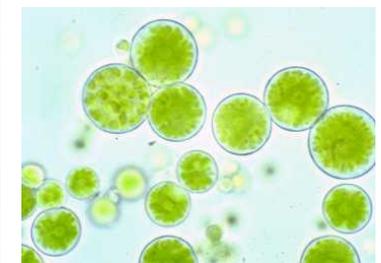
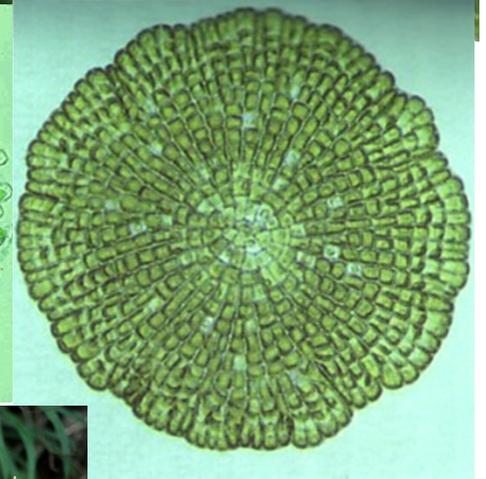
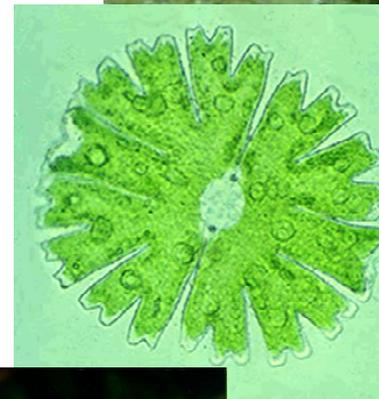
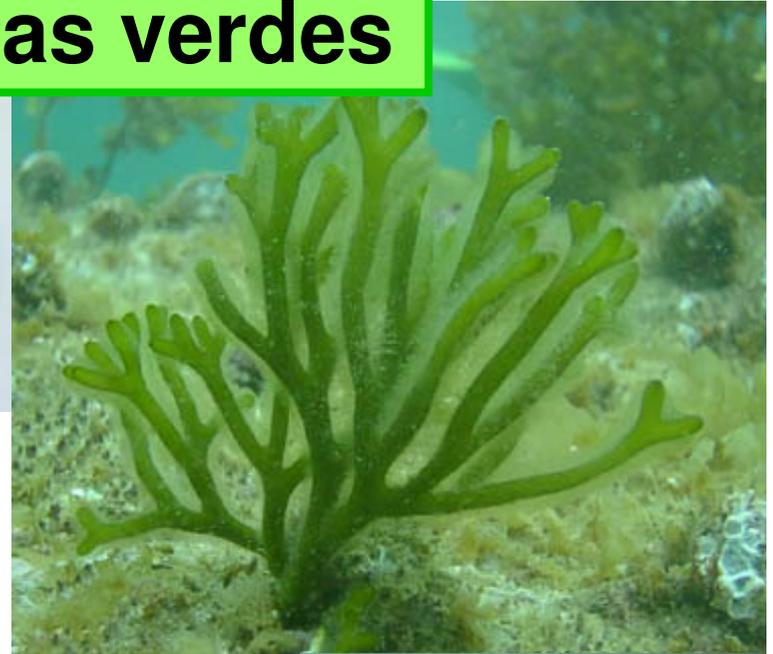
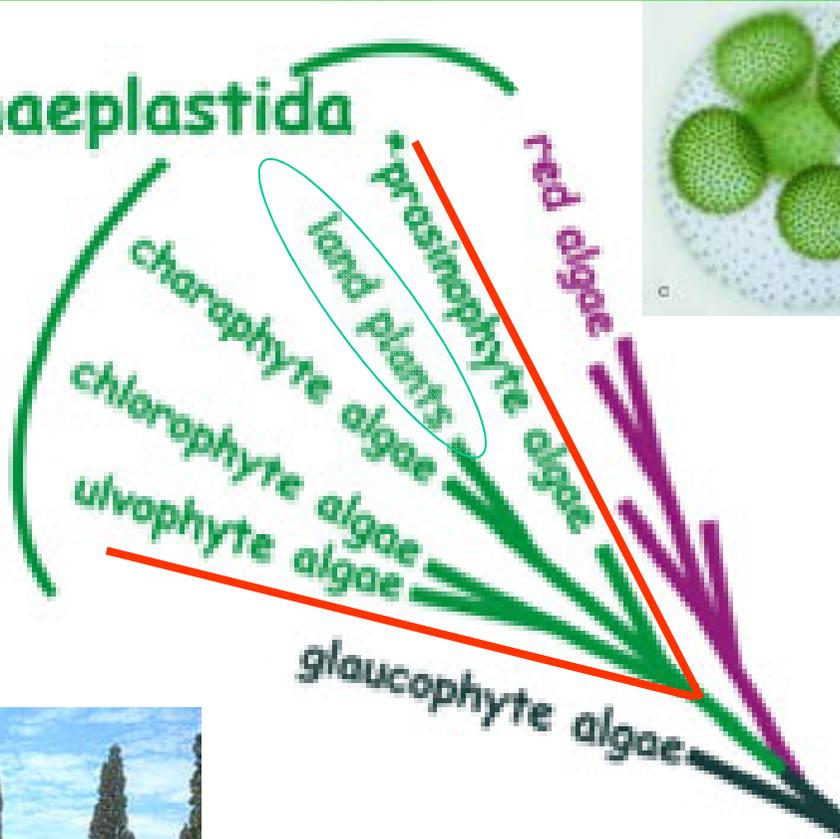


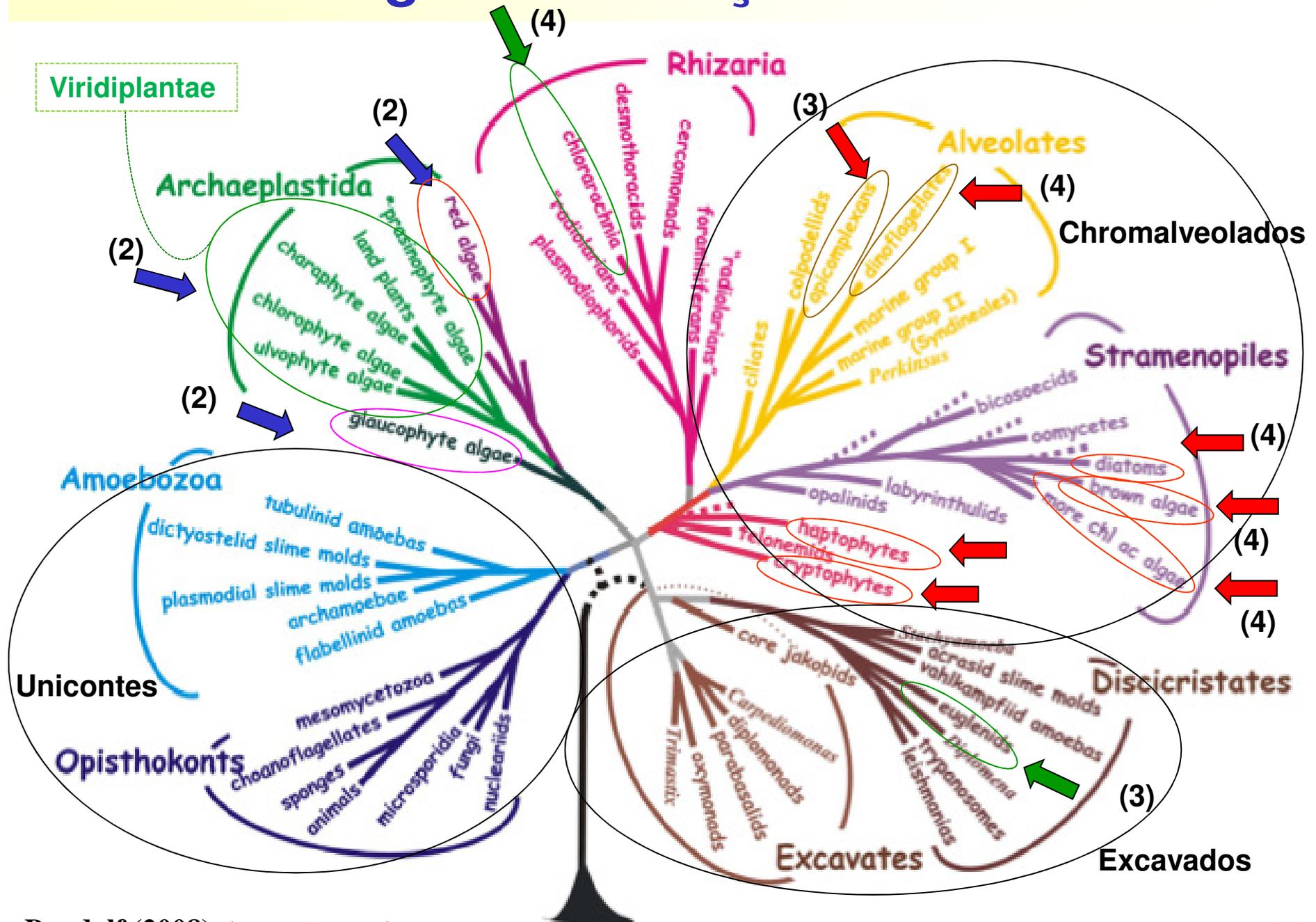
Linhagem Viridiplantae: algas verdes

Archaeplastida

(2)



Origem e evolução dos eucariotos



Baudalf (2008): árvore filogenética de eucariotos baseada em dados moleculares e ultra-estruturais. + Keeling (2004)

Viridiplantae ou Chlorobionta

1. “Algas verdes”

2. “Briófitas”

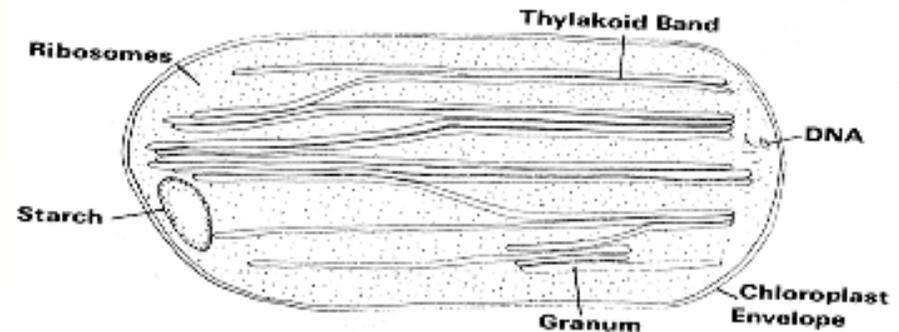
3. Licófitas

4. Monilófitas

5. Plantas com sementes

Embriófitas

(500.000 espécies)



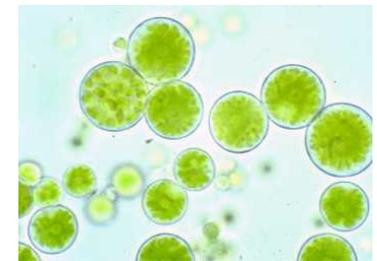
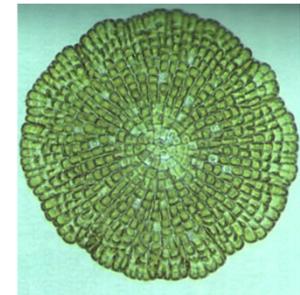
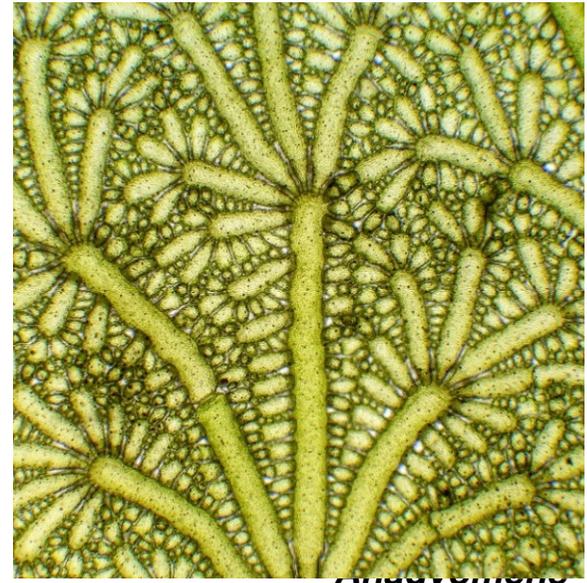
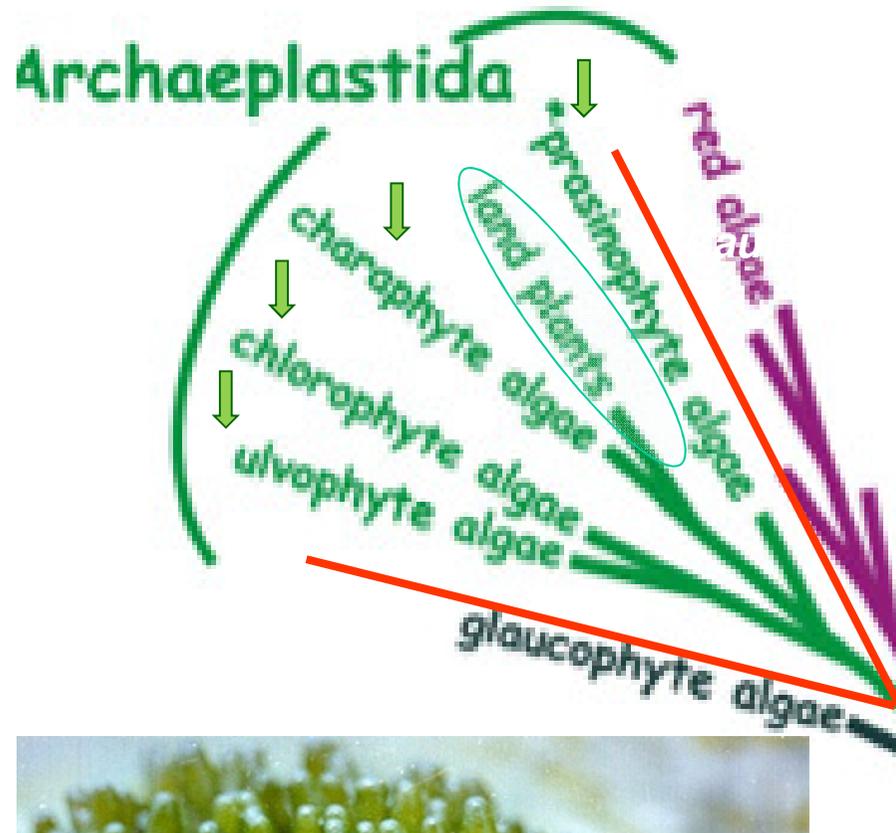
linhagem filogenética monofilética

Sinapomorfias {
- clorofila b.
- reserva (amido dentro dos cloroplastos).
- ultra-estrutura do cloroplasto.

Outras características

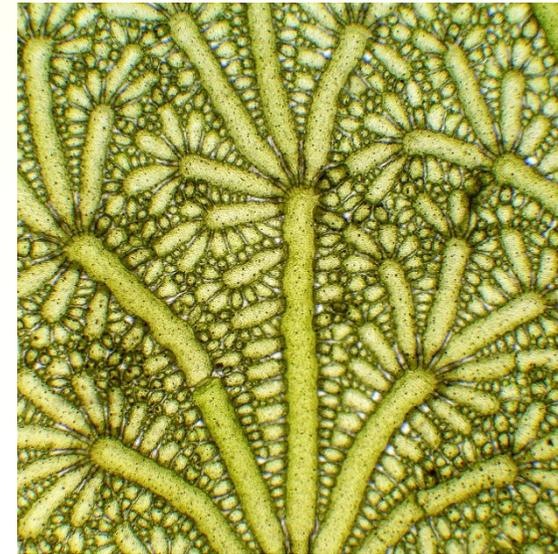
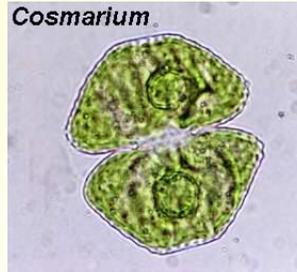
- pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e b, carotenóides)
- parede celular (celulose)
- gametas biflagelados

ALGAS VERDES



Algas Verdes

- eucarióticas
- pigmentos
 - clorofila *a* e *b*
 - xantofilas (luteína)
 - carotenos (beta-caroteno)
- **reserva:** amido (dentro do cloroplasto).
- **flagelos:** em alguma fase do ciclo - 2 iguais (múltiplos)
- **parede:** celulose (alguns - CaCO_3). →



Anadyomene

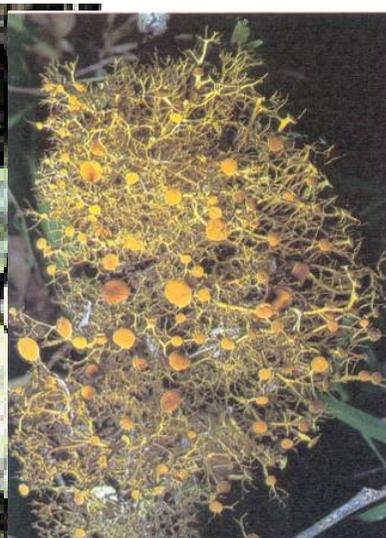


Ocorrência

- 90% **água doce** (maioria plactônicas)
- marinhas (bentônicas: principalmente tropicais e sub-tropicais)
- terrestres (ex. *Trentepohlia*)
- gelo (ex. *Chlamydomonas*)
- saprófitas (sem pigmentos)
- associações simbióticas: com fungos (líquens)



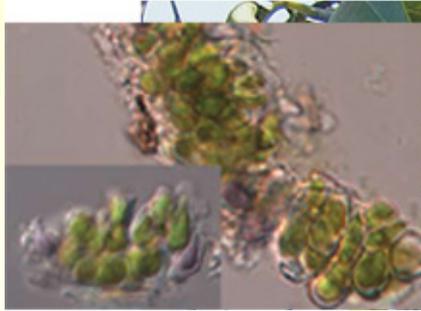
Algas verdes



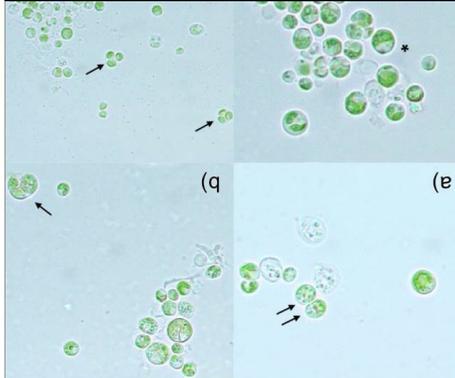
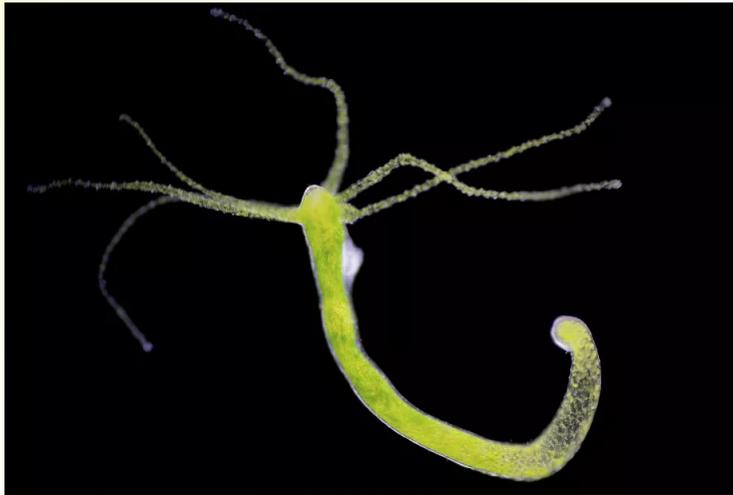
Algas verdes

Ocorrência

- associações simbióticas:
protozoários, celenterados
(hidra), anfíbios,
mamíferos, etc.



SUUTARI. M. et al. Molecular evidence for a diverse green algal community growing in the hair of sloths and a specific association with *Trichophilus welckeri* (Chlorophyta, Ulvophyceae). *BMC Evolutionary Biology*. publicado on-line em 30 mai. 2010. *BMC Evolutionary Biology*.



Symbiosis (2019) 77:161–175

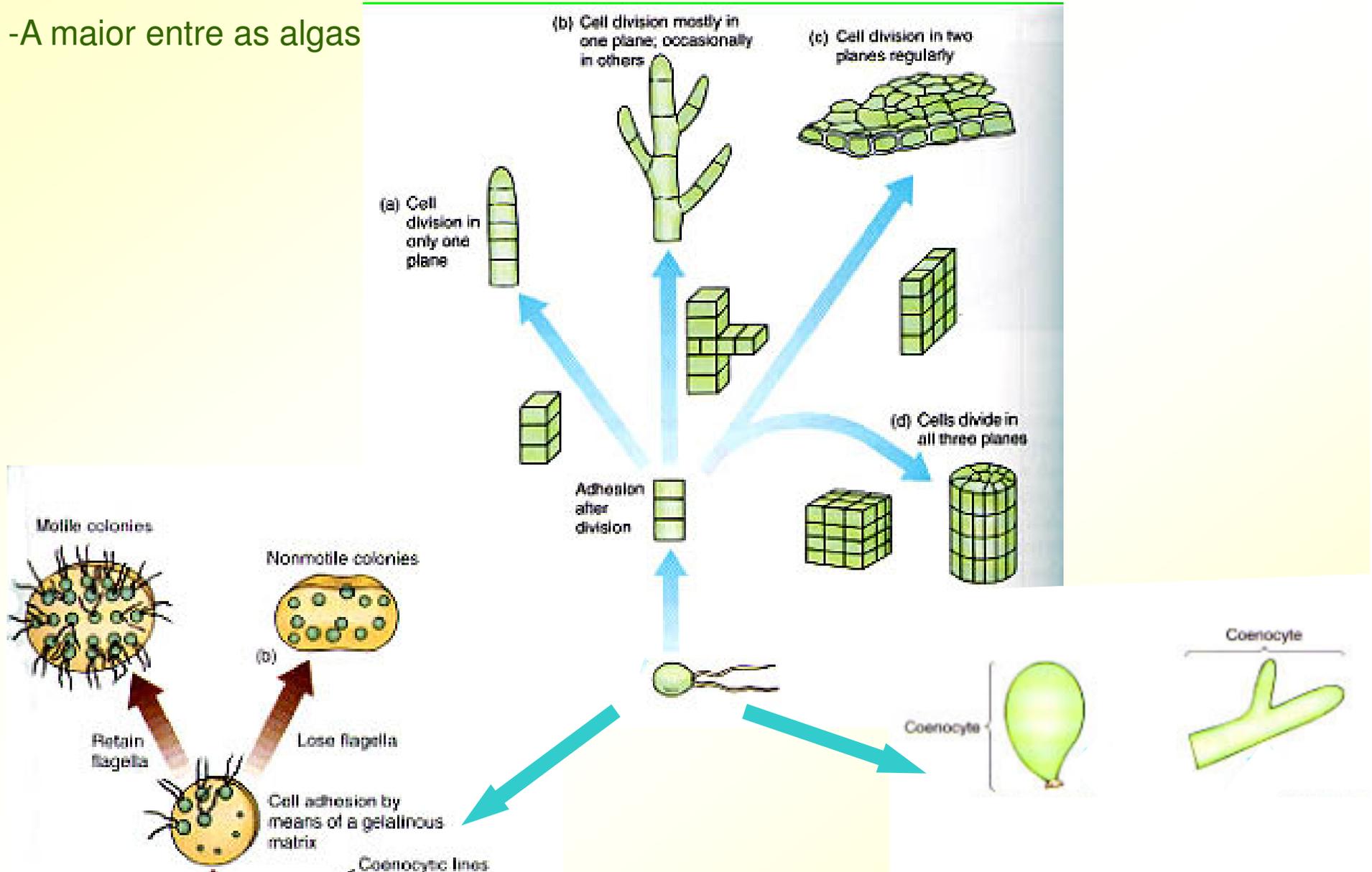
Spotted salamander embryos have an unexpectedly close relationship with a single-celled alga (*Oophila amblystomatis*, Chlorococcales) online 30 July 2010 | *Nature* - doi:10.1038/news.2010.384



Diversidade de formas

Algas verdes

-A maior entre as algas



Talo colonial

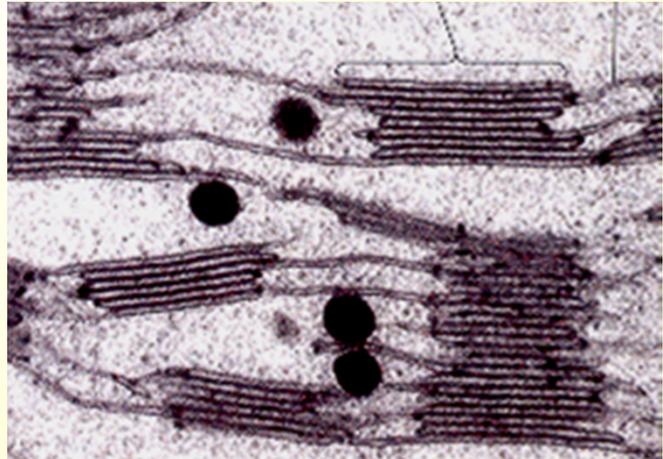
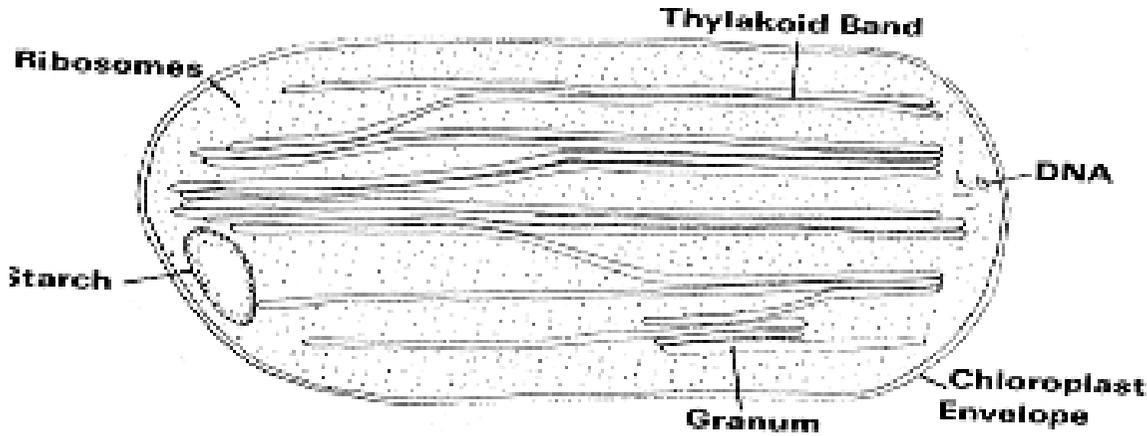
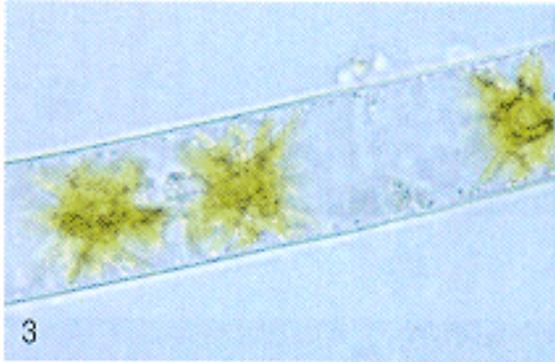
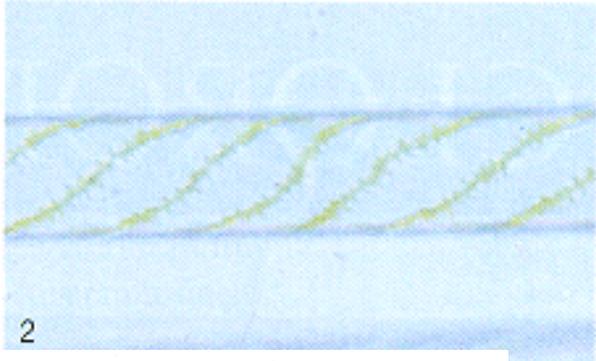
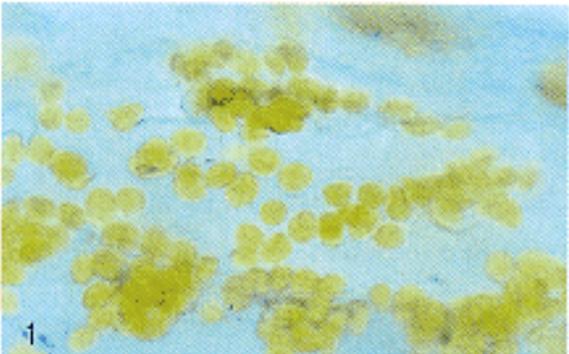
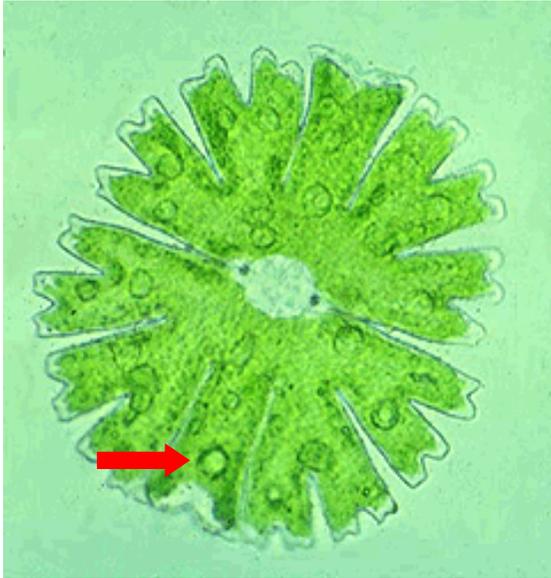
Talo cenocítico

Algas verdes

Organização celular

Cloroplasto - forma variável

- Um a muitos cloroplastos por célula (invólucro de duas membranas).
- Bandas de 2-6 tilacóides, algumas têm grana.
- **pirenoide** (1 ou + por cloroplasto ou ausente)



Reprodução

vegetativa

divisão celular
fragmentação

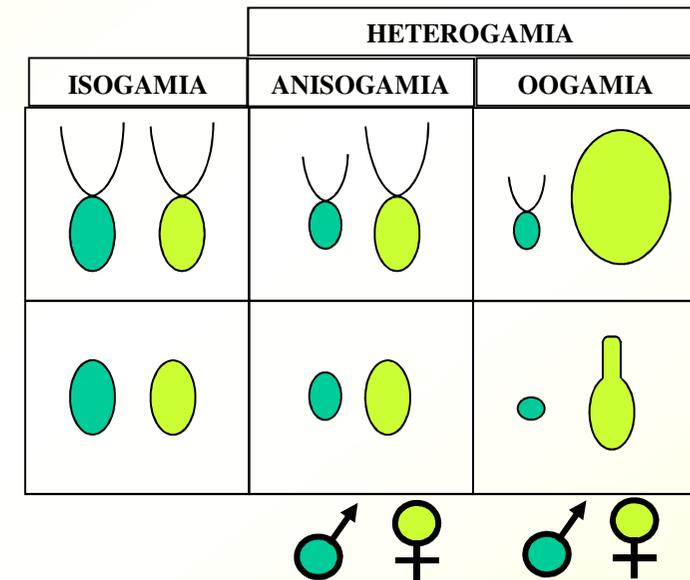
espórica

zoósporos
aplanósporos

gamética

isogamia
anisogamia
oogamia
(planogametas
ou
aplanogametas)

Algas Verdes



Histórico de vida:

- **haplobionte** haplonte (meiose zigótica). Ex.: *Zygnema*, *Spirogyra*.
- **haplobionte** diplonte (meiose gamética). Ex.: *Caulerpa*, *Codium*.
- **diplobionte** (meiose espórica):
 - diplobionte isomórfico. Ex.: *Ulva*, *Chaetomorpha*.
 - diplobionte heteromórfico. Ex.: *Derbesia* (2n) e "*Halicystis*" (n).

Algas Verdes

Reprodução:

Vegetativa:

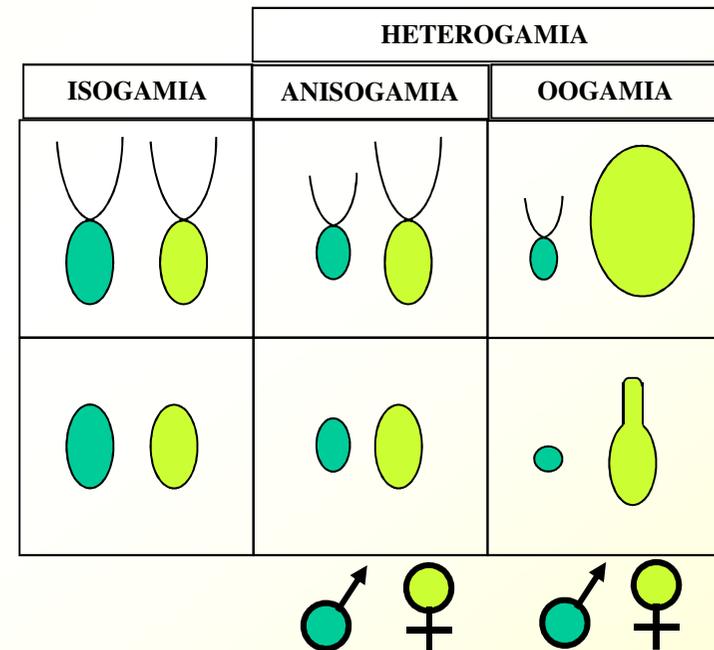
divisão celular
fragmentação

Espórica:

zoósporos
aplanósporos

Gamética:

isogamia
anisogamia
oogamia



Histórico de vida:

-**haplobionte** diplonte. Ex.: *Caulerpa*, *Codium*.

-**haplobionte** haplonte. Ex.: *Zygnema*, *Spirogyra* e *Nitella*.

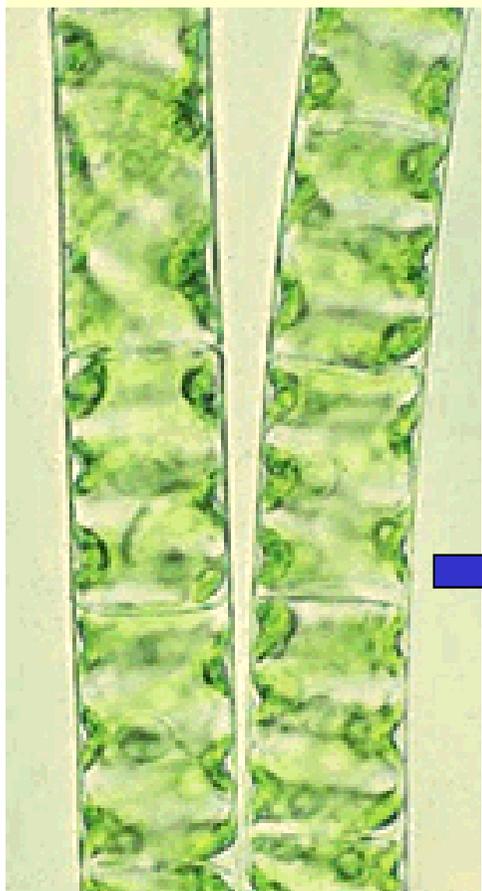
-**diplobionte**: diplobionte isomórfico. Ex.: *Ulva*, *Chaetomorpha*.

diplobionte heteromórfico. Ex.: *Derbesia* (2n) e *Halicystis* (n).

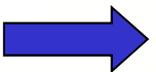
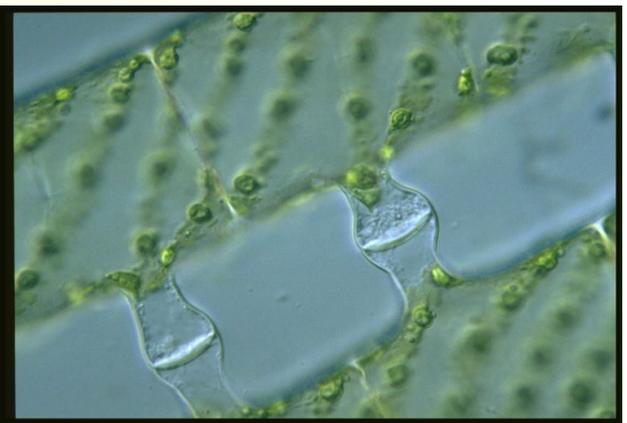
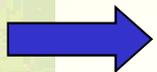
Algas verdes

Haplobionte haplonte

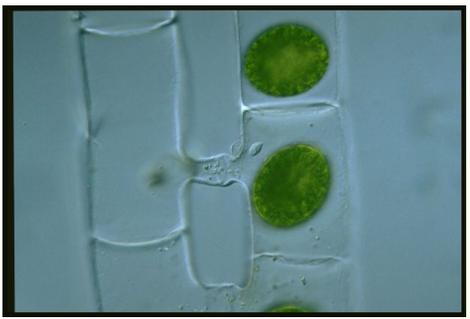
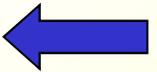
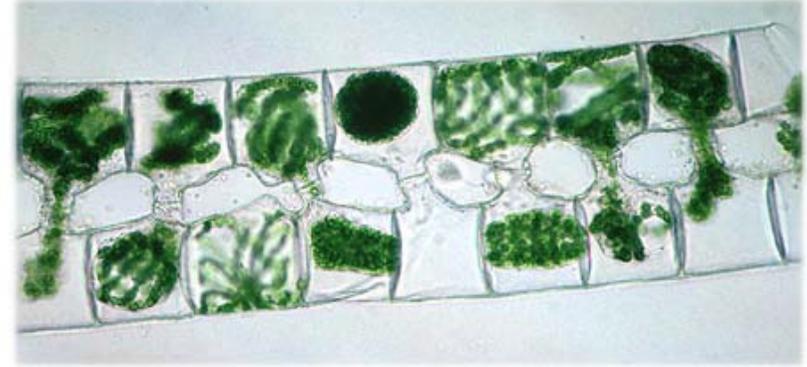
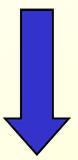
Ex. *Spirogyra* (alga verde)



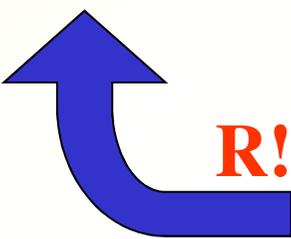
Talo (n)



Plasmogamia



Zigoto (2n)



R!

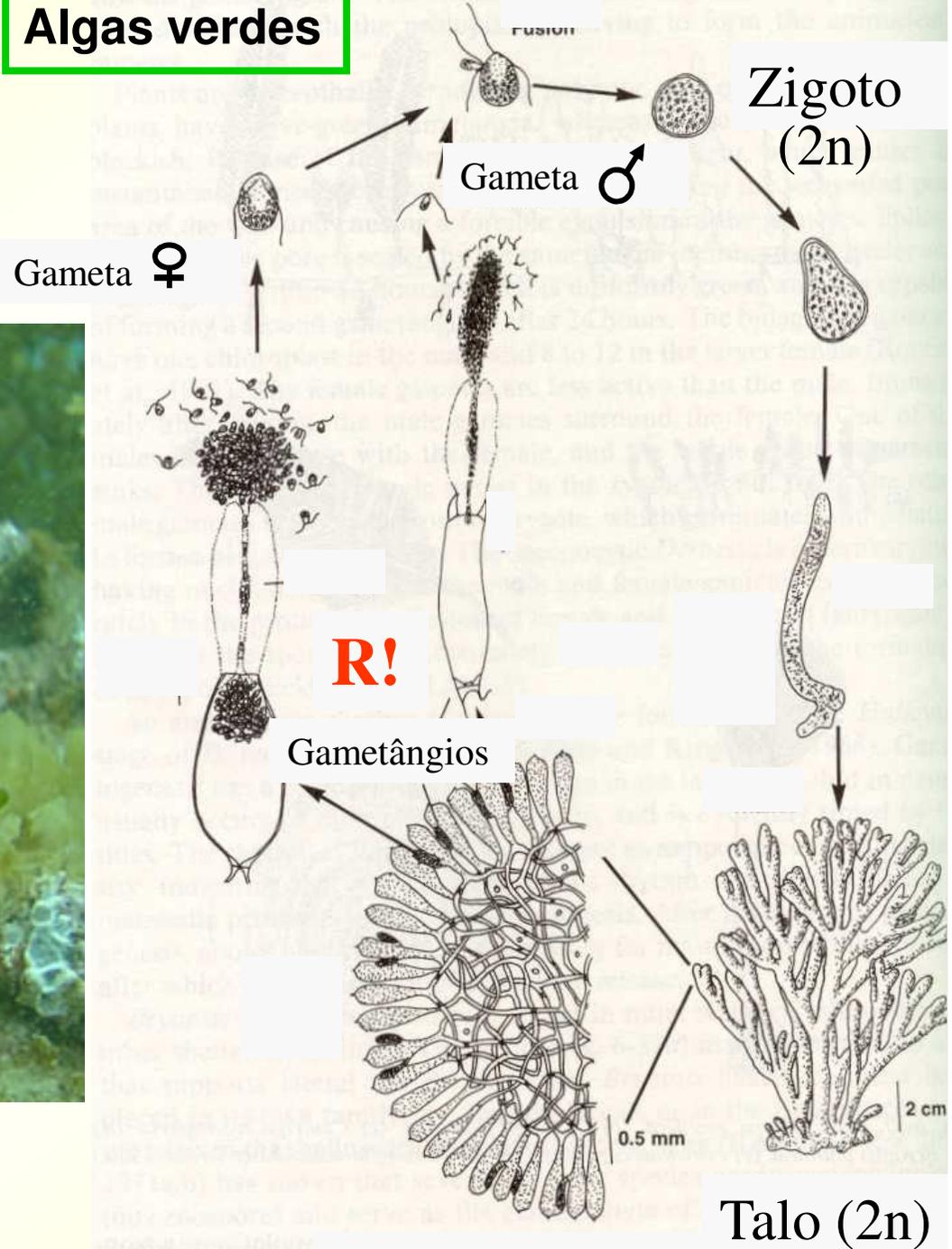
(meiose zigótica)

Haplobionte diplonte



Ex. *Codium* (alga verde)
(meiose gamética)

Algas verdes

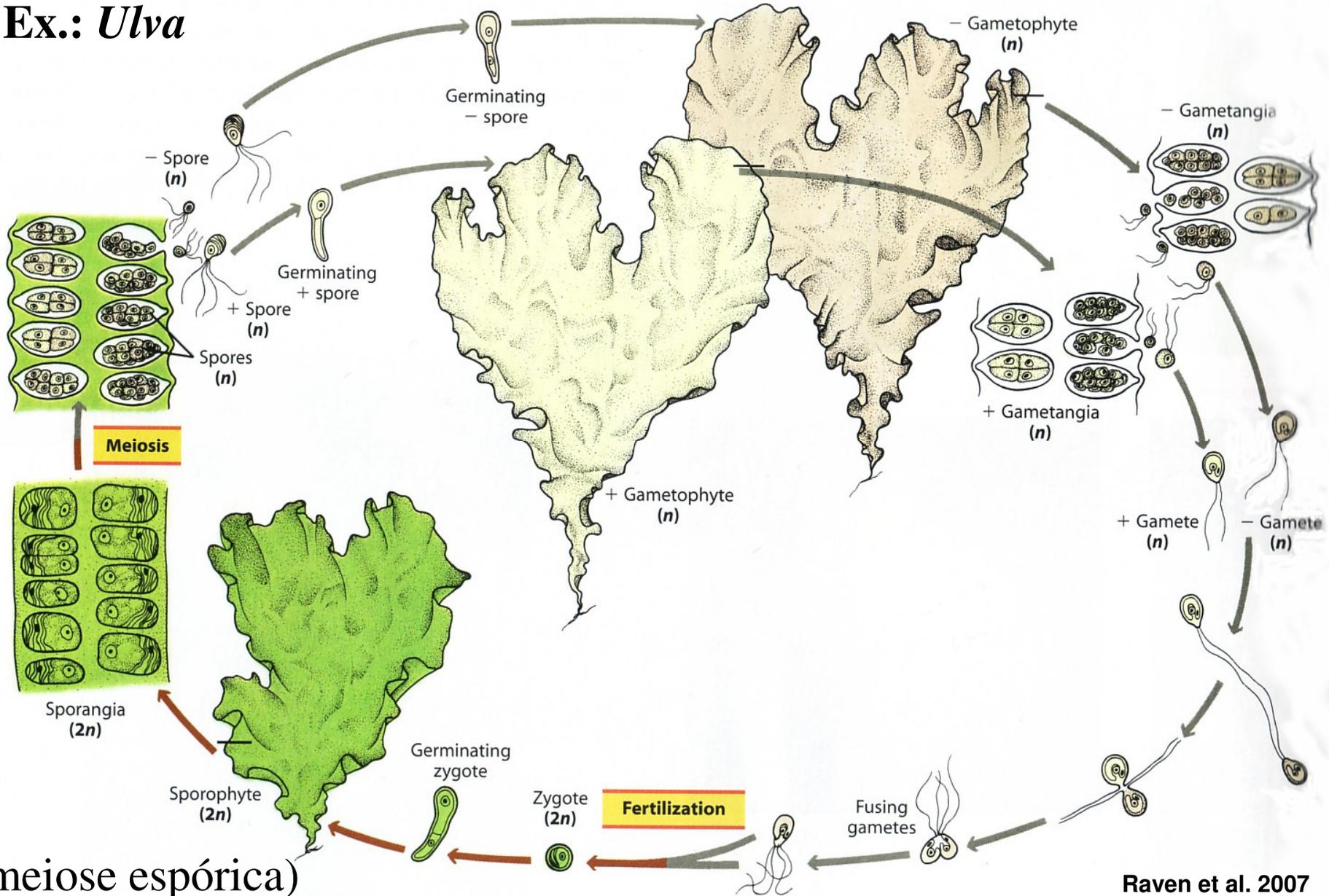


Lee 2008

Diplobionte isomórfico

Algas verdes

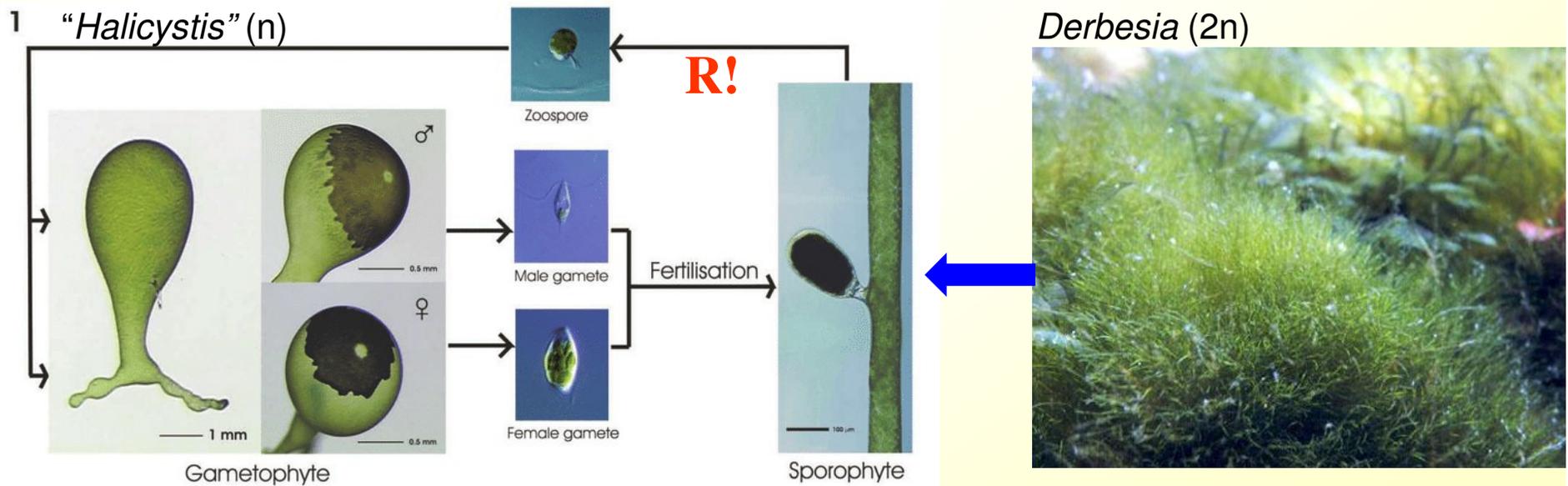
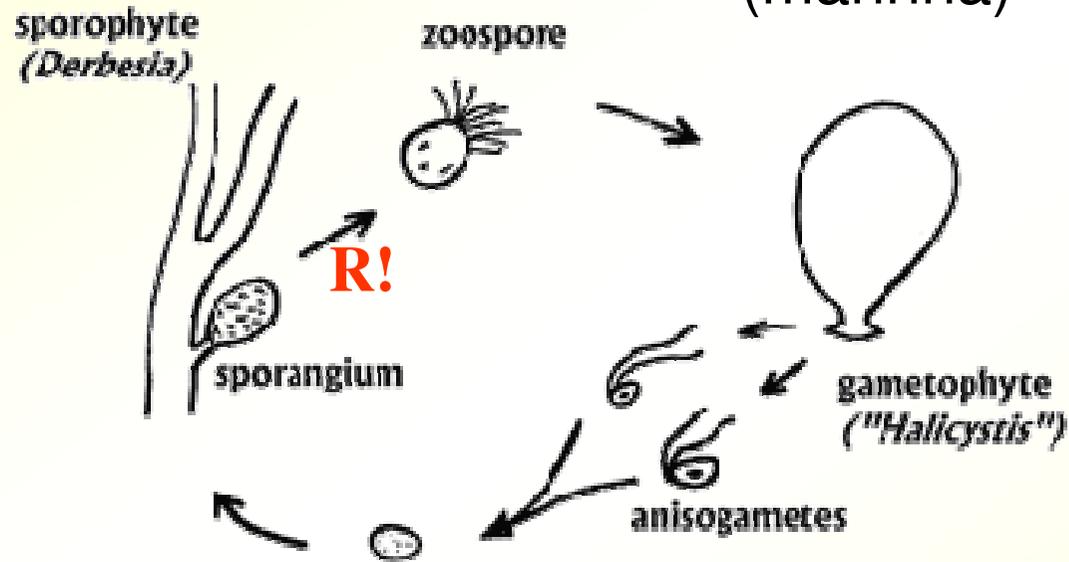
Ex.: *Ulva*



(meiose espórica)

Diplobionte heteromórfico

Ex.: *Derbesia* (2n) e "*Halicystis*" (n)
(marinha)

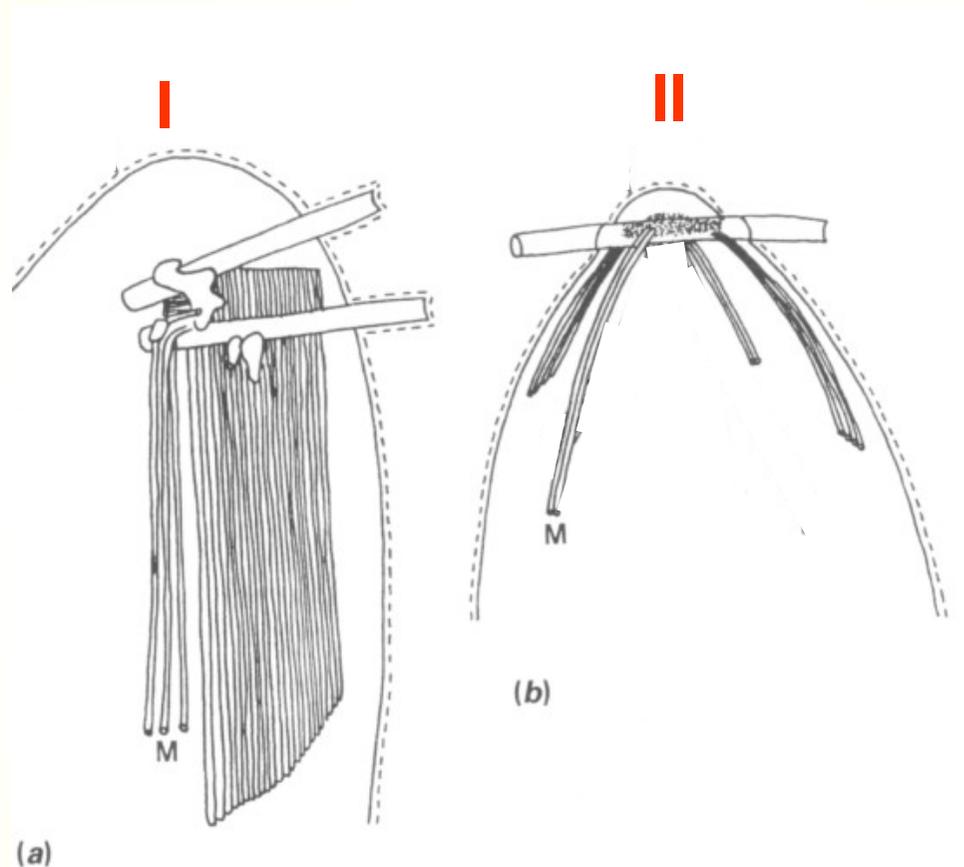


Algumas características ultra-estruturais e bioquímicas para distinção entre grupos

- 1. Flagelos (Ancoramento)**
- 2. Orientação dos microtúbulos durante a divisão celular**
- 3. Degradação do glicolato**

1. Ancoramento dos flagelos

- raízes microtubulares (duas bandas de microtúbulos, uma menor) - I
- raízes fibrosas - quatro bandas de microtúbulos - II



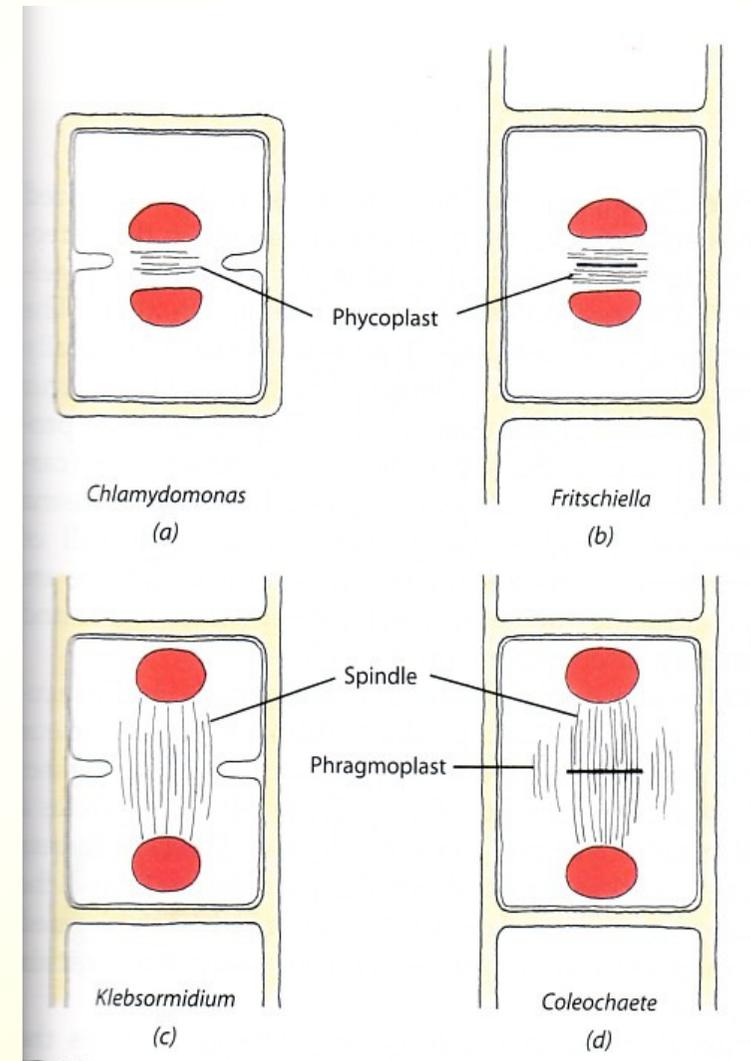
2. Orientação dos microtúbulos durante a citocinese

Ficoplasto

- Colapso do aparato do fuso depois da mitose.
- Microtúbulos orientados na mesma direção do plano da divisão celular.

Fragmoplasto

- Telófase com fusos persistentes.
- Microtúbulos orientados perpendicularmente ao plano de divisão celular.



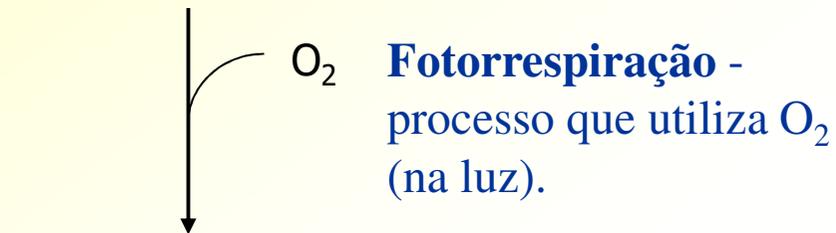
Centrípeta
(estrangulamento)

Centrífuga
(placa celular)

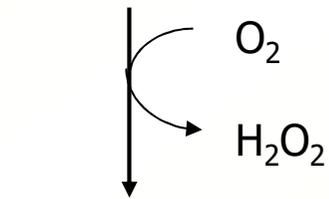
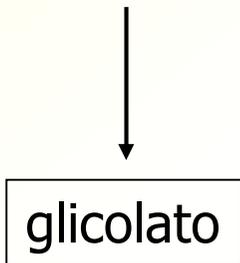
3. Metabolismo - degradação do glicolato

Muito Oxigênio:

Ribulose 1,5-difosfato (**Rubisco**)

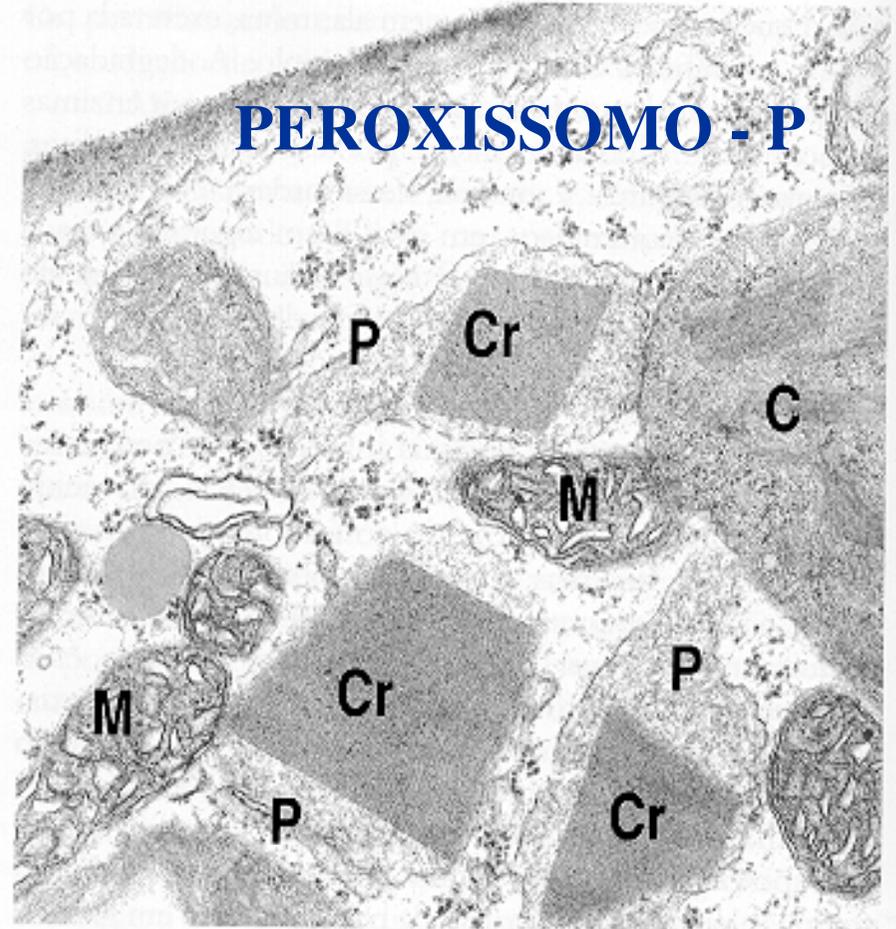


fosfoglicolato



glioxilato

glicolato desidrogenase
glicolato oxidase (peroxissomos)



Filogenia e evolução de algas verdes

Evidências ultra-estruturais, bioquímicas e moleculares



Duas linhagens

- Filo Chlorophyta

I. Prasinófitas (7 clados)

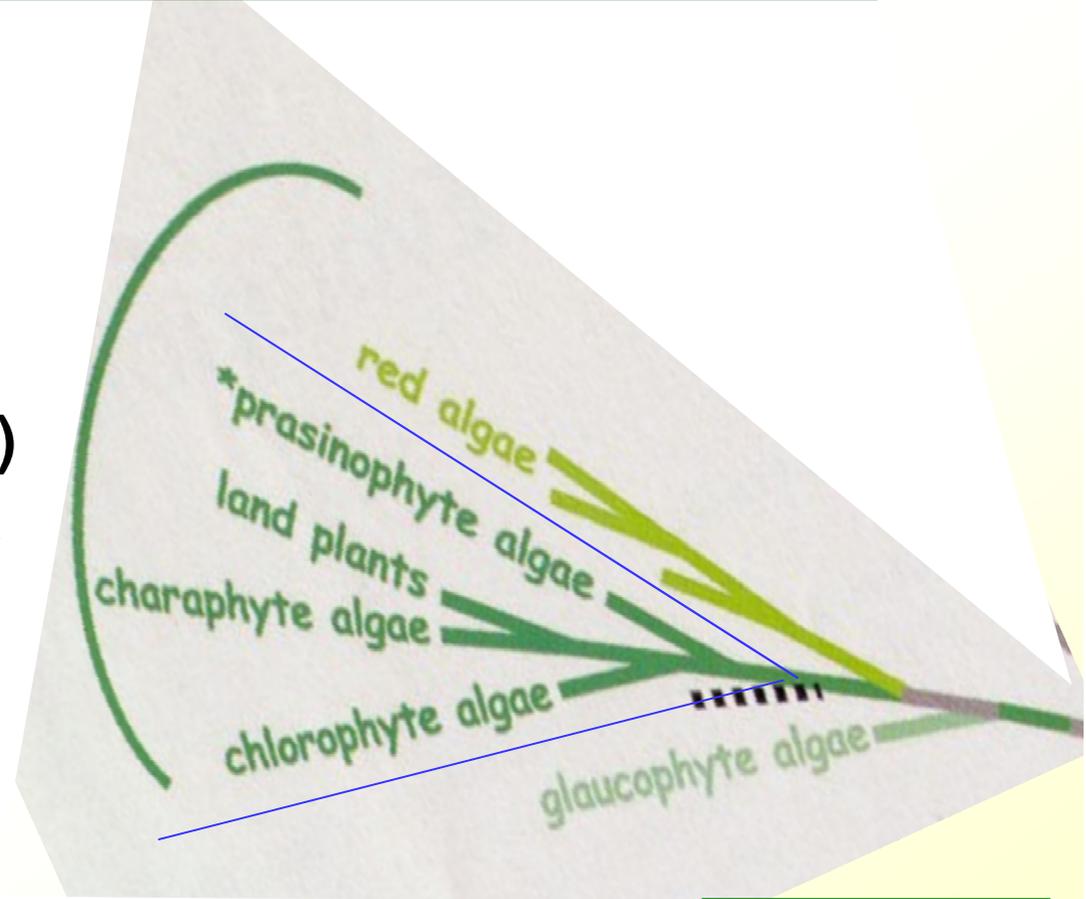
- não monofilético*

II. Clorófitas (UTC)

Ulvophyceae*

Trebouxiophyceae

Chlorophyceae



Archaeplastida

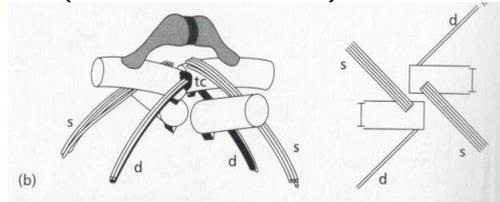
- Filo Streptophyta (algas carofíceas)

*bem representados no ambiente marinho

Características diferenciais entre Carofíceas e as demais algas verdes

Demais algas verdes (Filo Chlorophyta)

- células flageladas simétricas
- enzima glicolato desidrogenase
- flagelo com 4 grupos de microtúbulos (cruciados)



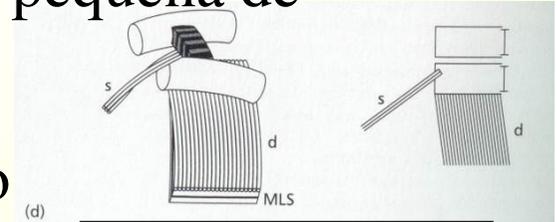
-ficoplasto



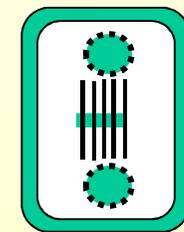
-Fibrilas de celulose com diâmetro maior

Carofíceas e Embriófitas (Filo Streptophyta)

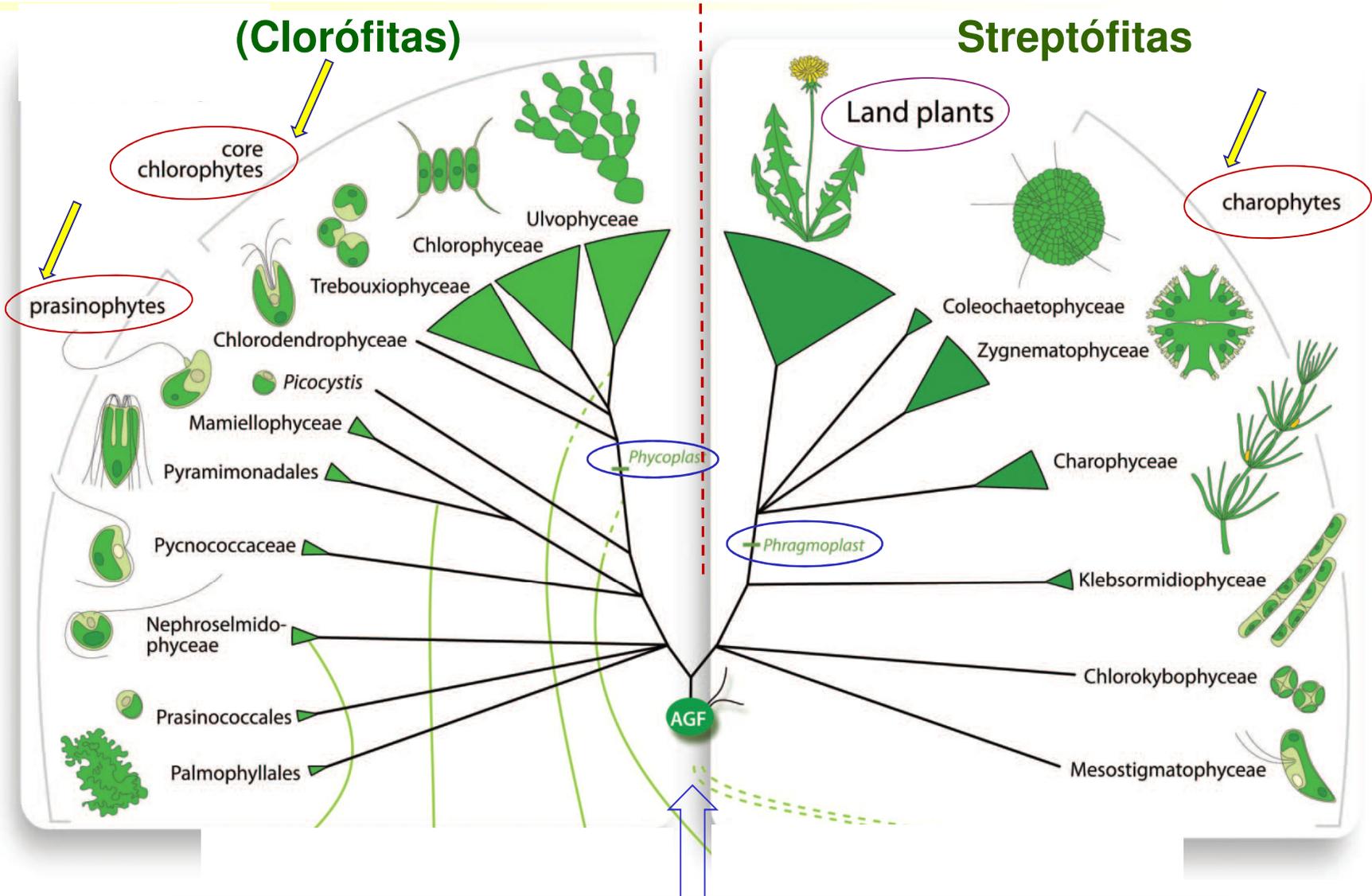
- células flageladas assimétricas
- enzima glicolato oxidase
- flagelo associado a 1 banda grande e uma pequena de microtúbulos
- fragmoplasto



FRAGMOPLASTO



-Fibrilas de celulose com diâmetro menor



ANCESTRAL Unicelular flagelado (escamas) marinho	haplobionte haplonte células móveis com quatro raízes flagelares Citocinese por estrangulamento
---	---

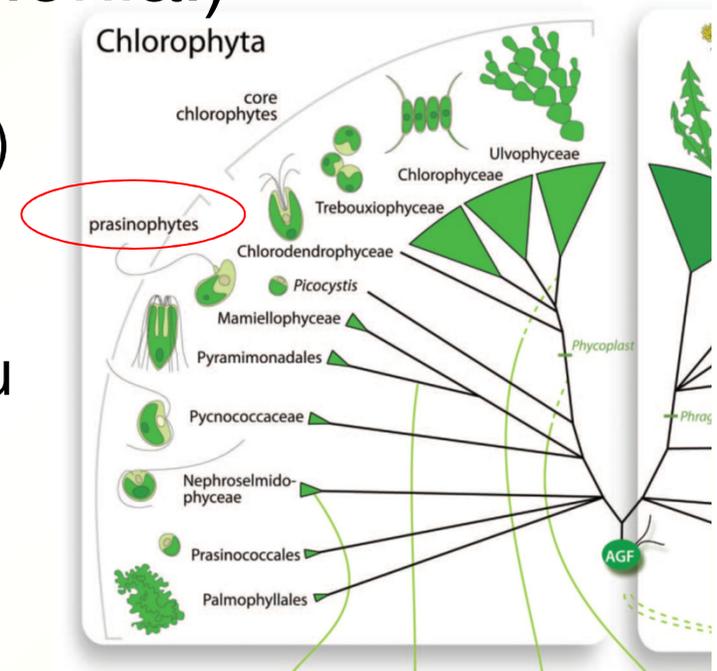
Overview phylogeny of the green lineage (Leliaert et al. 2012. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31:1–46)

Filo Chlorophyta

Algas Verdes

I. Prasinófitas (unicelular ou colonial)

- Marinhas (picoplâncton: 0,2-3,0 μm) e de água doce.
- Formas unicelulares: flageladas ou aflageladas.



Pyranomonas



Nephroselmis

Filo Chlorophyta

II. Clorófitas (agrupamento UTC)

- maioria das algas verdes
- unicelulares e multicelulares

Trebouxiophyceae

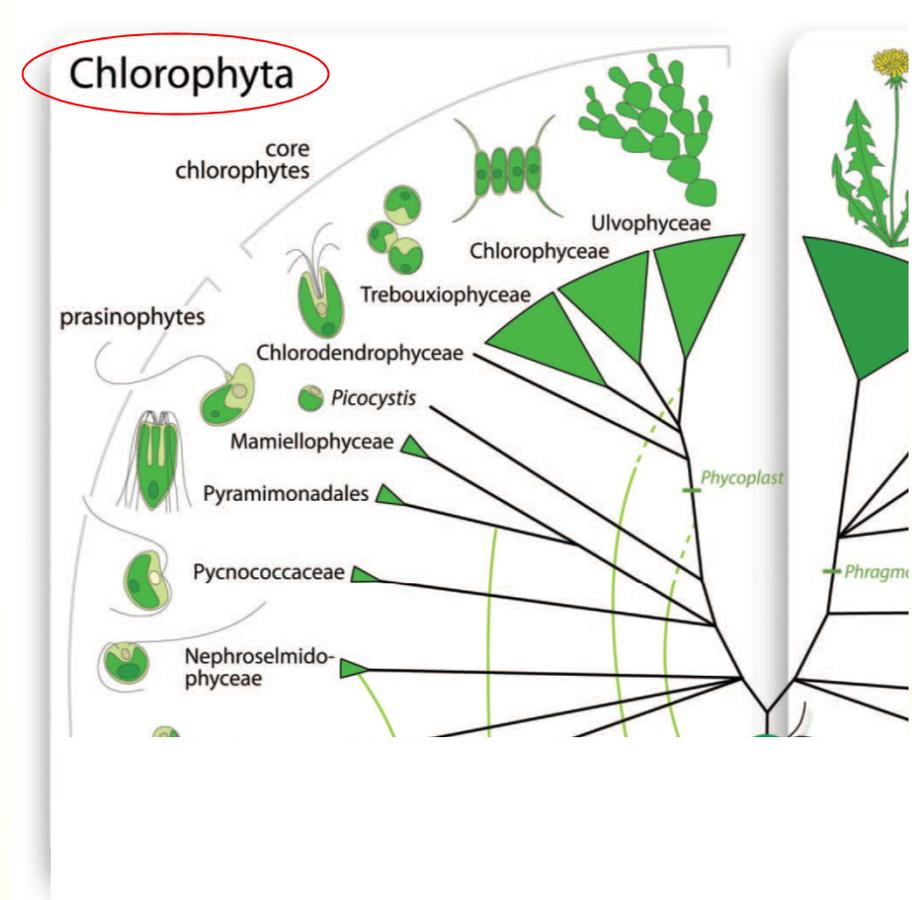
- **Água doce** e ambientes terrestres
- Haplobiote haplonte

Chlorophyceae

- **Água doce** e ambientes terrestres
- Haplobiote haplonte

Ulvophyceae

- **Marinhas** e Ambientes terrestres
- Diplobionte

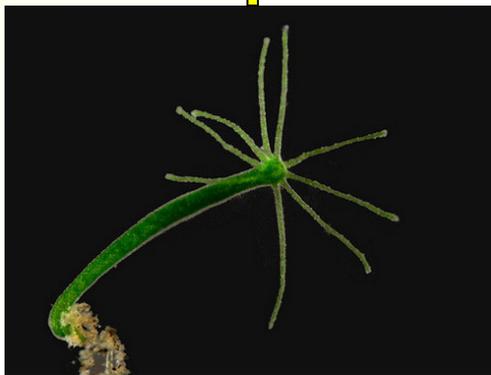
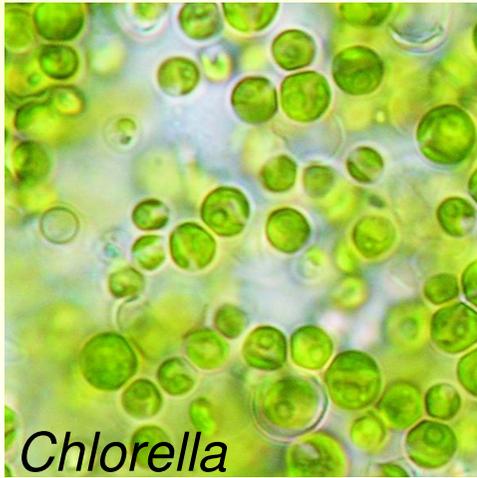


Filo Chlorophyta

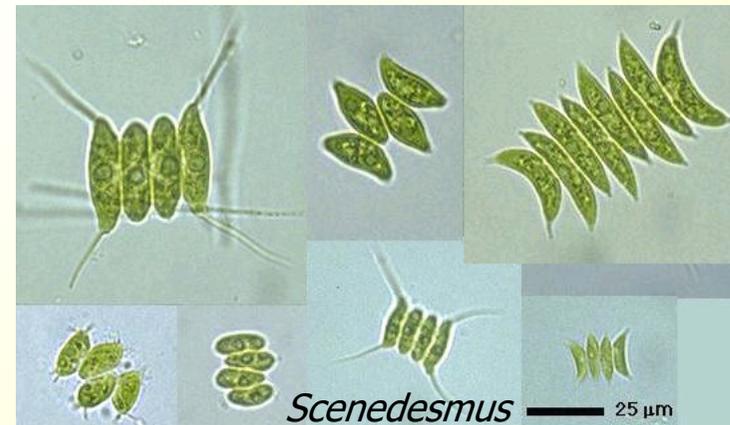
II. Clorófitas

Algas Verdes

Classe Trebouxiophyceae

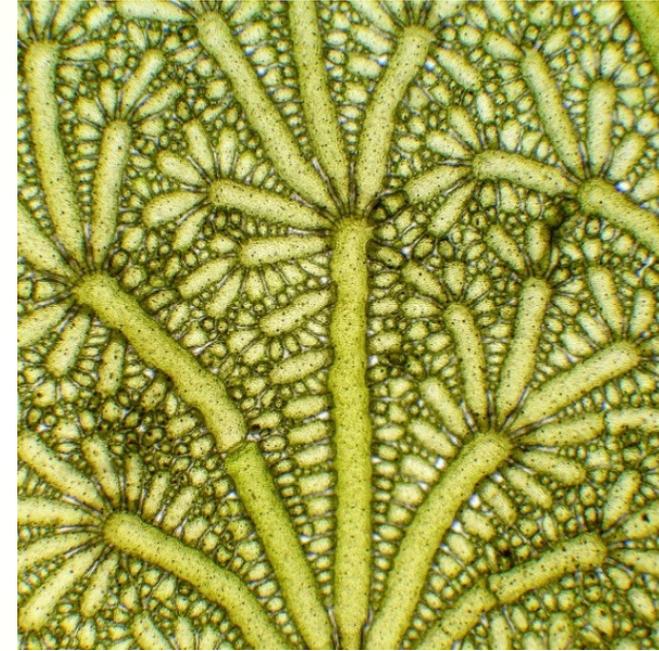
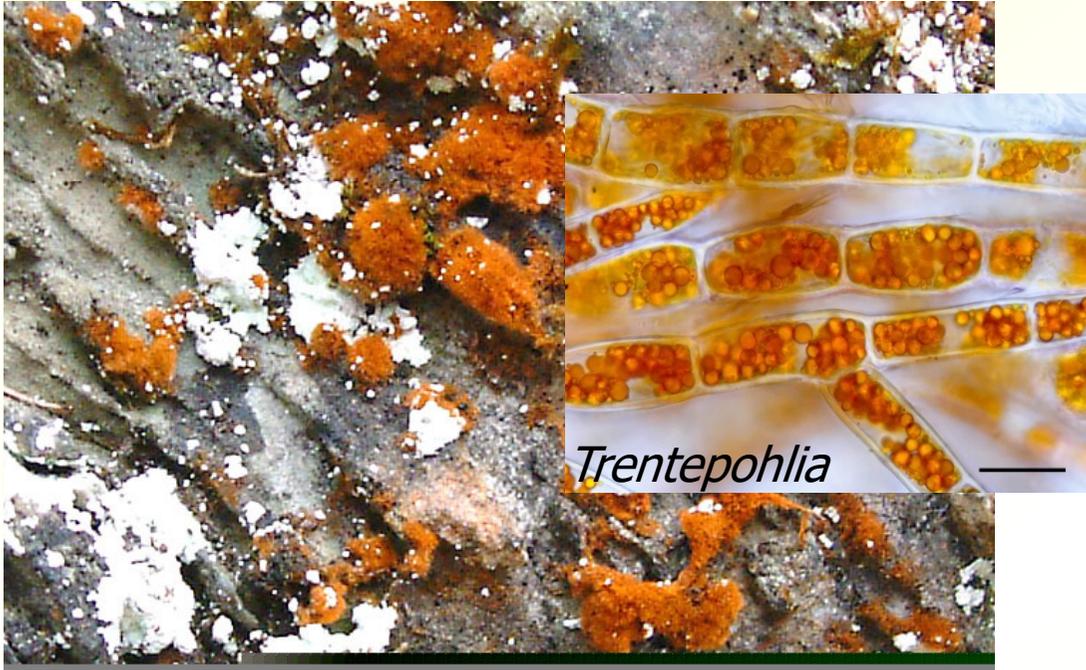


Classe Chlorophyceae



Filo Chlorophyta

II. Clorófitas: Classe Ulvophyceae



Anadyomene

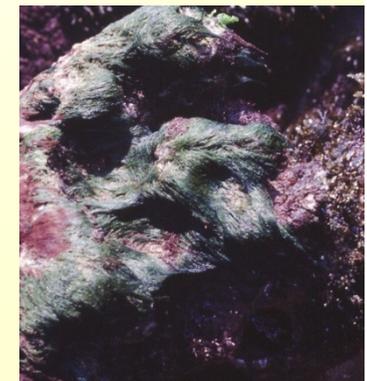
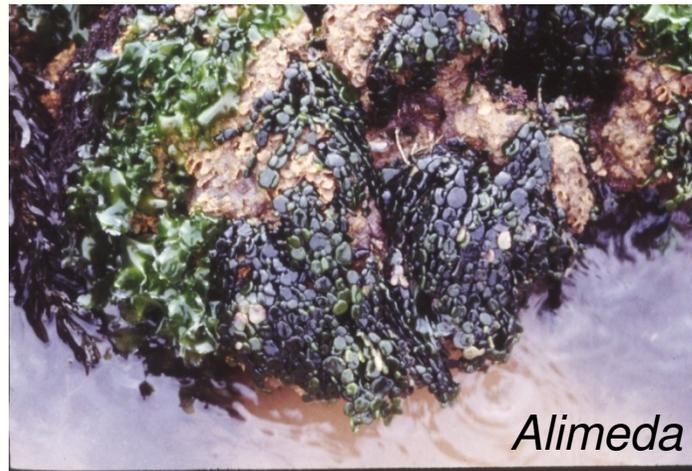
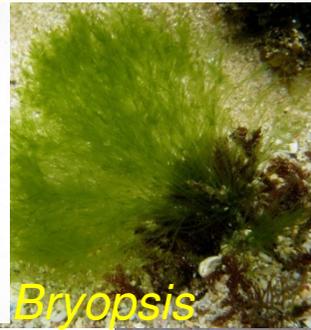


Acetabularia



Filo Chlorophyta

II. Clorófitas: Classe Ulvophyceae

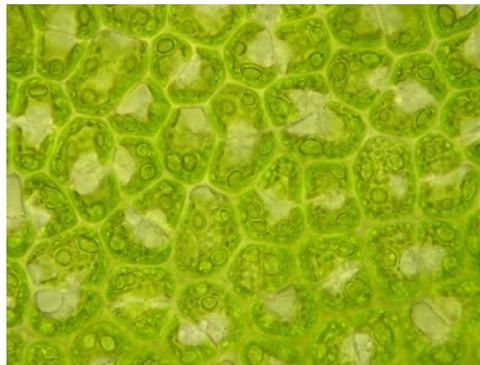


Filo Chlorophyta

Algas Verdes

II. Clorófitas: Classe Ulvophyceae

Ulva ("Enteromorpha")



Filo Chlorophyta

II. Clorófitas: Classe Ulvophyceae

Chaetomorpha antenina



Origem das Embriófitas



Ancestral - Carofíceas



- bioquímicos
- ultraestruturais
- dados moleculares

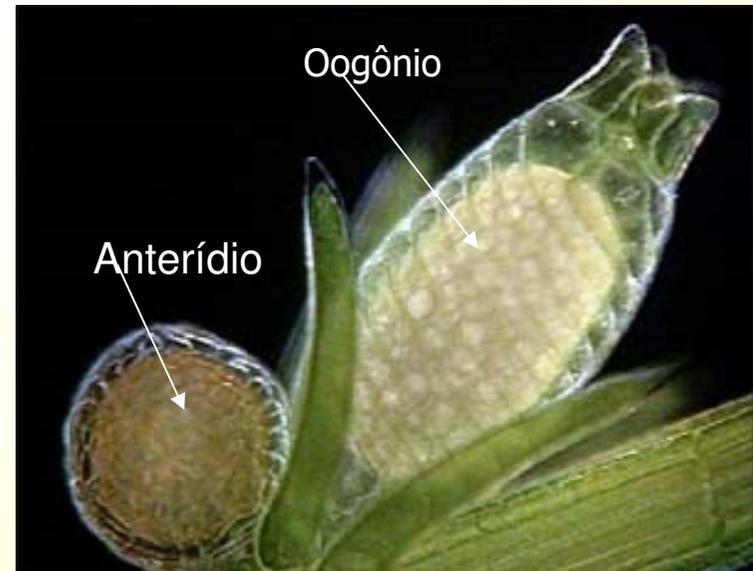
Ocupação do ambiente terrestre

Características que ocorrem em algumas carofíceas atuais:

- Embrião matrotrófico - esporófito jovem, que nas fases iniciais depende do gametófito feminino – (nutrição e proteção)
- Zigotos com esporopolenina
- Reprodução oogâmica
- Crescimento apical

Charophyceae: *Chara*

- Crescimento apical
- Padrão vegetativo de nó e internó
- Oosferas e anterídios protegidos por células estéreis
- Ciclo de vida haplobionte haplonte
- Zigoto com esporopolenina

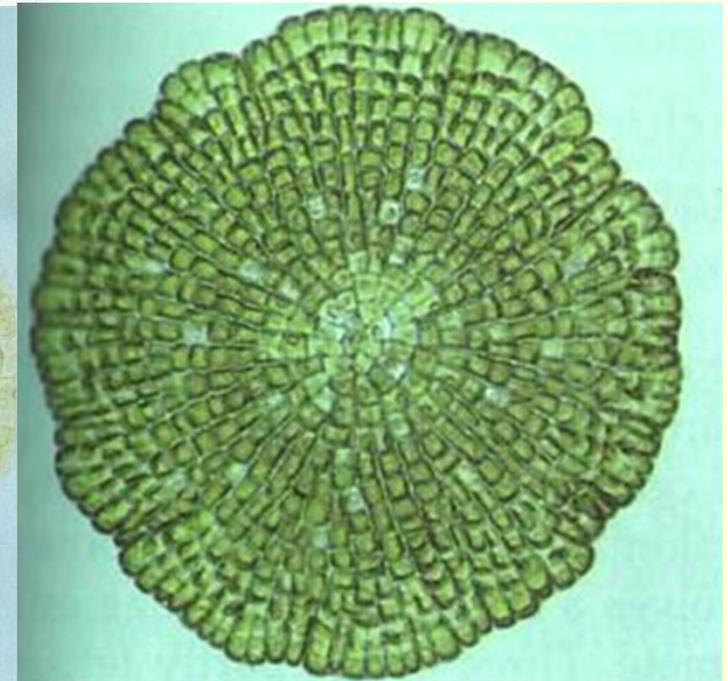
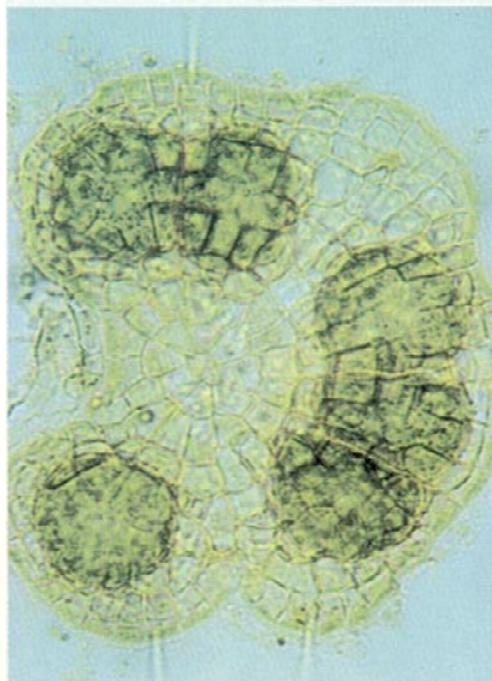
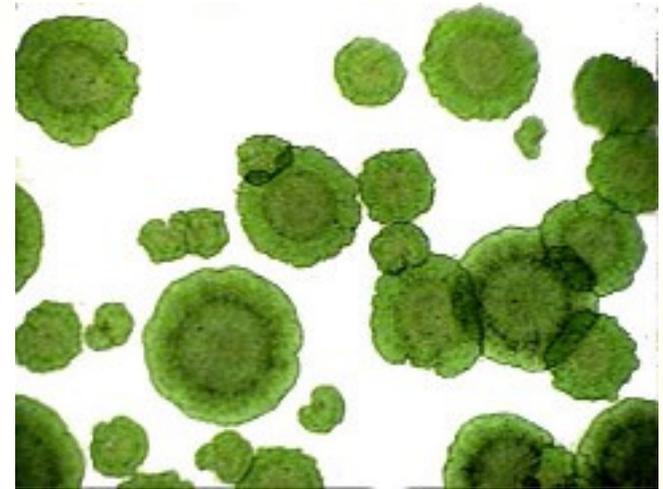


Coleochaetophyceae: *Coleochaete*

Talo parenquimatoso

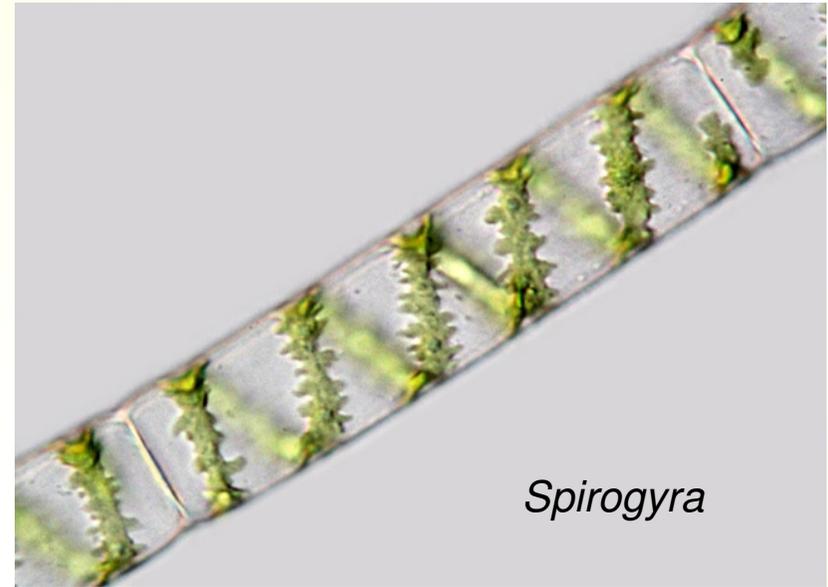
- Crescimento apical (marginal)
- Ciclo de vida haplobionte haplonte
- Zigoto com esporopolenina
- Zigoto protegido por células estéreis (células placentárias de transferência)
- Zigoto germina na planta mãe por meiose (4-32 produtos haplóides)

- Atraso na meiose – poderia possibilitar o desenvolvimento de um esporófito a partir do zigoto...



Zygnematophyceae

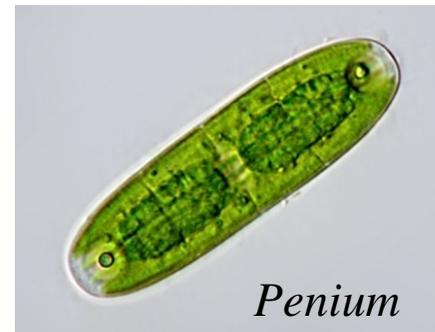
- Talo unicelular ou filamentoso não ramificado
- Reprodução sexuada por conjugação (ausência de flagelos e centríolos)
- Ciclo de vida haplobionte haplonte
- Zigoto com esporopolenina



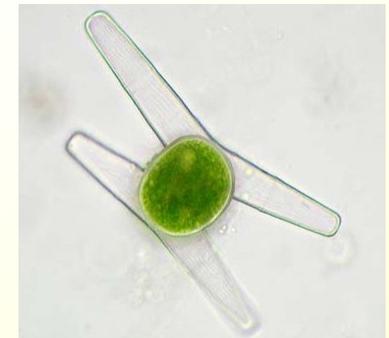
Spirogyra



Cosmarium



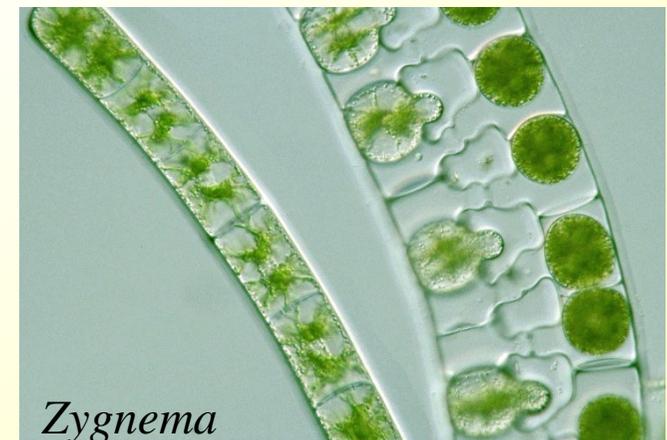
Penium



Micrasterias

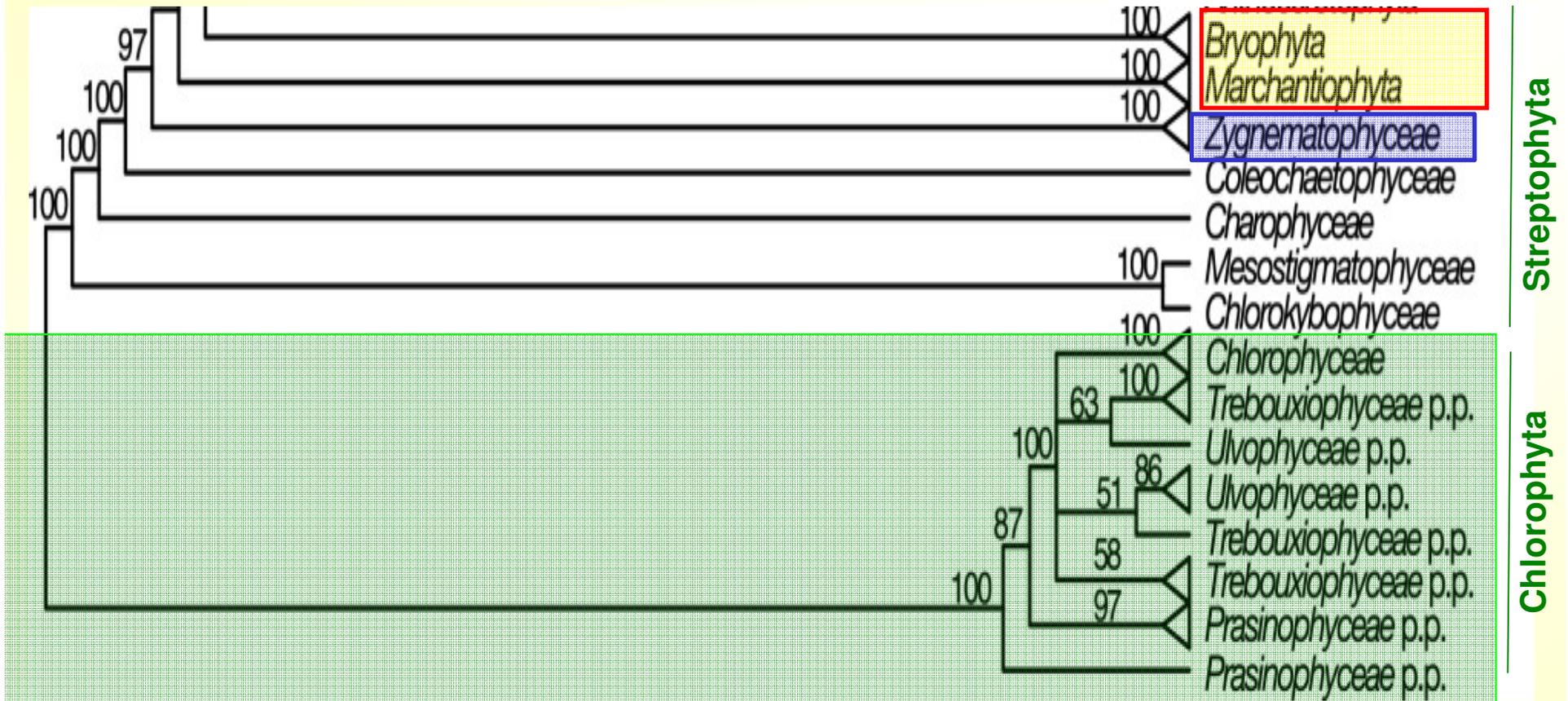


Closterium



Zygnema

Qual é o grupo irmão de Embriófitas?

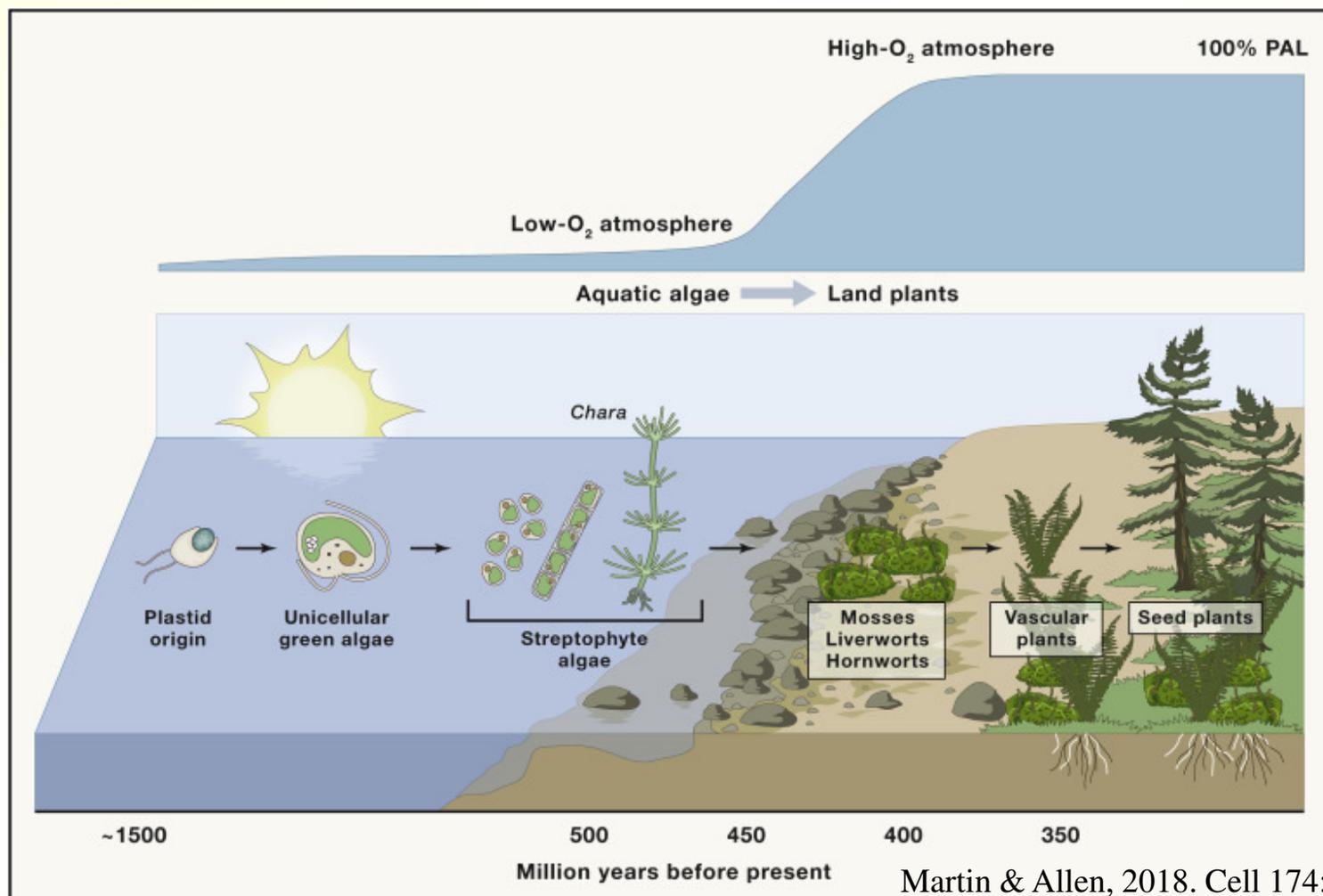


Filogenia baseada em genomas plastidiais completos, obtidos com NGS (Next Generation Sequencing). Ruhfel et al. BMC Evolutionary Biology 2014, 14:23.

Zygnematales: Gitzendanner et al. (2018) Filogenômica plastidial. 1827 taxa, 78 proteínas.

IMPORTÂNCIA DAS ALGAS VERDES

- Produtores primários (fitoplâncton e bentos).
- Estruturadores de comunidades bentônicas: alimento, refúgio, berçário, recrutamento.
- Componentes de associações simbióticas.
- Ancestral das embriófitas.



IMPORTÂNCIA DAS ALGAS VERDES

- Indicadoras de poluição

Ex. China (2011)

Maré verde – “*Enteromorpha*” sp.



- Invasoras

Ex. Mar Mediterrâneo - *Caulerpa taxifolia*



IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS ALGAS VERDES

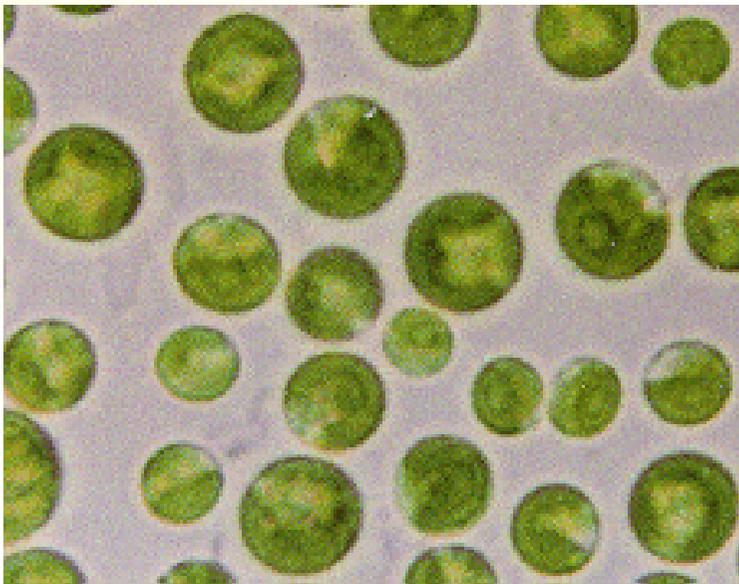
- **Alimentação**
- **Suplementos alimentares: b- caroteno, anti-oxidantes**
- **Ração –alimentação de peixes em tanques (microalgas)**
- **Fertilizantes - algas arribadas**
- **Indicadores de poluição**
- **Combustível renovável (lipídios)**

Microalgas verdes na alimentação humana

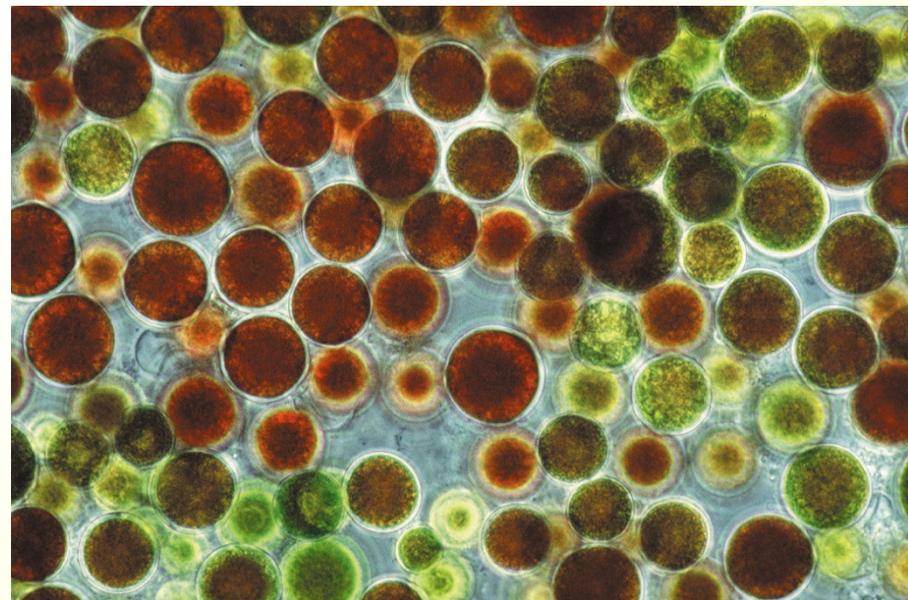
- ✓ *Chlorella*
- ✓ *Dunaliella*
- ✓ *Haematococcus*



Dunaliella



Chlorella

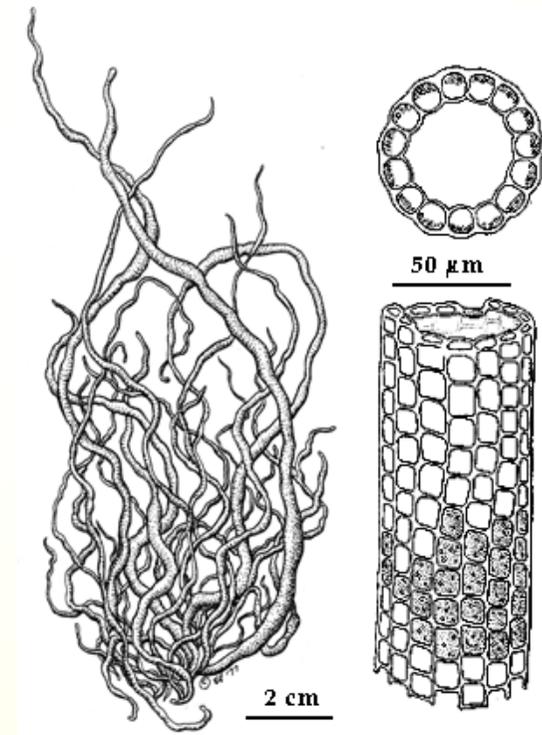


Haematococcus

Cultivo de algas verdes para alimentação



Cultivo de algas verdes para alimentação



“*Enteromorpha*” - Cultivo no Japão

Aonori

<http://ucjeps.berkeley.edu/guide/green31.html>

Referências para aula prática

<https://www.algaebase.org/>

Joly, A.B. 1957. Contribuição para o conhecimento flora ficológica da Baía de Santos e arredores. *Bolm Fac. Filosofia, Ciências Univ. S. Paulo, ser. bot.*, 14: 1-196.

Joly, A.B. 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Bolm Fac. Filosofia, Ciências Univ. S. Paulo, ser. bot.*, 21: 1-393.

Joly, A.B. 1967. *Gêneros de algas marinhas da costa atlântica latino-americana*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 461 p.

Graham, L.E., Graham, J.M. & L.W. Wilcox. 2009. *Algae*. 2nd ed. Pearson Benjamin Cummings. San Francisco, CA.

Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1978 *Introduction to the algae*. Structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Lee, R.E. 2008. *Phycology*. 4th ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Van den Hoek, C., D.G. Mann & H.M. Jahns. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Joly, A.B. 1975. *Botânica. Introdução à taxonomia vegetal*. Edusp, São Paulo

Prova teórico-prática (12/09/2023):

- Integral: 14h

- Noturno: 19h

-LOCAL: Lab 1 e 2.

Linhagens estudadas: características gerais

Grupo	Uni/pluri Pro/euca- rionte	Parede	Pigmentos	Reserva	Flagelo	Plastos (invólucro)	Tila- cóides (organiz.)	Histórico de vida
Cianobactérias	Uni/pluricelular Procarionte	Glicopeptídios + bainha (mucopolissacá- rídeos)	Clorofila a, Carotenóides Ficobiliproteínas: - aloficocianina - ficocianina - ficoeritrina	Amido das cianofíceas	não	não	Livres	não
Algas Pardas	Pluricelular Eucarionte	Celulose + ácido algínico	Clorofilas a, c Carotenóides (fucoxantina)	Laminarina manitol, C. fenólicos	Sim (2) diferentes	4	3	Monofásico Difásico
Algas Vermelhas	Uni e pluricelular Eucarionte	Celulose + Galactanas sulfatadas (ágar ou carragenana)	Clorofila a Carotenóides Ficobiliproteínas: - aloficocianina - ficocianina - ficoeritrina	Amido das florídeas	não	2	Livres	Difásico Trifásico
Algas Verdes	Uni e pluricelular Eucarionte	Celulose	Clorofilas a, b Carotenóides (luteína e beta- caroteno)	Amido	Sim (2) semelhantes	2	2-6 Grana	Monofásico Difásico