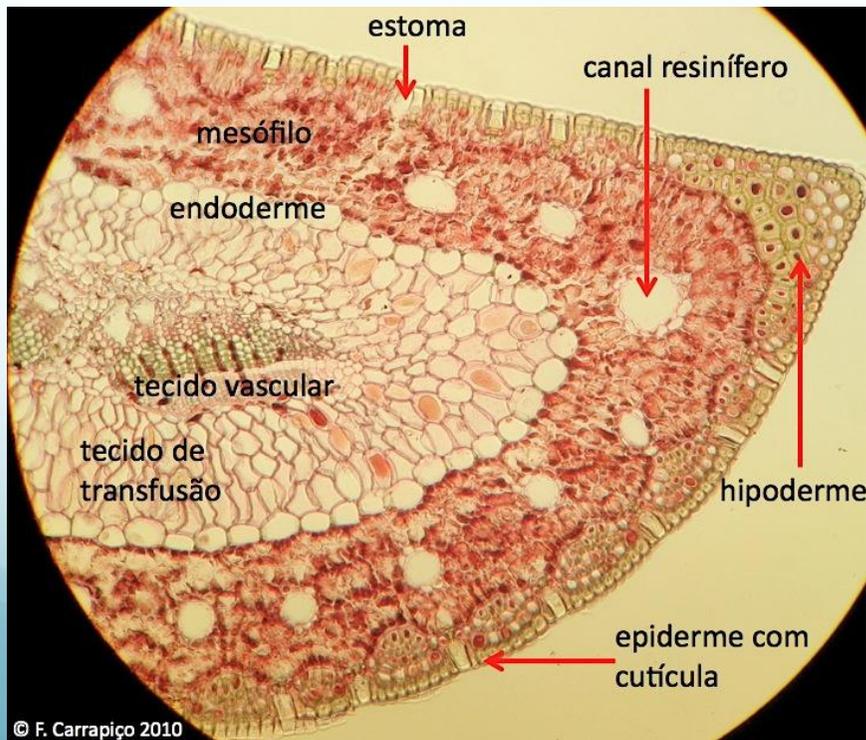
folhas aciculares

grãos de pólen

canais resiníferos

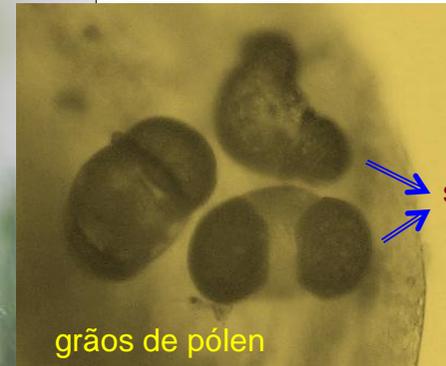
Pinus

corte transversal da folha



Pinus - estróbilos

estróbilos masculinos



sacos aéreos

grãos de pólen



estróbilo feminino

Ciclo de vida de *Pinus*

Os **estróbilos desta árvore** iniciam a sua formação na Primavera, ocorrendo a meiose nos estróbilos masculinos e femininos em Março ou Abril da primavera seguinte. Os **grãos de pólen**, que apresentam **dois sacos aéreos**, são disseminados e transportados pelo vento até ao estróbilo feminino, iniciando-se um mês após a polinização, o processo de macrosporogénese. De forma semelhante ao descrito para os filis anteriores, o grão de pólen é captado através da gota de polinização existente junto ao micrópilo e imediatamente ocorre o encerramento desta estrutura, **verificando-se a fertilização somente doze meses mais tarde**. Este intervalo de tempo corresponde a um período de dormência e desenvolvimento dos gametófitos feminino e masculino; o gametófito feminino entra em divisão, formando-se de um a seis arquegónios e no gametófito masculino ocorre a formação de duas células espermáticas não móveis, decorrendo em seguida o crescimento do tubo polínico através do micrópilo e do nucelo. Este tubo polínico rompe a parede do arquegónio promovendo a fecundação da oosfera. **Somente um dos núcleos espermáticos se funde com ela**, desintegrando-se o outro.



Phylum Gnetophyta

Os exemplares deste filo não produzem qualquer estrutura reconhecida como arquegônio.

No género *Gnetum*, os grãos de pólen captados pela gota de polinização germinam junto ao nucelo, podendo vários tubos polínicos penetrar no prótalo feminino. Cada tubo polínico vai ao encontro dos núcleos do prótalo feminino, dando-se a fusão do gâmeta masculino com o feminino. Refira-se a propósito, que inicialmente se observa no nucelo a formação de quatro núcleos haplóides, os quais por divisão originam um endosperma tetraspórico com numerosos núcleos livres, podendo os núcleos da região micropilar ser considerados oosferas. Diversos autores pensam que cada gâmeta masculino fecunda apenas uma oosfera, e embora se formem diversos zigotos apenas um completa o desenvolvimento formando um embrião que apresenta dois cotilédones.





Welwitschia

No género *Welwitschia* (dióico) os grãos de pólen, transportados por insectos até à estrutura reprodutora feminina, são captados pela gota de polinização quando chegam ao nucelo e desenvolvem tubos polínicos que atravessam essa estrutura. Ao contrário do que anteriormente se pensava, certas células periféricas do prótalo feminino não emitem prolongamentos, mas, sim, apresentam forma alongada a que foi hábito designar **tubo protálico**. Assim, não se verifica a emissão de um tubo protálico que iria fundir-se com o tubo polínico, mas antes é esta estrutura que penetra numa dilatação dessa célula, denominada **ampola de fecundação**, onde se dá a fusão dos gametas masculino e feminino, originando um zigoto. A longevidade dos exemplares deste género pode atingir os mil anos, encontrando-se entre os organismos vegetais com maior duração de vida.

SUMMARY TABLE Gymnosperm Phyla with Living Representatives

PHYLUM	REPRESENTATIVE GENUS OR GENERA	TYPE OF TRACHEARY ELEMENT(S)	PRODUCE MOTILE SPERM?	POLLEN TUBE A TRUE SPERM CONVEYOR?	TYPE OF LEAVES PRODUCED	MISCELLANEOUS FEATURES
Cycadophyta (cycads)	<i>Cycas</i> and <i>Zamia</i>	Tracheids	Yes	No	Palmlike	Ovulate and microsporangiate cones simple and on separate plants
Ginkgophyta (maidenhair tree)	<i>Ginkgo</i>	Tracheids	Yes	No	Fan-shaped	Ovules and microsporangia on separate plants; fleshy-coated seeds
Coniferophyta (conifers)	<i>Abies</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , and <i>Tsuga</i>	Tracheids	No	Yes	Most needlelike or scalelike	Ovulate and microsporangiate cones on same plant; ovulate cones compound; pine needles in fascicles
Gnetophyta (gnetophytes)	<i>Ephedra</i> , <i>Gnetum</i> , and <i>Welwitschia</i>	Tracheids and vessel elements	No	Yes	<i>Ephedra</i> : small scalelike leaves; <i>Gnetum</i> : relatively broad, leathery leaves arranged in pairs; <i>Welwitschia</i> : two enormous, strap-shaped leaves	Ovulate and microsporangiate cones compound; borne on separate plants, except for some species of <i>Ephedra</i> ; have conifer and angiosperm-like features; leaves borne in opposite pairs

Summary Table 18

Biology of Plants, Seventh Edition

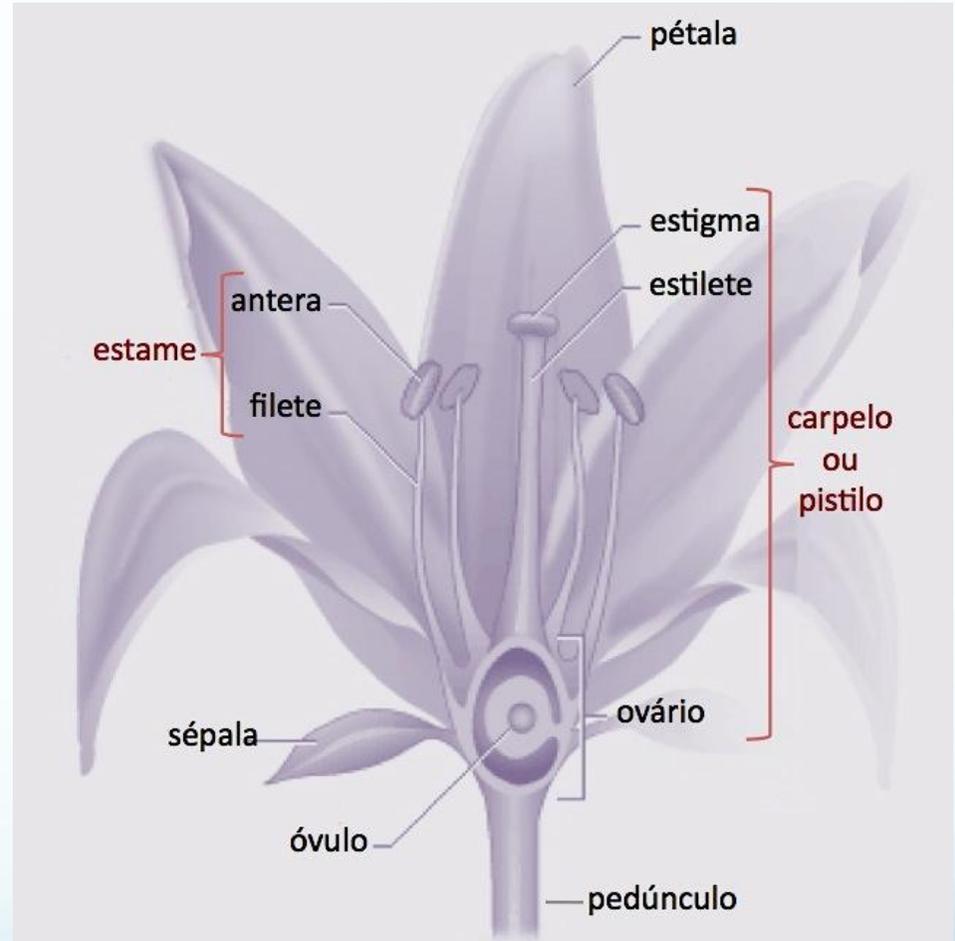
© 2005 W. H. Freeman and Company



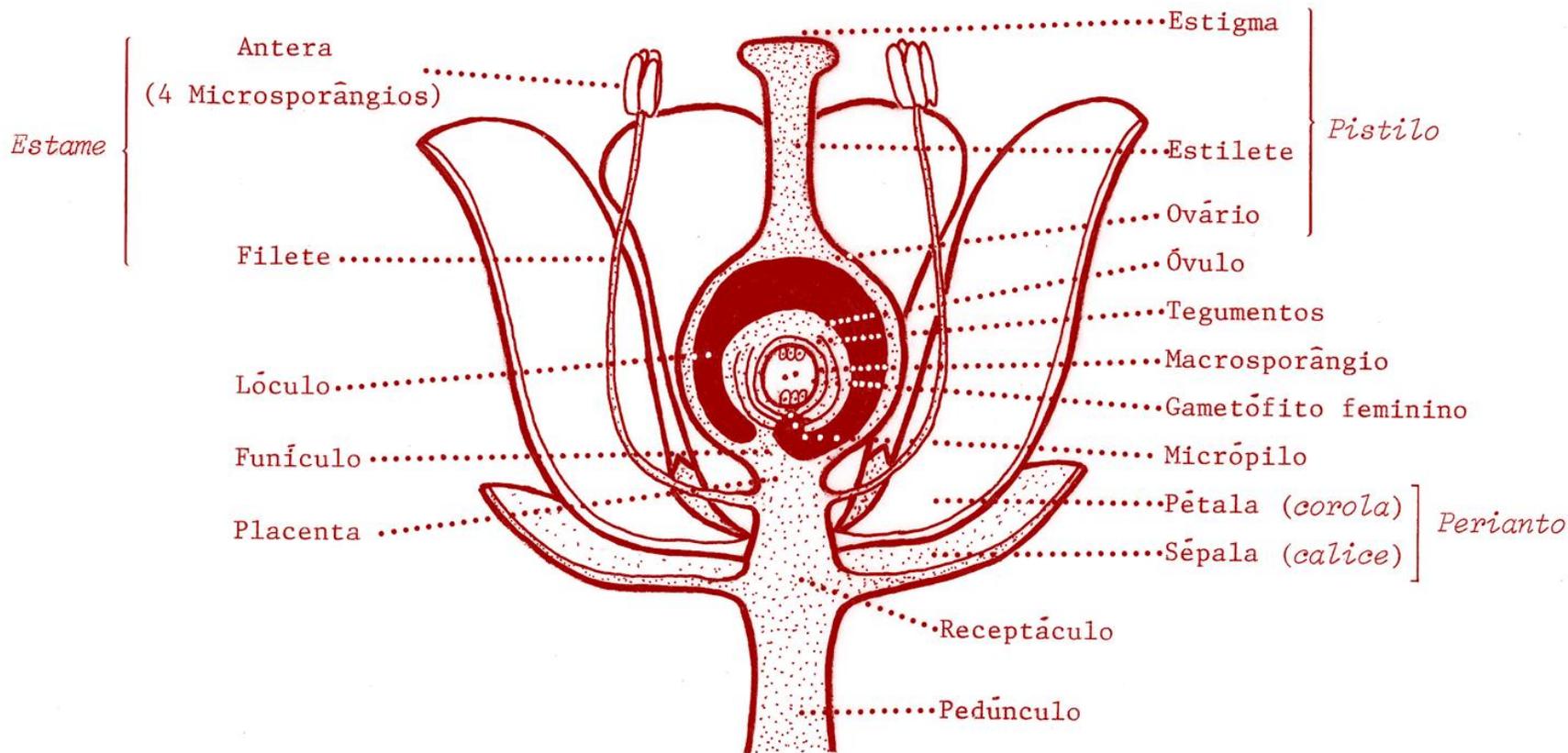
Phylum Antophyta

No decurso do período Cretácico (era Mesozóica), ou talvez antes, a flora, essencialmente constituída por gimnospérmicas, começou a ser substituída por um novo tipo de plantas, a que se convencionou designar **angiospérmicas** ou **plantas com flor**. Embora estas plantas apresentem sementes como as gimnospérmicas, uma das principais diferenças entre estes dois grupos vegetais consiste na existência, nas angiospérmicas, de **óvulos encerrados em ovários**. Tanto os órgãos produtores de grãos de pólen como os de óvulos estão agrupados em estruturas denominadas **flores**.

A **flor** dos exemplares do **Phylum Anthophyta** é um ramo especializado, apresentando função reprodutora. Normalmente é composto por numerosos apêndices - as **peças florais** - ; destes apêndices, os mais externos constituem um invólucro denominado **perianto** (formado por sépalas e pétalas), enquanto que os mais internos formam os **órgãos reprodutores** produtores de gâmetas. Os diversos constituintes da flor dispõem-se normalmente em verticilos à volta do receptáculo, sendo toda a estrutura suportada por um **pedúnculo** ou **pedicelo**. Ao conjunto das sépalas dá-se a designação de **cálice** e ao das pétalas **corola**.



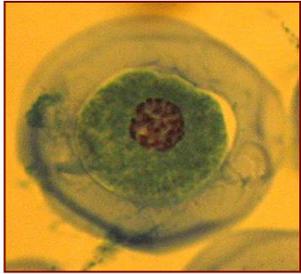
Adaptado de <http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/aencomed/targets/illus/ilt/T012547A.gif>



ANATOMIA DE UMA FLOR

(Adaptado de NEUSHUL, 1974).

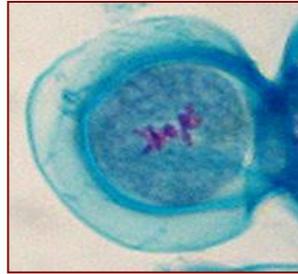
Figuras de Meiose



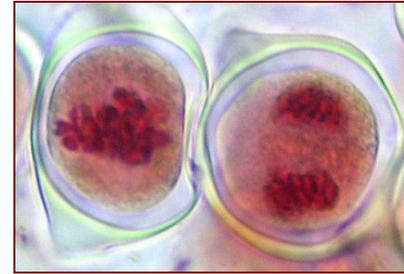
Profase I



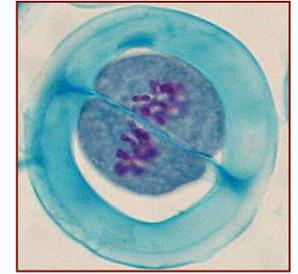
Profase II



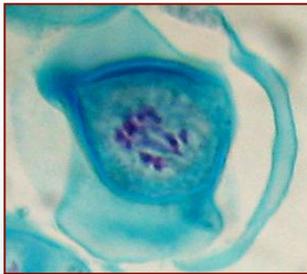
Metafase I



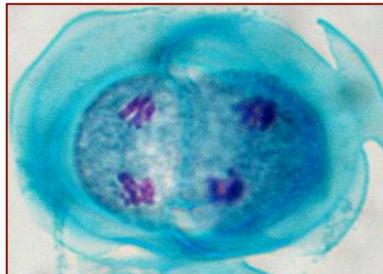
Metafase/Telofase I



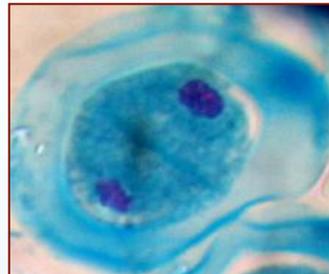
Metafase II



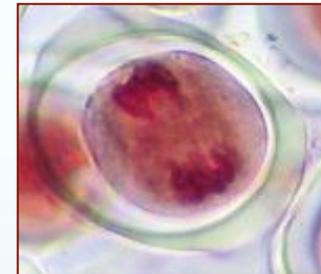
Anafase I



Anafase/Telofase II



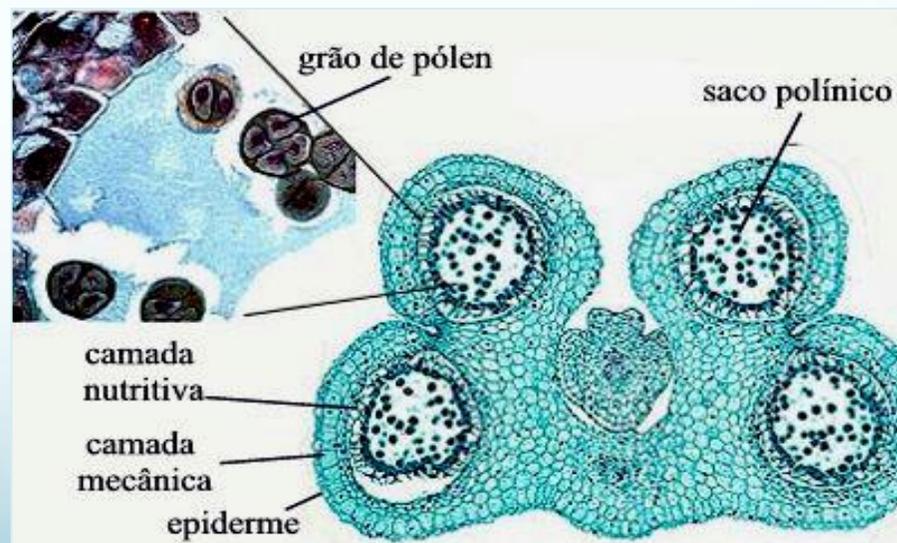
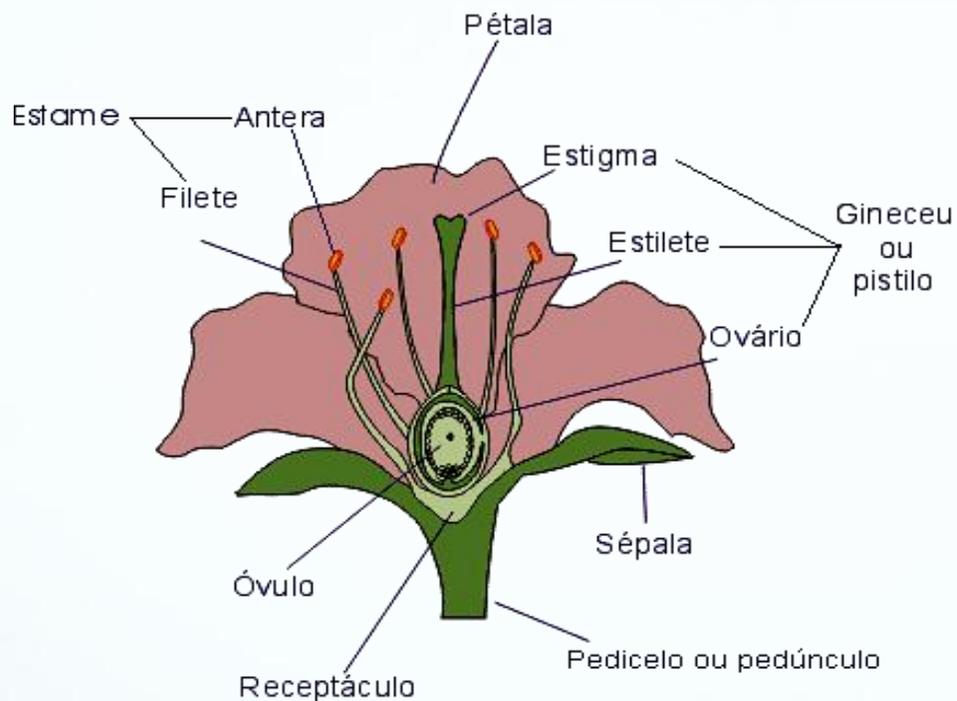
Telofase I



Telofase I



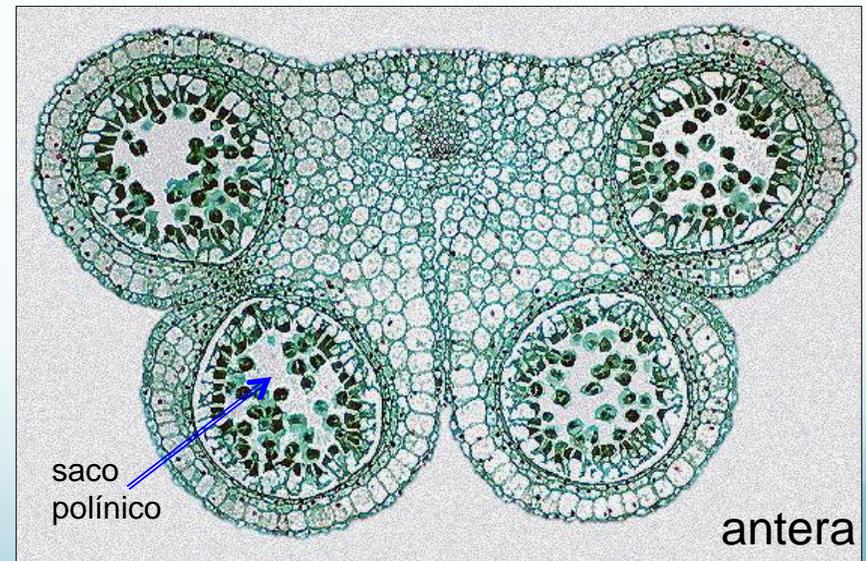
Telofase II



antera - parte do estame responsável pela formação dos grãos de pólen. Constituído, normalmente, por quatro esporângios (microsporângios ou sacos polínicos) fundidos a um tecido central designado conectivo

(<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/flor/imagens/flor-27a.jpg>)

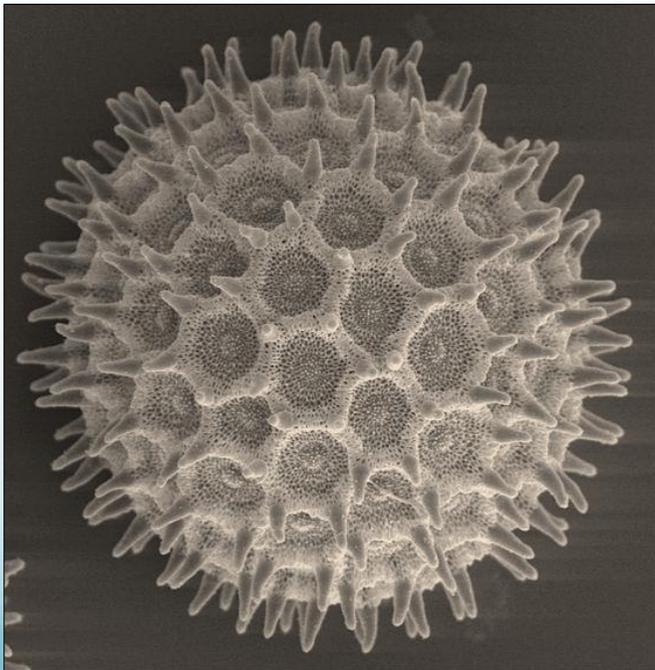
Os grãos de pólen dos exemplares do Phylum Anthophyta são produzidos em microsporângios, os quais estão agrupados numa estrutura que constitui a **antera** e esta tem origem num microsporófilo denominado **filete**. Ao conjunto da antera e do filete dá-se a designação de **estame**. O conjunto dos carpelos constitui o **gineceu** e o dos estames o **androceu**.



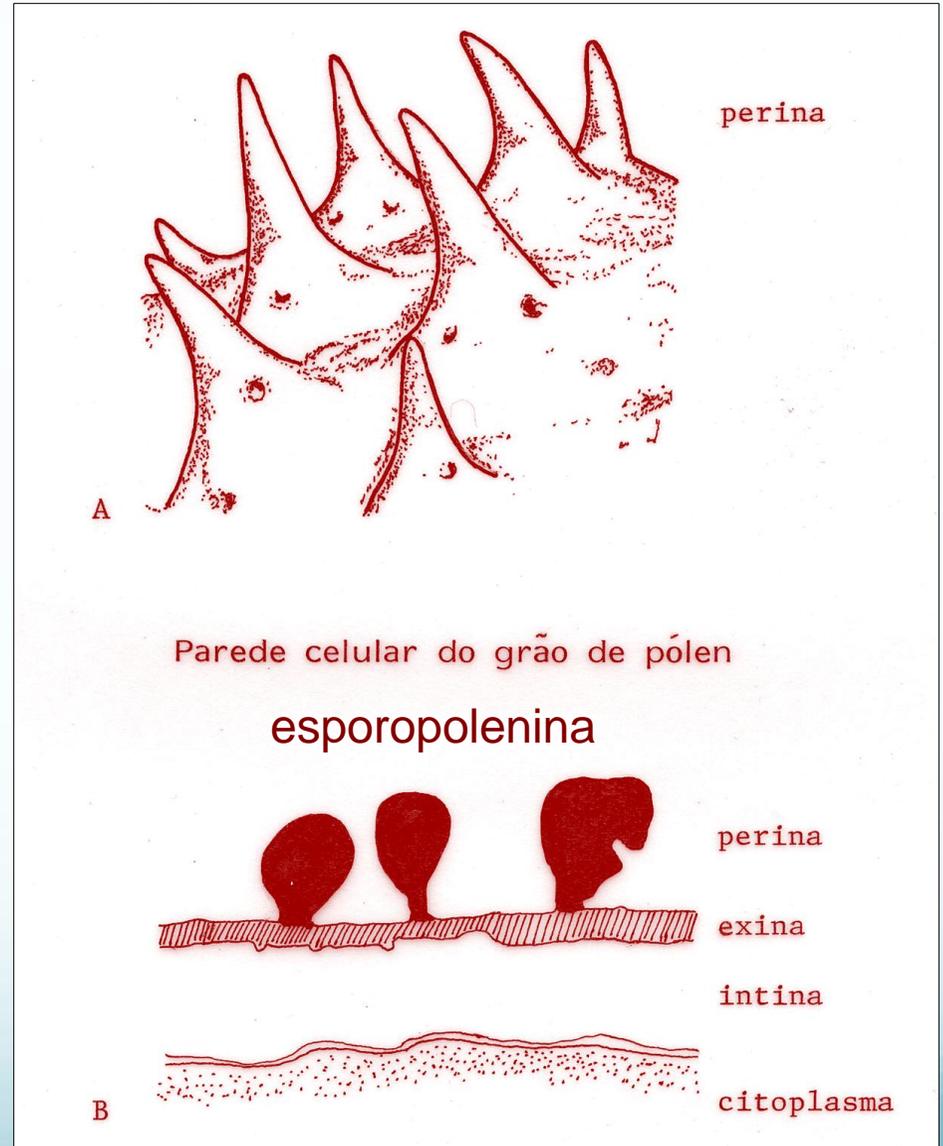
Grãos de pólen



Ipomoea purpurea (Convolvulaceae)



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Ipomoea_purpurea_polle_n.jpg



Ciclo de vida

O ciclo de vida de uma antófito caracteriza-se pela existência de alternância de gerações, em que o esporófito heterospórico, de natureza diplóide, produz macrosporângios e microsporângios que por meiose originam macrósporos e micrósporos de natureza haplóide. No decurso do desenvolvimento do micrósporo, esta estrutura origina **o grão de pólen, o qual contém o gametófito masculino parcialmente desenvolvido**. O gametófito feminino (denominado **saco embrionário**) desenvolve-se no interior do macrósporo. Tal como nas outras plantas com semente, os gametófitos das angiospérmicas são endospóricos, isto é, ambos desenvolvem-se no interior do espora.

No decurso do desenvolvimento do gametófito masculino, ocorrem duas divisões celulares no interior do grão de pólen, produzindo-se um **gametófito com três células (duas células espermáticas e uma célula vegetativa)**. Após cair sobre o estigma, o grão de pólen inicia um processo de embebição que activa todo o seu metabolismo, desenvolvendo-se um tubo polínico que penetra por entre as células do estigma e do estilete até ao óvulo.

Nas gimnospérmicas, o gametófito feminino é grande, produz diversos gâmetas e é responsável pela nutrição do embrião. Pelo contrário, nas angiospérmicas, este gametófito é muito pequeno, produz um só gâmeta funcional e não alimenta directamente o embrião. De igual modo, não produz arquegónios, mas somente uma oosfera. Assim, nestas plantas, a geração gametófito atinge o máximo de dependência e de redução, podendo-se falar da ocorrência de um verdadeiro processo de **miniaturização do gametófito**. O ciclo de vida das angiospérmicas só se completa após a fertilização do gametófito feminino com a consequente formação da semente, a qual contém o embrião.

Desenvolvimento do gametófito

Gametogénesse masculina

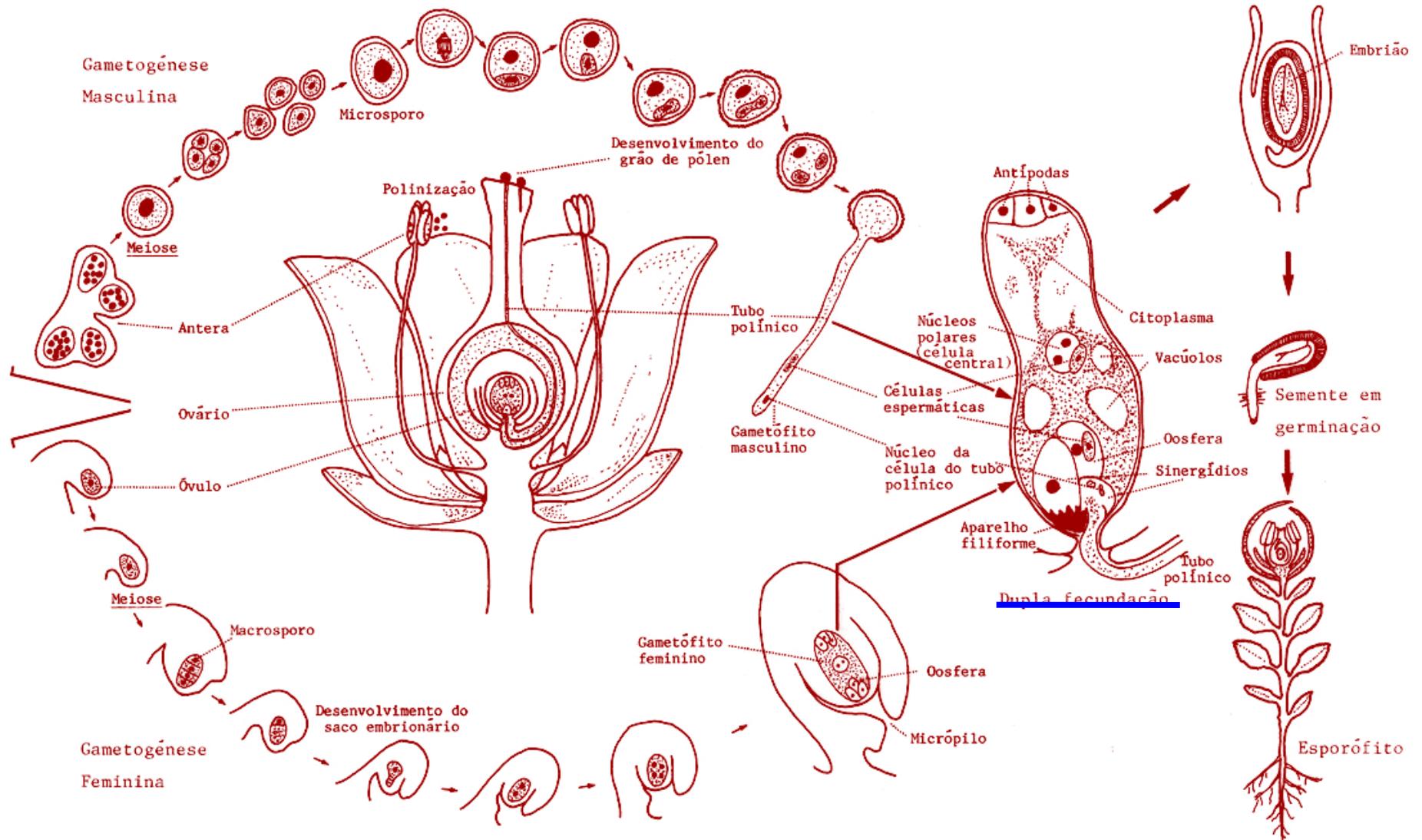
Como nos outros espermatófitos, o micrósporo uninucleado inicia o seu desenvolvimento, mesmo antes da disseminação, através de uma divisão mitótica. Desta divisão resultam duas células uninucleadas com dimensões e morfologia diferentes - a **célula do tubo** ou **vegetativa** - de maiores dimensões e - a **célula germinativa** ou **reprodutora** - mais pequena. O citoplasma desta última célula apresenta-se denso, sem a presença de plastos. O núcleo pode sofrer divisão, originando dois núcleos espermáticos antes da disseminação dos grãos de pólen ou no decurso da formação do tubo polínico. No entanto, em ambos os casos, os núcleos espermáticos estão rodeados por um citoplasma especial e diferente do citoplasma da célula vegetativa, pelo que, podemos considerá-los como **células espermáticas**. Assim, na altura da fecundação, o gametófito masculino apresenta-se constituído por três células: a **célula do tubo** e **duas células espermáticas não flageladas**.

Gametogénesse feminina

O macrosporângio contém um único macrósporo funcional que origina um gametófito feminino. Tal processo é idêntico ao das gimnospérmicas. No decurso da ontogenia deste gametófito decorrem três divisões nucleares no interior do macrósporo, o qual aumenta de volume, formando-se oito núcleos igualmente distribuídos pelos dois pólos do gametófito.

No decurso da maturação do saco embrionário, três dos quatro núcleos situados no pólo micropilar diferenciam-se, constituindo um a **oosfera** e os outros dois os **sinergídios**. Estas duas células caracterizam-se pela existência de projecções em forma de dedo, resultantes da sua parede, e que constituem o **aparelho filiforme**. Três dos quatro núcleos situados no pólo oposto (calazal ou calázico) ao pólo micropilar, originam as **antípodas** que desenvolvem uma parede celular, individualizando-se do citoplasma do saco embrionário. Os dois núcleos restantes situados, um no pólo micropilar e o outro no pólo calázico, migram para a zona central do gametófito passando a constituir os **núcleos polares**. Estes núcleos podem-se unir imediatamente antes ou no momento da fertilização, originando o **núcleo secundário**. Assim, no final, o gametófito feminino maduro da maioria das angiospérmicas apresenta-se constituído por **sete células**, situando-se em cada pólo uma série de três células uninucleadas e entre elas uma célula binucleada central de grandes dimensões, não se formando arquegónios.

CICLO DE VIDA DE UMA ANGIOSPÉRMICA



(Adaptado de NEUSHUL, 1974 e de BOLD, *et al.*, 1980).



A dupla fecundação

A **germinação do grão de pólen** inicia-se logo que este atinge a superfície estigmática, mas só os grãos de pólen da espécie a que pertence o estigma se desenvolvem. Assim, uma **polinização** com sucesso envolve mais do que um mero contacto mecânico entre o pólen e o estigma. Esta compatibilidade está associada, sobretudo, a produtos de secreção produzidos pelo estigma e a substâncias (lípidos, proteínas e glicoproteínas) existentes na parede celular do grão de pólen. Muitas dessas proteínas são enzimas, estando as existentes na exina ou na perina envolvidas nos mecanismos de reconhecimento e compatibilidade com o estigma, enquanto que as que existem a nível da intina estão relacionadas com a penetração, maturação e nutrição do tubo polínico no interior do estigma.

A **germinação dos grãos de pólen** é um processo relativamente rápido, ocorrendo pouco tempo depois destes terem atingido a superfície estigmática, formando-se, em regra, um só tubo polínico. Esta estrutura necessita, por vezes, de percorrer distâncias relativamente longas até atingir o óvulo (na ordem dos 10 cm ou mesmo superior em algumas espécies). Assim, a explicação para a construção da parede celular do **tubo polínico** tem levantado algumas questões, já que a grande maioria dos grãos de pólen das angiospérmicas não contém os materiais necessários para a edificação do longo tubo polínico necessário para atingir o óvulo. A explicação mais aceitável foi encontrada há poucos anos através da utilização de marcadores radioactivos, verificando-se que as células que revestem o canal do estilete por onde passa o tubo polínico, segregam substâncias que são incorporadas ou intercaladas na parede celular do tubo polínico.

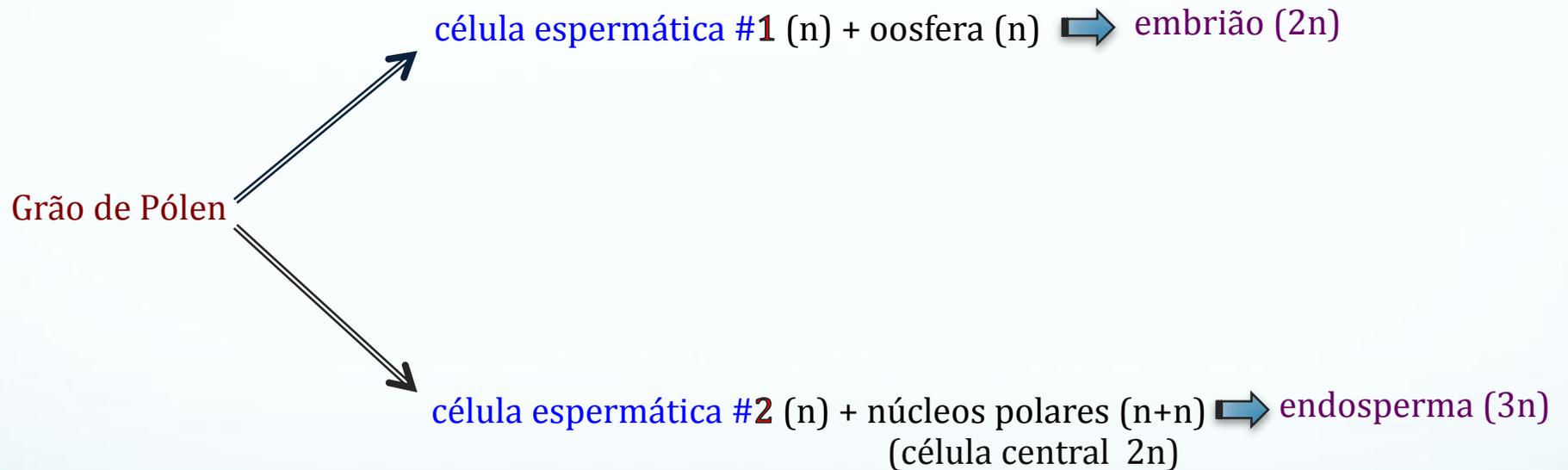
No decurso do crescimento desta estrutura, um **dos sinergídios apresenta sinais de degenerescência**. O **tubo polínico** penetra através do **aparelho filiforme** dessa célula e no interior do seu citoplasma liberta as **duas células espermáticas**, o **núcleo da célula vegetativa** e algum citoplasma. A partir do sinergídio uma das células espermáticas penetra na oosfera, verificando-se a união dos núcleos dessas duas células, enquanto que a segunda célula espermática penetra na célula central, unindo-se aos dois núcleos polares. Em virtude de ambas as células espermáticas estarem envolvidas em uniões nucleares, é comum falar de **dupla fecundação**. Este fenómeno parece estar limitado às angiospérmicas e foi descrito pela primeira vez em 1898.

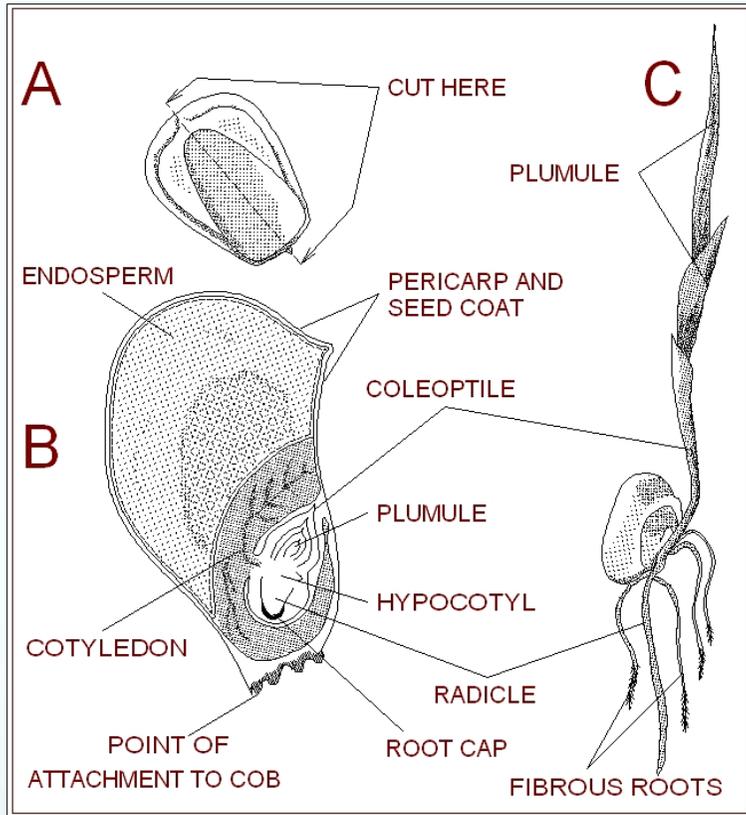
O **sinergídio** parece desempenhar um papel vital neste processo. Assim, além de promover a extensão da parede, através do aparelho filiforme, para o qual o tubo polínico cresce, esta célula fornece o ambiente líquido adequado para que a fecundação possa ocorrer e, assim, formar-se um zigoto que originará um embrião.

Na segunda fecundação, a célula espermática funde-se com os dois núcleos polares originando uma célula com um núcleo triplóide - **célula-mãe do endosperma** - que por divisão origina um tecido - o **endosperma** - o qual desempenha papel importante na nutrição do embrião em desenvolvimento. O conjunto formado pelo embrião e pelo tecido de reserva, envolvidos por tegumentos, denomina-se **semente** e esta, ao germinar, origina uma nova planta.

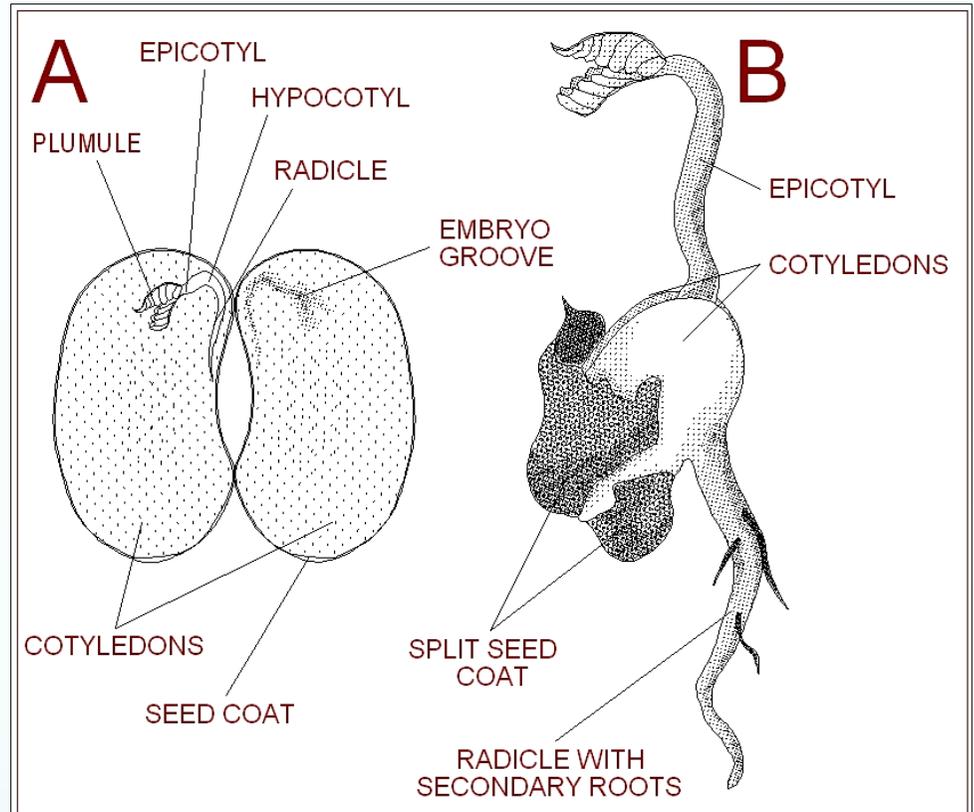


Angiospérmicas - dupla fecundação





Monocotiledónea



Dicotiledónea

semente

- embrião – origina raiz, caule e folhas
- endosperma – tecido de reserva
- testa – camada envolvente

A recente descoberta de fósseis de representantes de angiospérmicas primitivas do género *Archaeoфраuctus* veio alterar profundamente o nosso conhecimento sobre a evolução deste grupo vegetal. Estes fósseis foram descobertos no final da década de 1990 no nordeste da China e datados de há 125 milhões de anos (Cretácico Inferior). Eram plantas herbáceas de pequenas dimensões, com habitat aquático, que tinham sementes inclusas em carpelos ou frutos e não apresentavam diferenciação em sépalas ou pétalas. Alguns dos seus ramos possuíam carpelos e estames que se posicionavam acima da superfície da água. A natureza aquática do seu habitat sugere que a evolução inicial das angiospérmicas terá ocorrido neste tipo de ecossistema, em que as plantas apresentariam um crescimento rápido com um período reprodutor curto, situação actualmente presente em muitas angiospérmicas.

