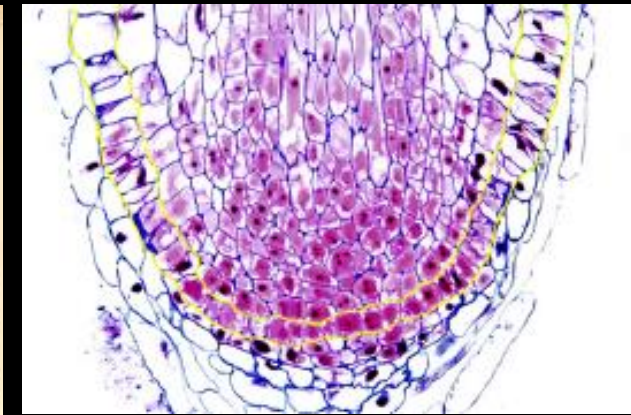
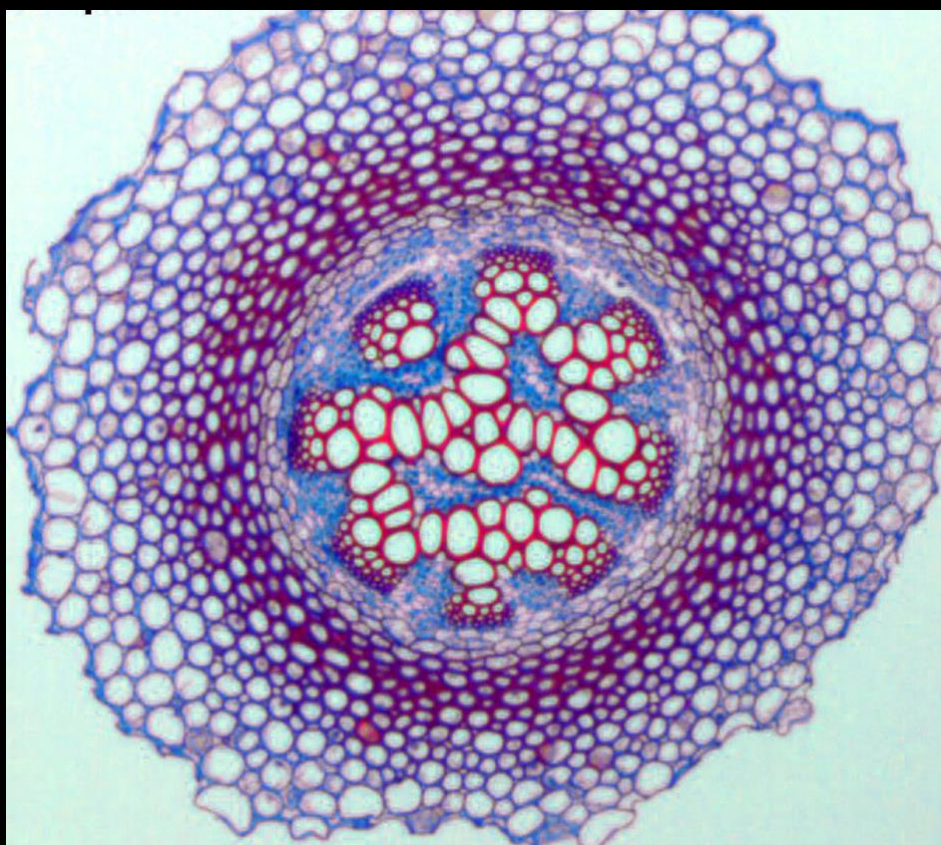
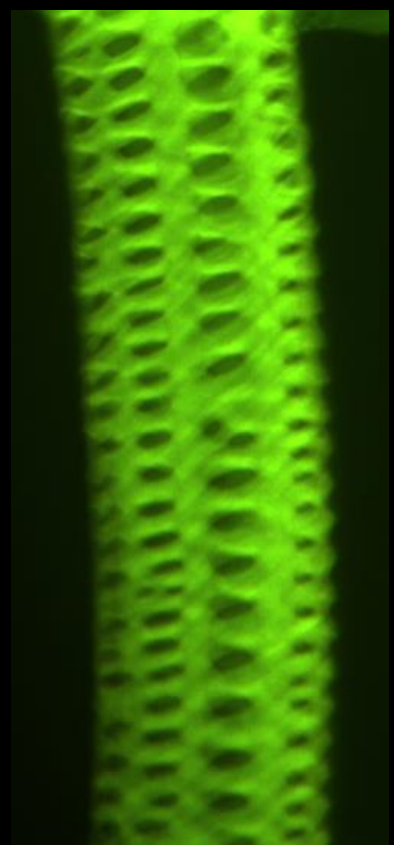




# Introdução às traqueófitas e novidades dos esporófitos

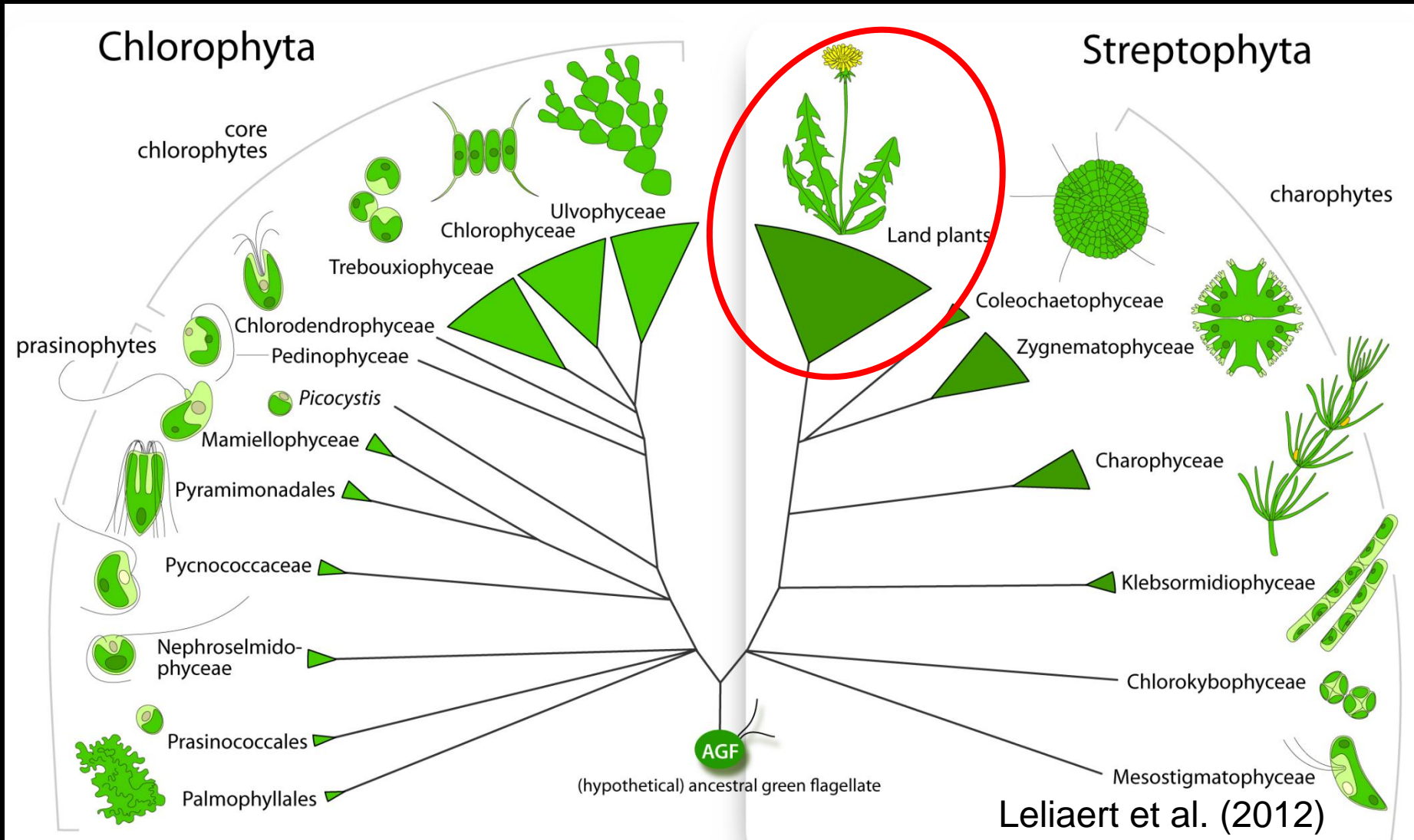
Gregório CECCANTINI

**BIB-124- Diversidade e Evolução dos Organismos Fotossintetizantes**



# Embriófitas ou “plantas terrestres”

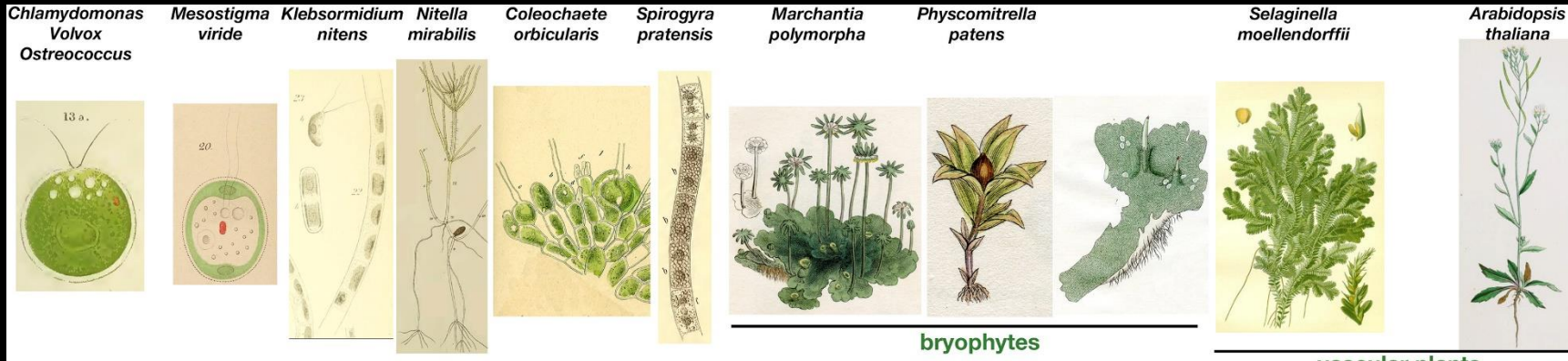
403.911 spp (Nic Lughadha et al. 2016)





# “Briófitas” – não é grupo monofilético

## Embriófitas são um grupo



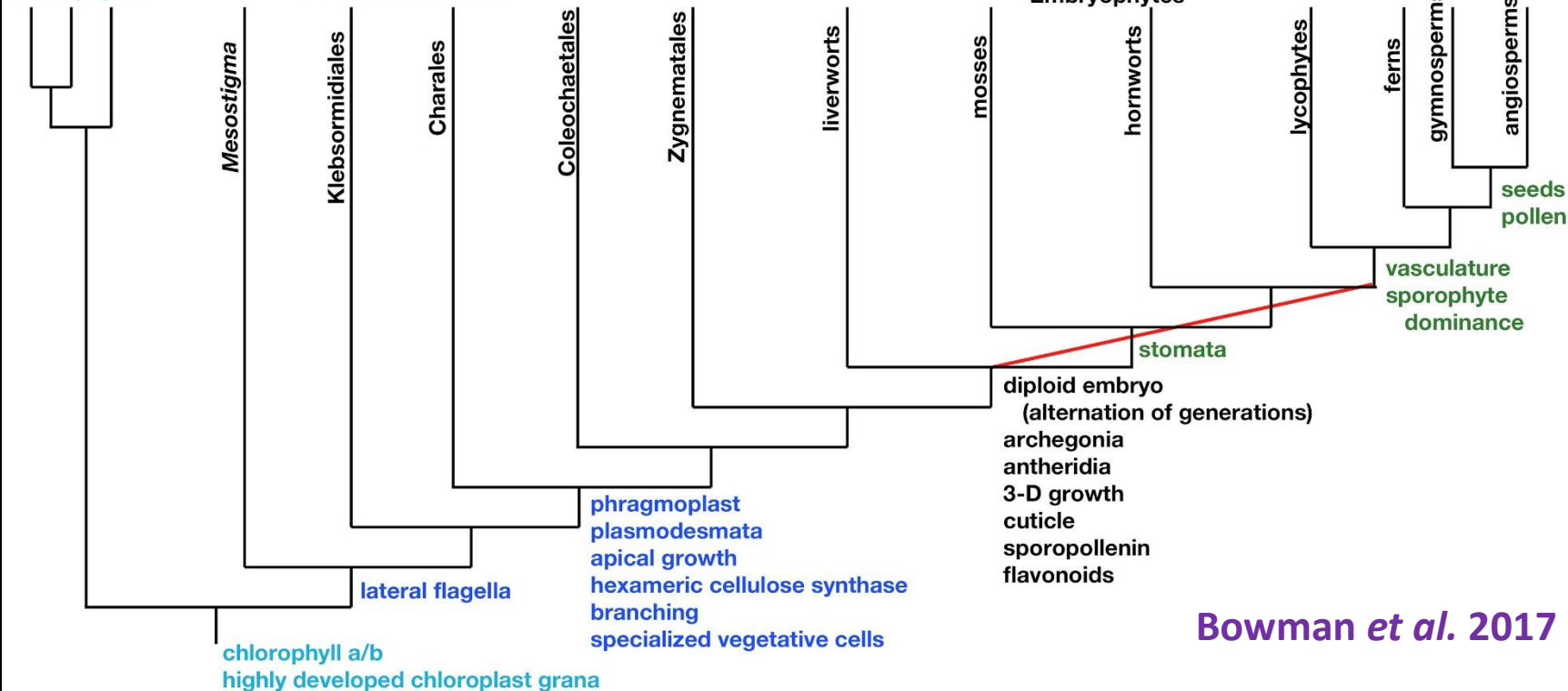
bryophytes

vascular plants

Chlorophytes

charophycean algae

Embryophytes

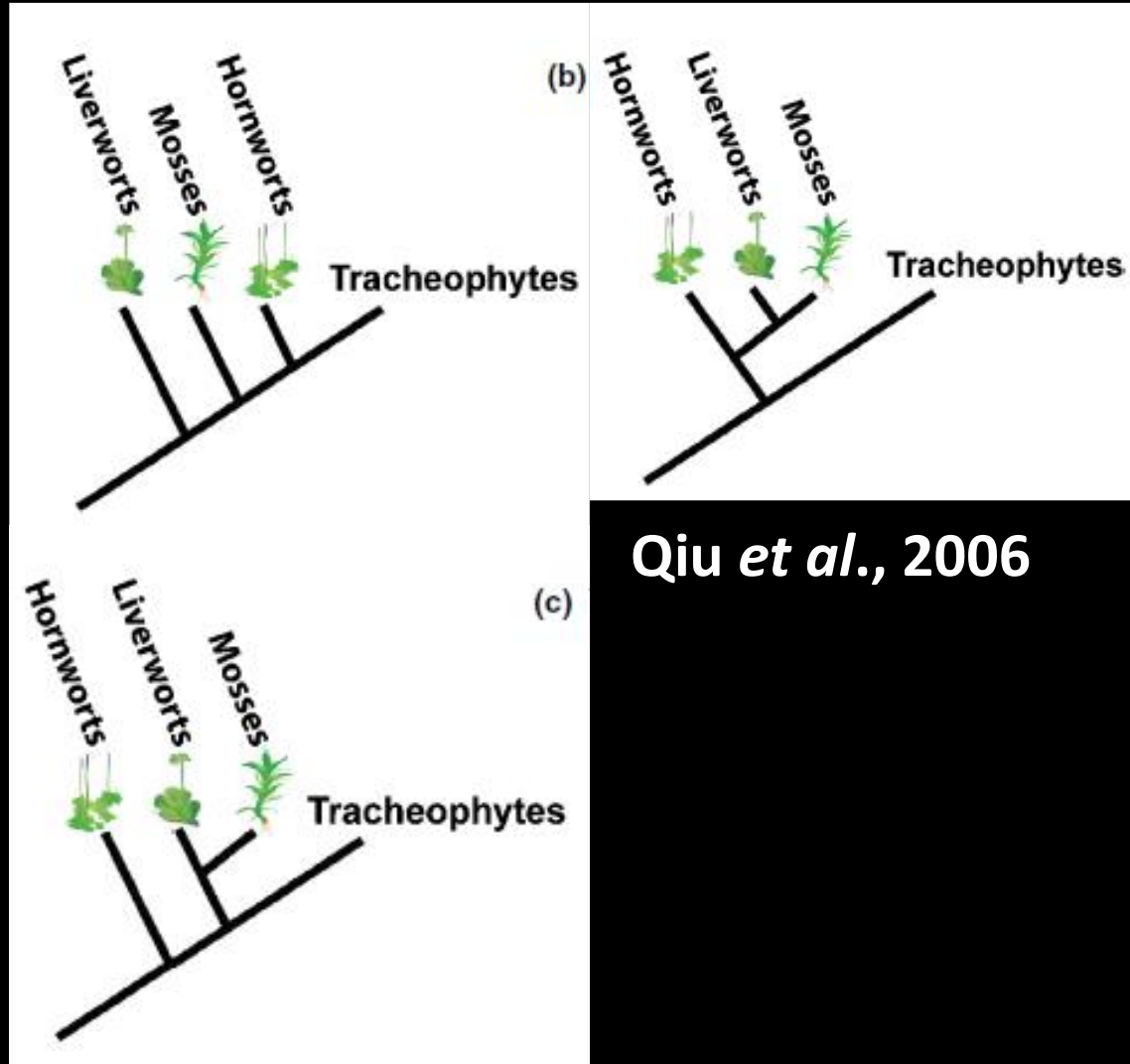


Bowman et al. 2017

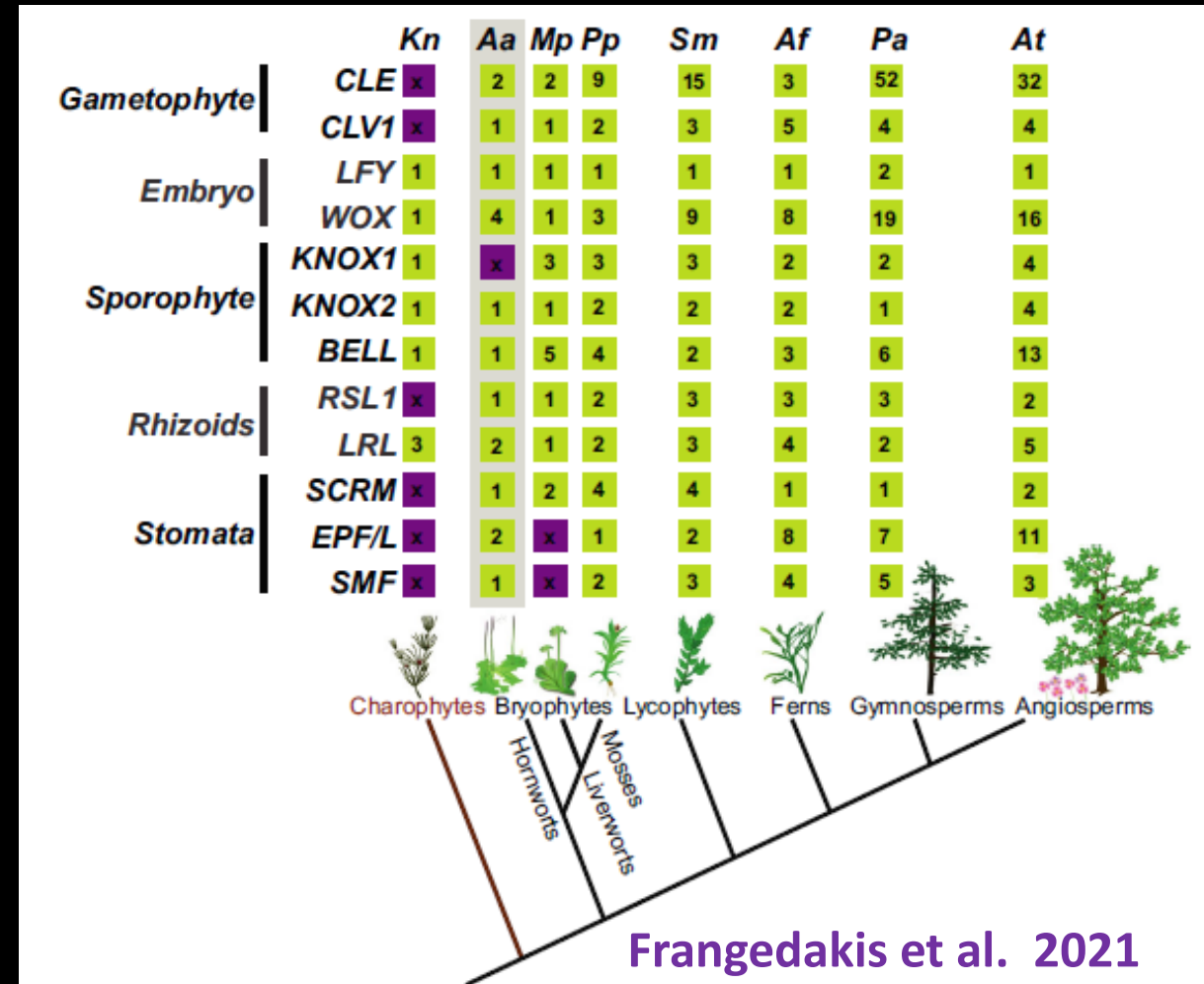
# “Briófitas” – não é grupo monofilético

## Embriófitas são um grupo

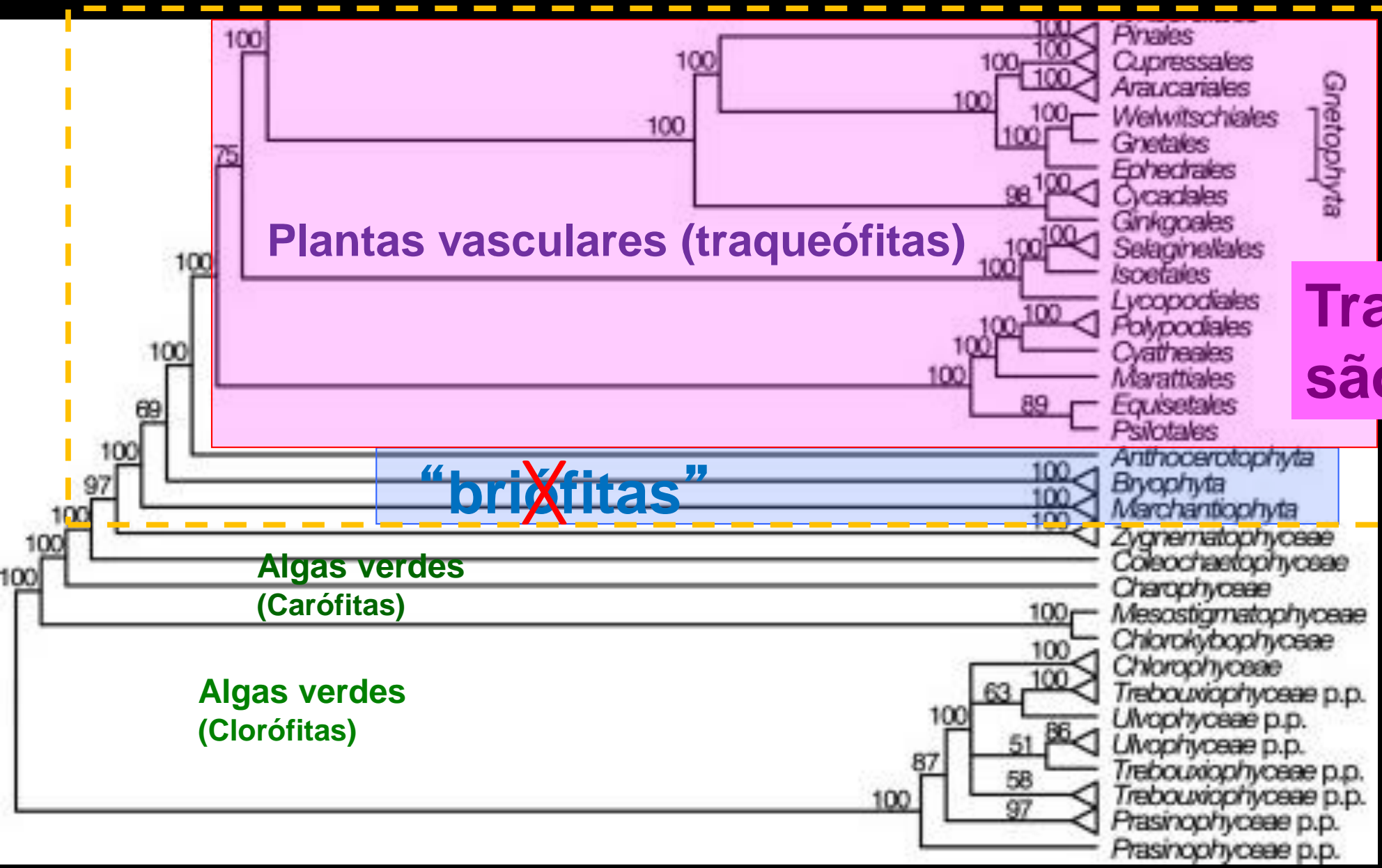
Usando apenas genes de desenvolvimento briófitas seriam monofiléticas



Qiu et al., 2006



Frangedakis et al. 2021



**Traqueófitas são um grupo**

**Embriófitas são um grupo**

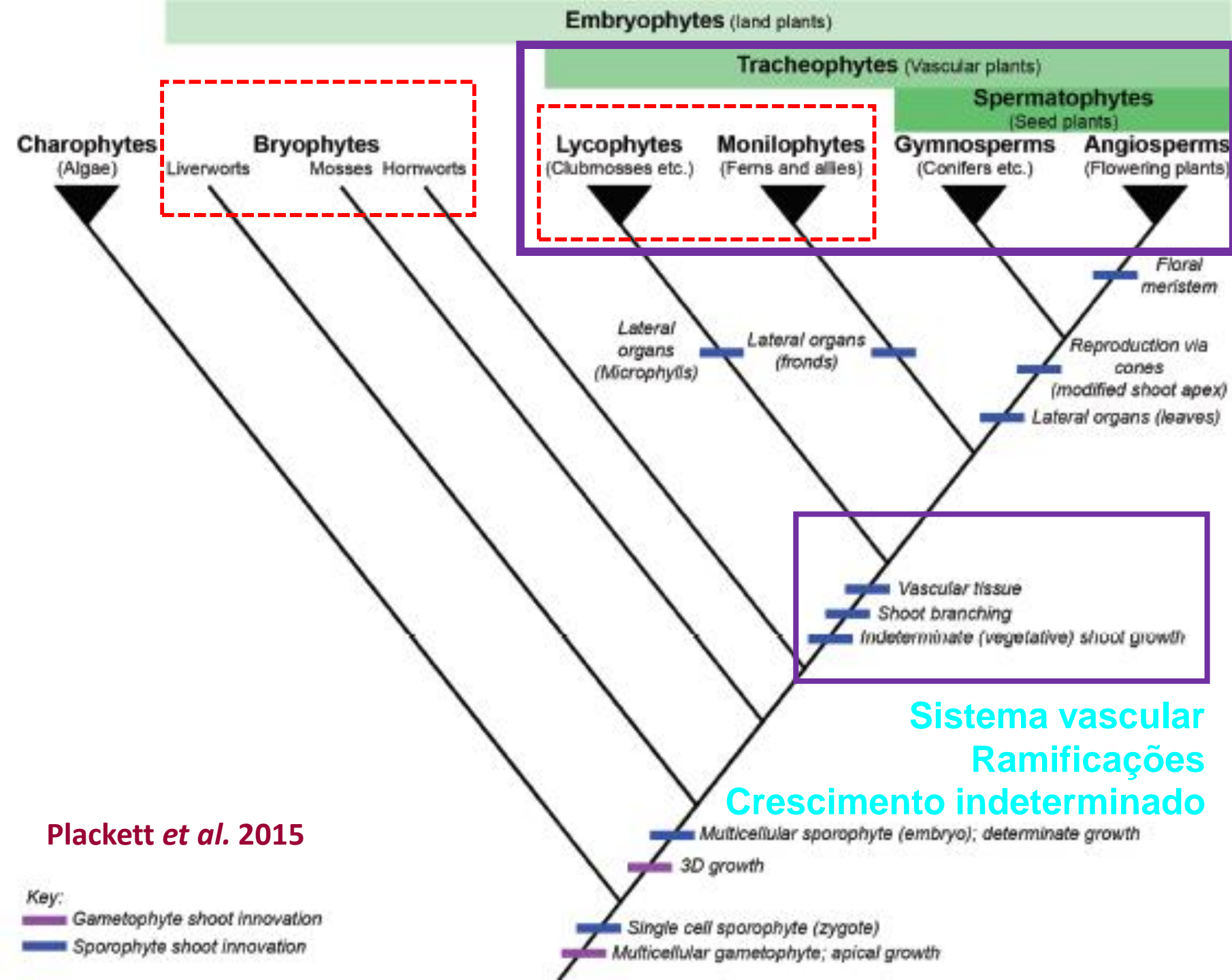
**X “briófitas”: não é grupo monofilético, são ramos parafiléticos**

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

# Embriófitas e traqueófitas são monofiléticas







Plackett *et al.* 2015

Key:  
 Gametophyte shoot innovation  
 Sporophyte shoot innovation

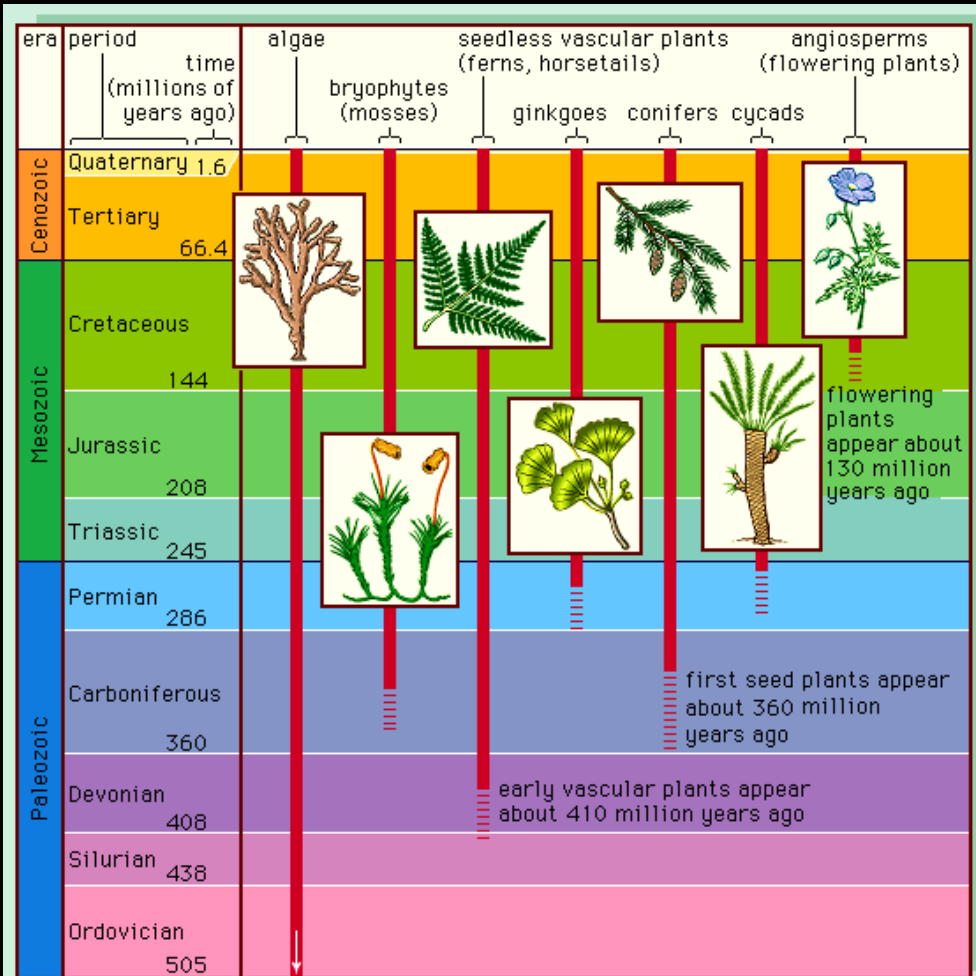
Traqueófitas  
 Licófitas  
 Monilófitas  
 Espermatófitas  
 Gimnospermas  
 Antófitas=  
 Angiospermas

X “pteridófitas”

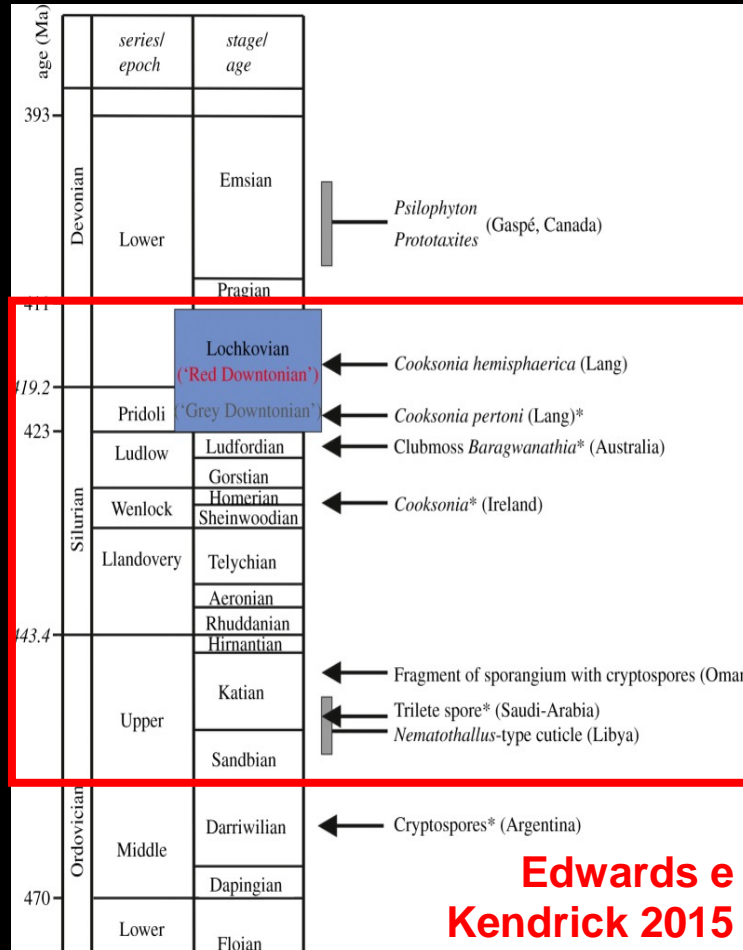
X “briófitas”

# Colonização do ambiente terrestre pelas Plantas: Quando ocorreu?

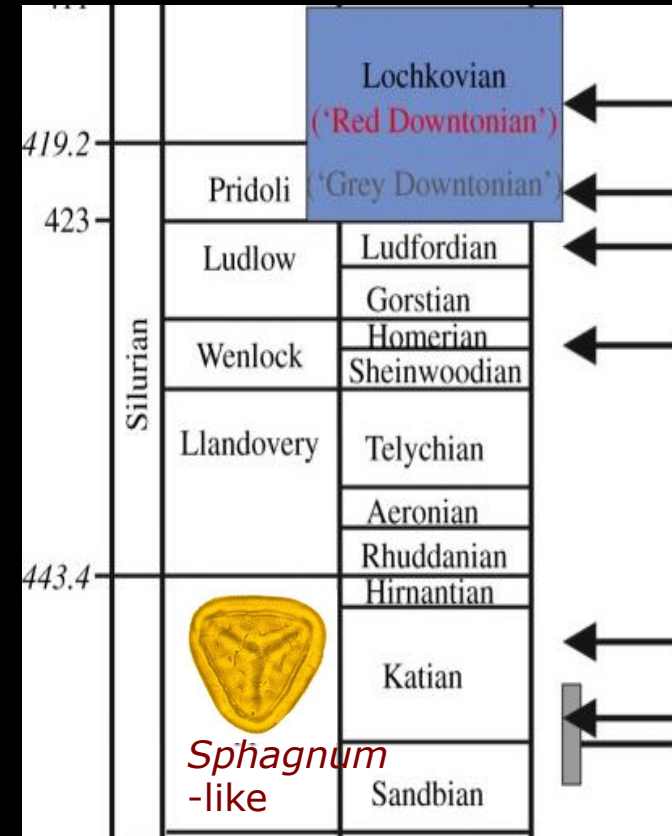
**Acreditava-se ~390 Ma**



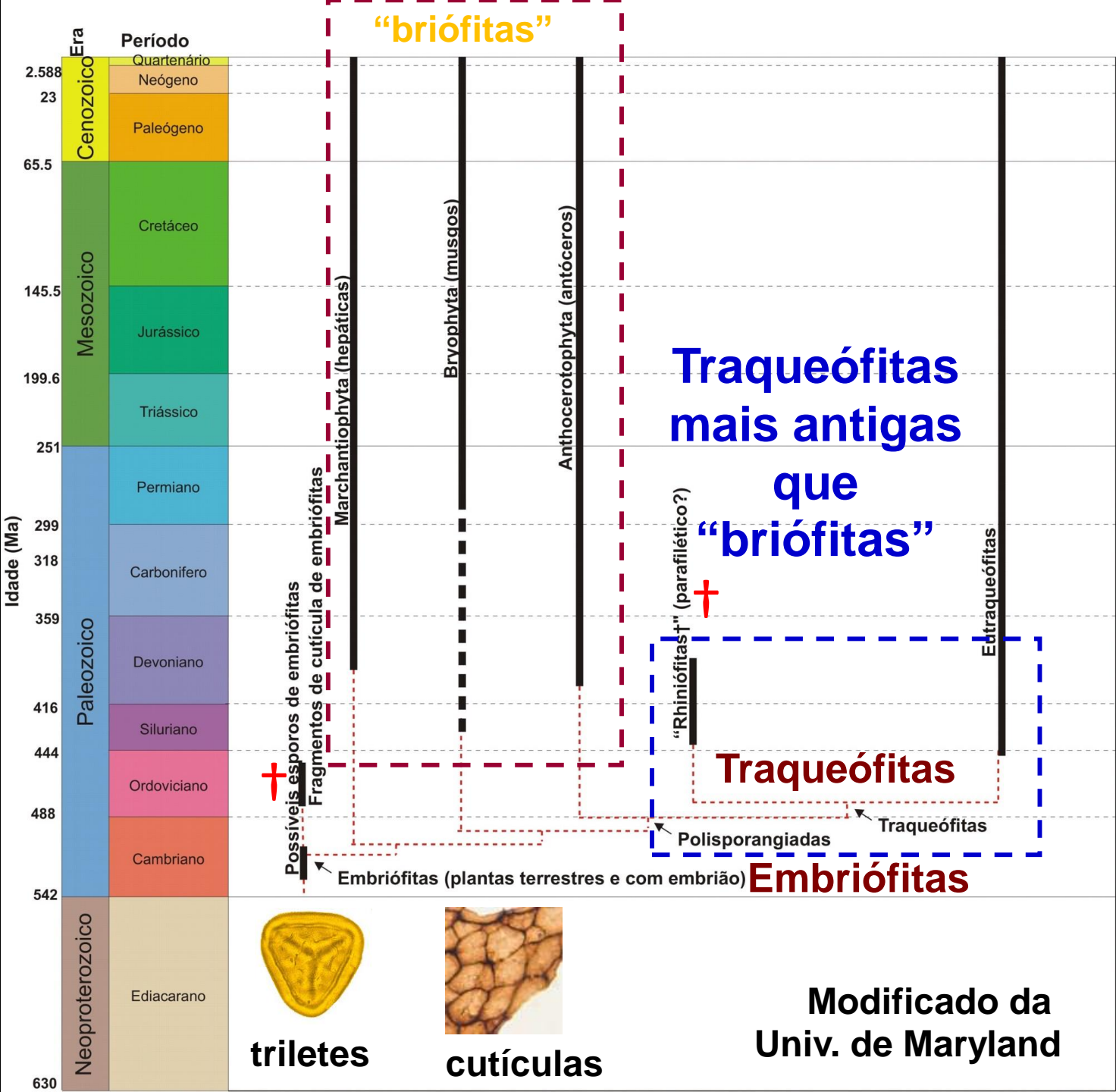
**Atualmente há evidências ~450 Ma**



## Ordoviciano - Trilete







**Estão surgindo evidências mais antigas de embriófitas (Cambriano???)**



# Colonização do ambiente terrestre

Traqueófitas sempre representadas









**Cooksonia †**  
430 Ma



Gerrienne & Goez (2011).

# Colonização do ambiente terrestre

Primeiras Plantas terrestres

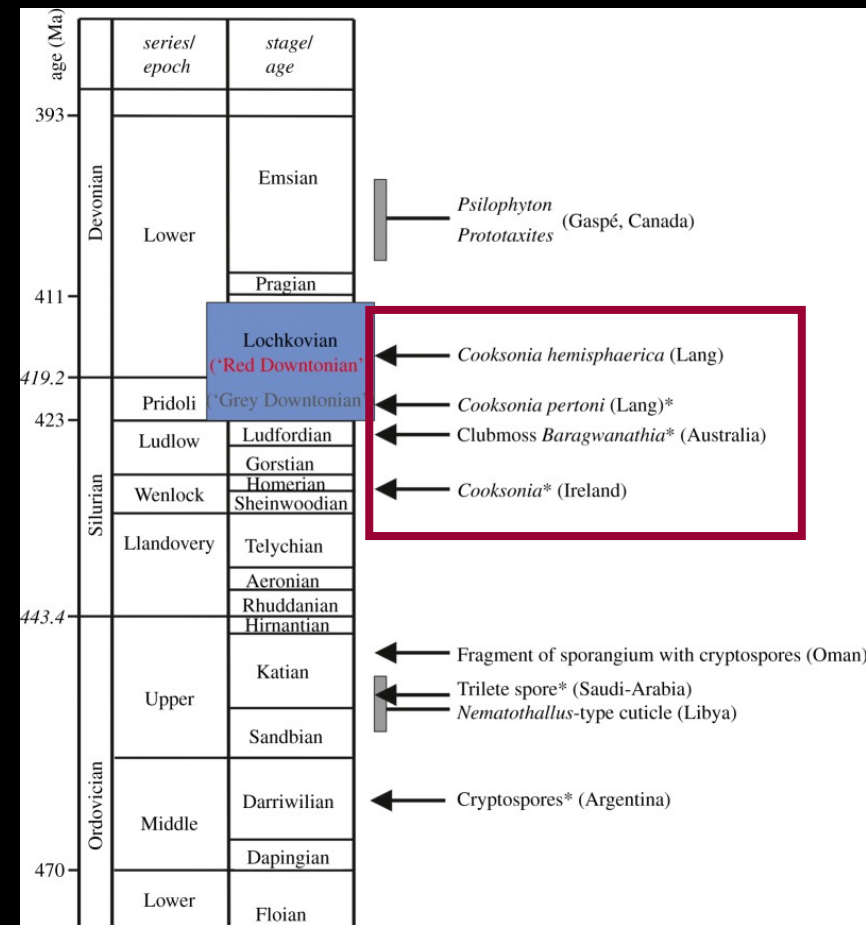
**Baragwanathia**  
Austrália - 430 Ma



**Cooksonia †**



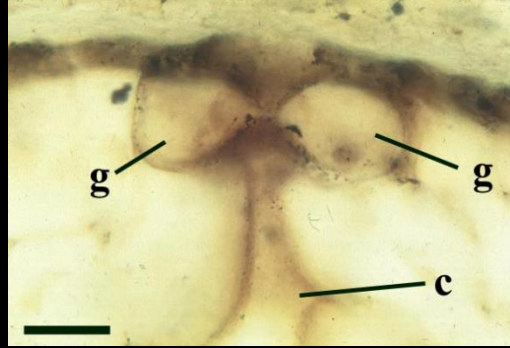
**BARAGWANATHIA †**



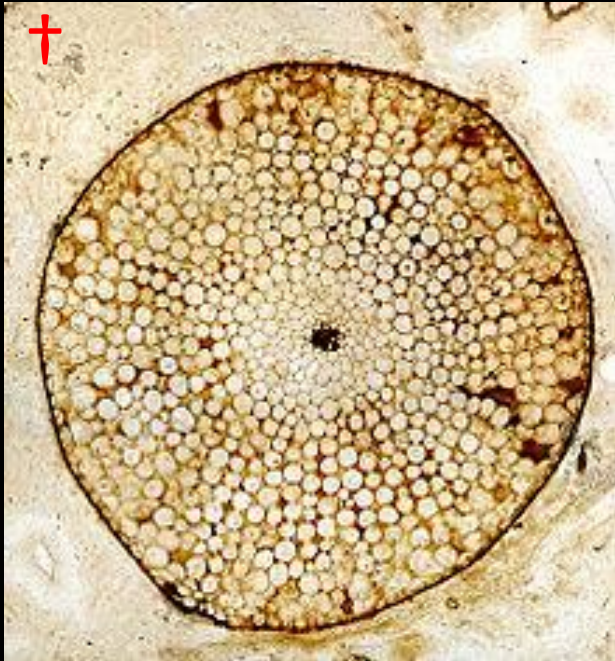
# Colonização do ambiente terrestre

*Rhynia major*

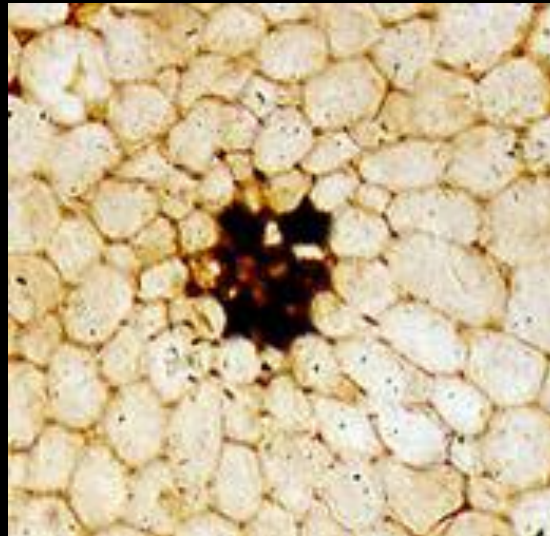
Um fóssil  
Emblemático,  
histórico



Estômatos



Parênquima



Estelo

## Mudanças observadas em esporófitos

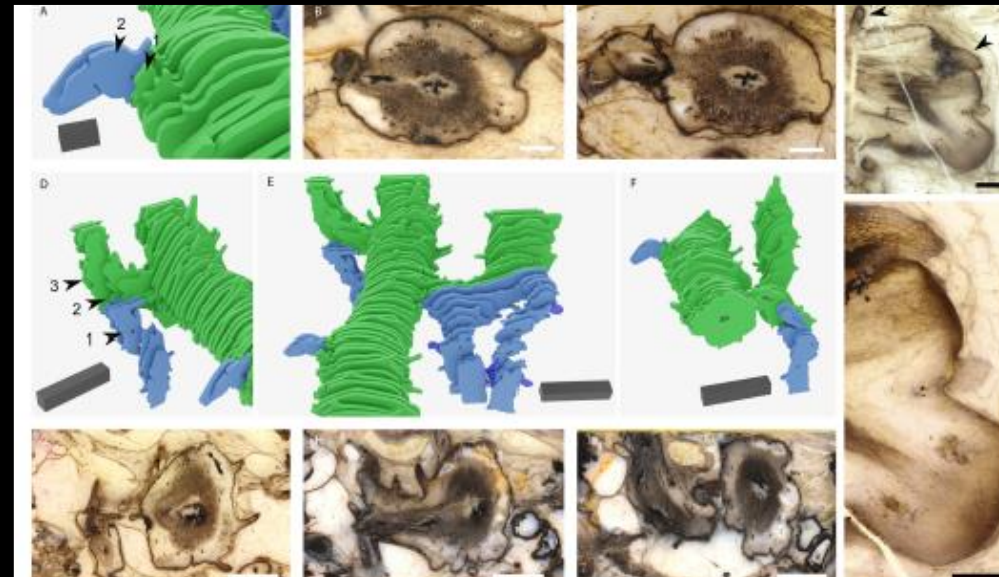
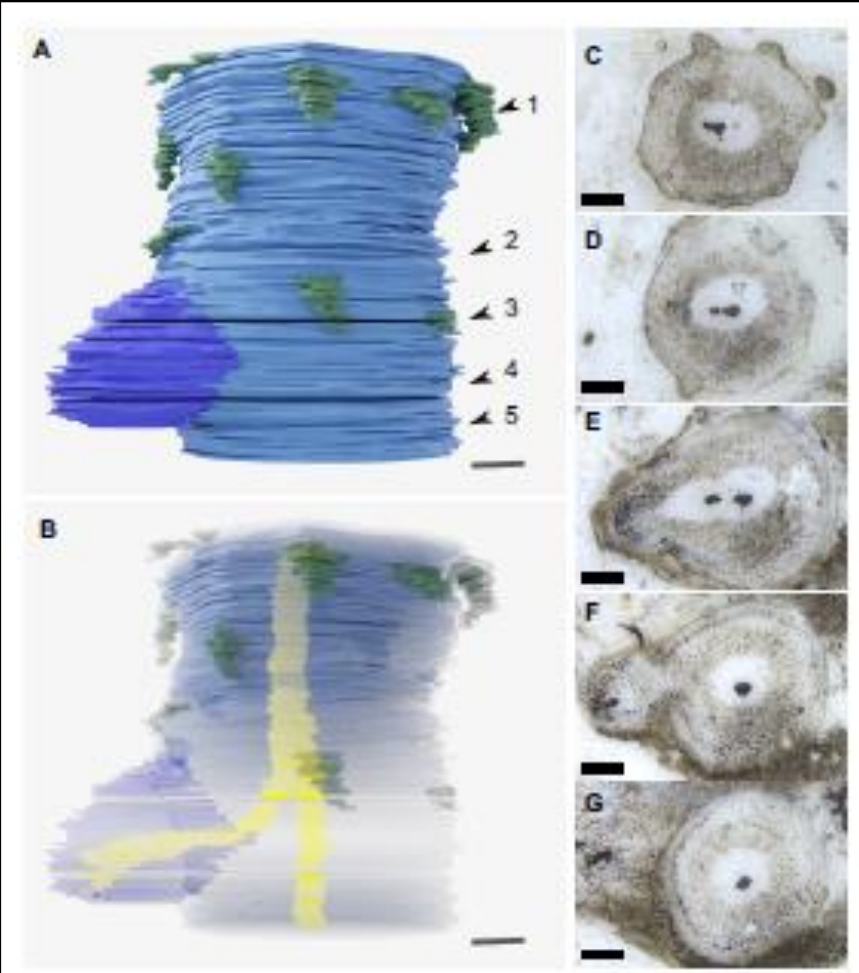
- Eixos ramificados
- Ventilação/resfriamento – Estômatos
- Maior volume corporal necessita transporte mais eficiente – Estelo (xilema/floema)

<https://www.abdn.ac.uk/rhynie/rhynia.htm>



# Colonização do ambiente terrestre

## Rhynie chert – Escócia - *Asteroxylon mackiei* †



**Seções polidas digitalizadas de coletas de 1964**

Hetherington et al 2021 - An evidence-based 3D reconstruction of *Asteroxylon mackiei*, the most complex plant preserved from the Rhynie chert - eLife 2021;10:e69447 DOI: [10.7554/ELIFE.69447](https://doi.org/10.7554/ELIFE.69447)



# Colonização do ambiente terrestre

Rhynie chert – Escócia - *Asteroxylon mackiei* †



## Novidades

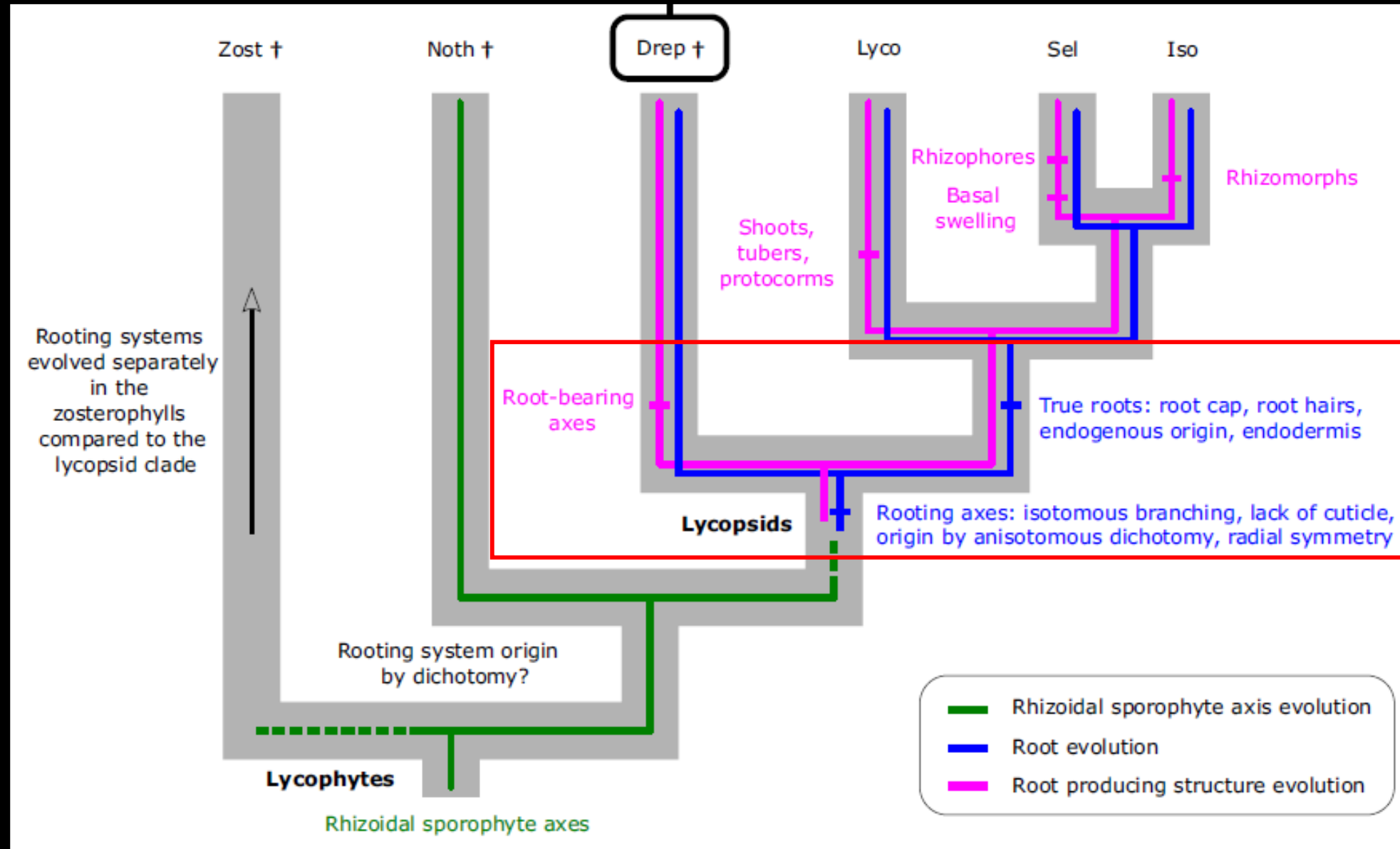
- Reconstituição digital
- Raízes verdadeiras
- Três tipos de eixos
- Raízes de origem exógena

Hetherington et al 2021 - An evidence-based 3D reconstruction of *Asteroxylon mackiei*, the most complex plant preserved from the Rhynie chert  
eLife

Matt Humpage

2021;10:e69447 DOI: [10.7554/ELIFE.69447](https://doi.org/10.7554/ELIFE.69447)

# *Asteroxylon mackiei* †



Hetherington et al 2021 - An evidence-based 3D reconstruction of *Asteroxylon mackiei*, the most complex plant preserved from the Rhynie chert - eLife 2021;10:e69447 DOI: [10.7554/ELIFE.69447](https://doi.org/10.7554/ELIFE.69447)

# Colonização do ambiente terrestre

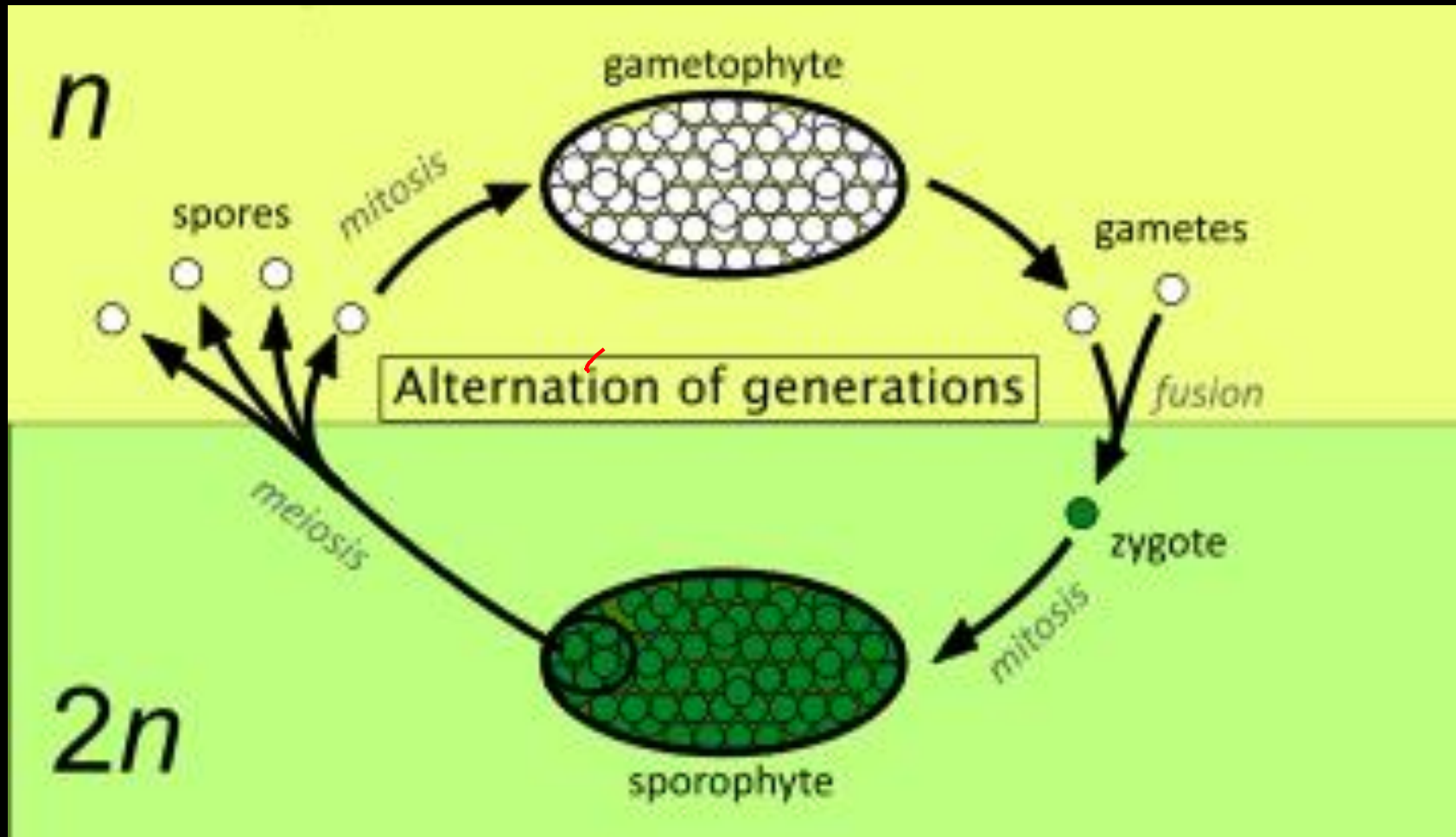
## Novidades evolutivas - pré-adaptações

- **Domínio do Esporófito**
- **Diversificação das formas**
- Evitação da dessecação e **cutícula** (lipídica)
- Resistência dos esporos - **esporopolenina**
- **Especialização de paredes, células e tecidos**
- Espessamento de paredes: **lignina** (esclerênquima e xilema)
- Água e minerais no solo e gases no ar: condução e diversidade tecidos condutores (**xilema** e **floema**)
- Surgimento de **órgãos laterais** – raízes, folhas
- Robustez – **plantas maiores, eixos ramificados**
- Controle da temperatura e perda d'água - **estômatos**



# Alternância de Gerações Diplóbionte

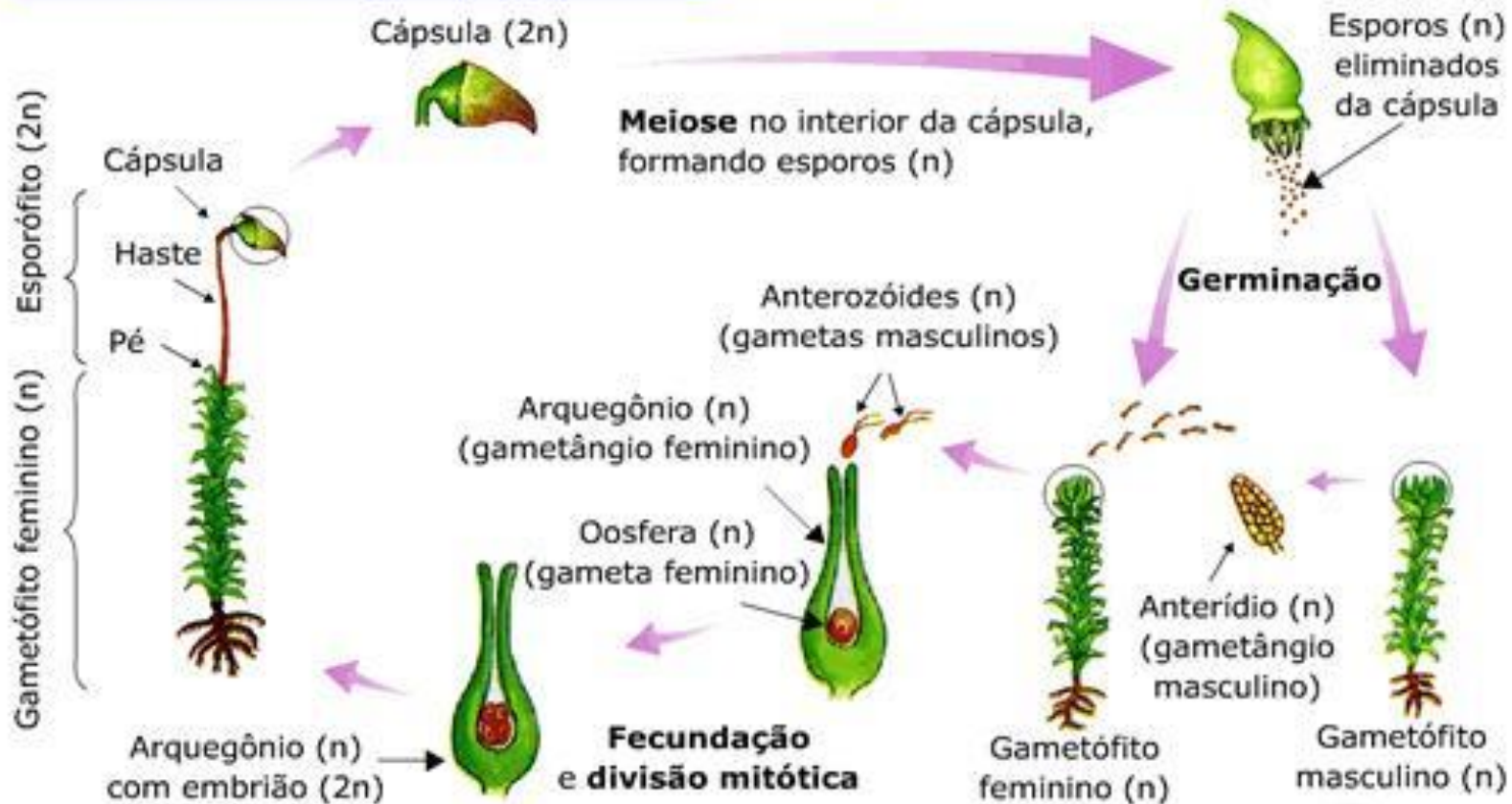
## Meiose espórica



# Plantas terrestres não vasculares

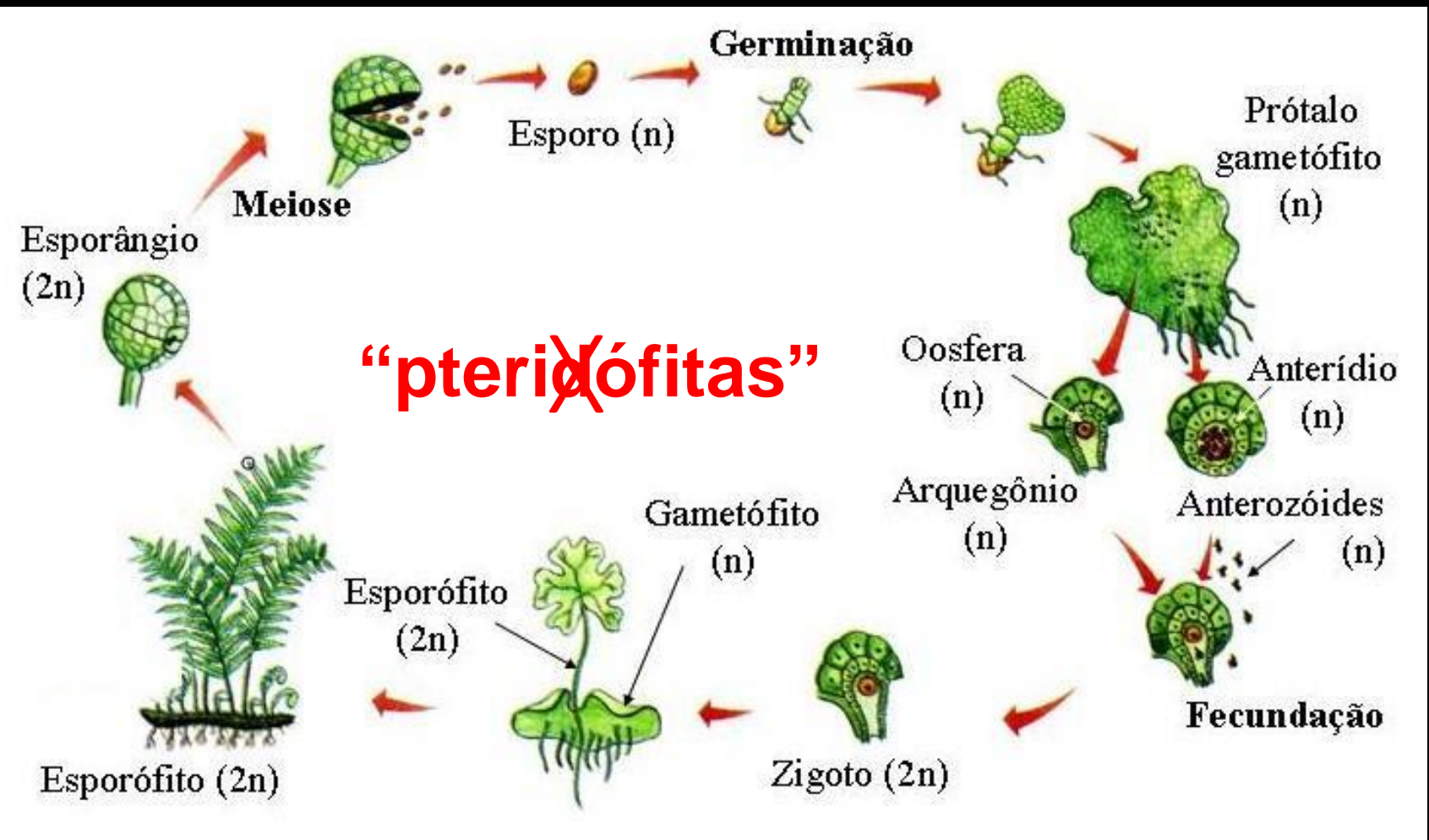
Ciclo de vida predominantemente haplóide foi muito tempo problema para entender evolução das plantas terrestres

## Ciclo de vida: Briófitas



# Traqueófitas – licófitas + monilófitas,

Ciclo de vida predominantemente diplóide Domínio do Esporófito – grande **sucesso evolução**





# Plantas vasculares sem sementes

“pteridófitas”

Gametófito (n)  
efêmero



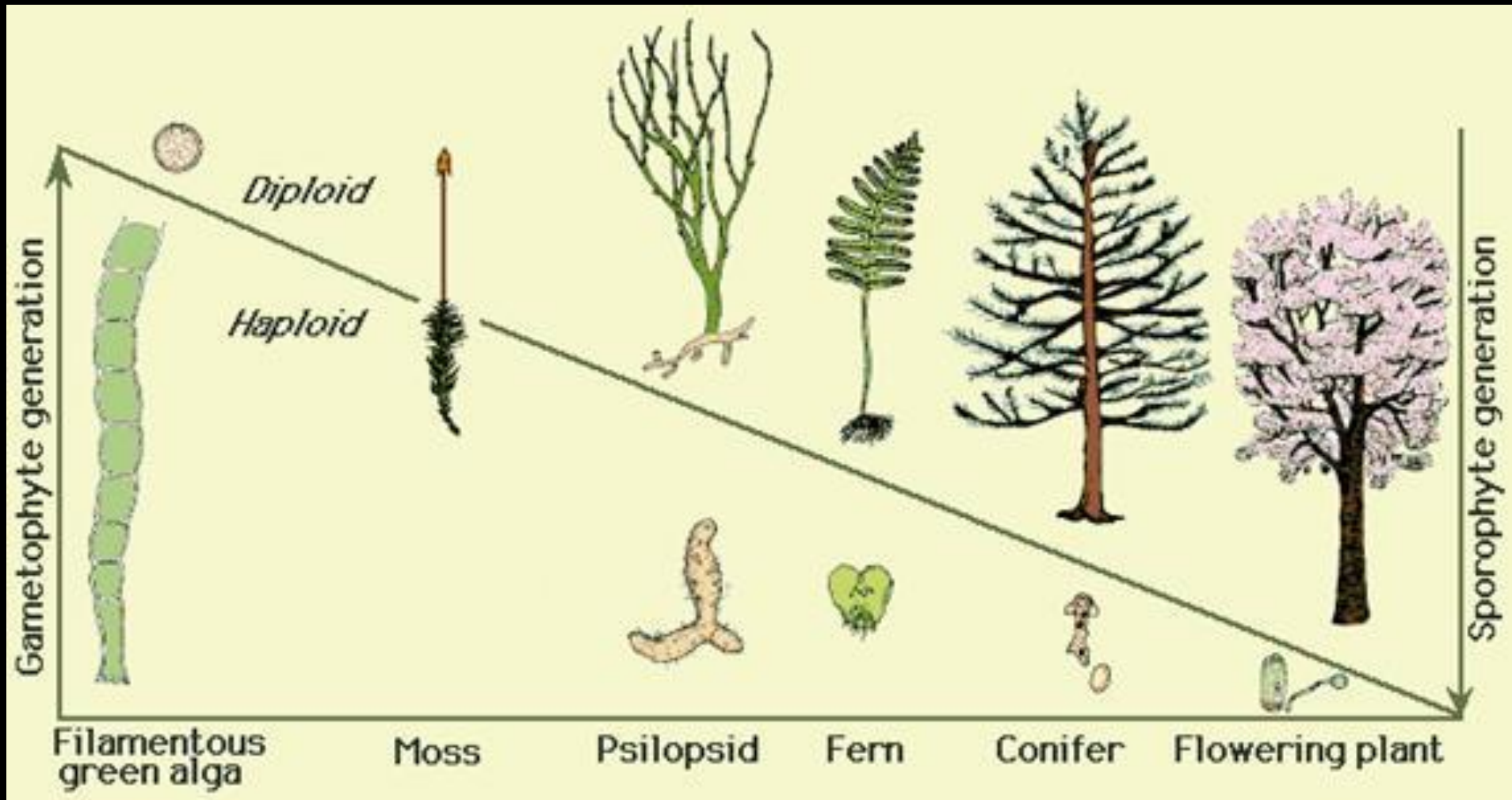
Esporófito (2n)  
perene



# Alternância de gerações

Houve mudança da importância de fases (geração)

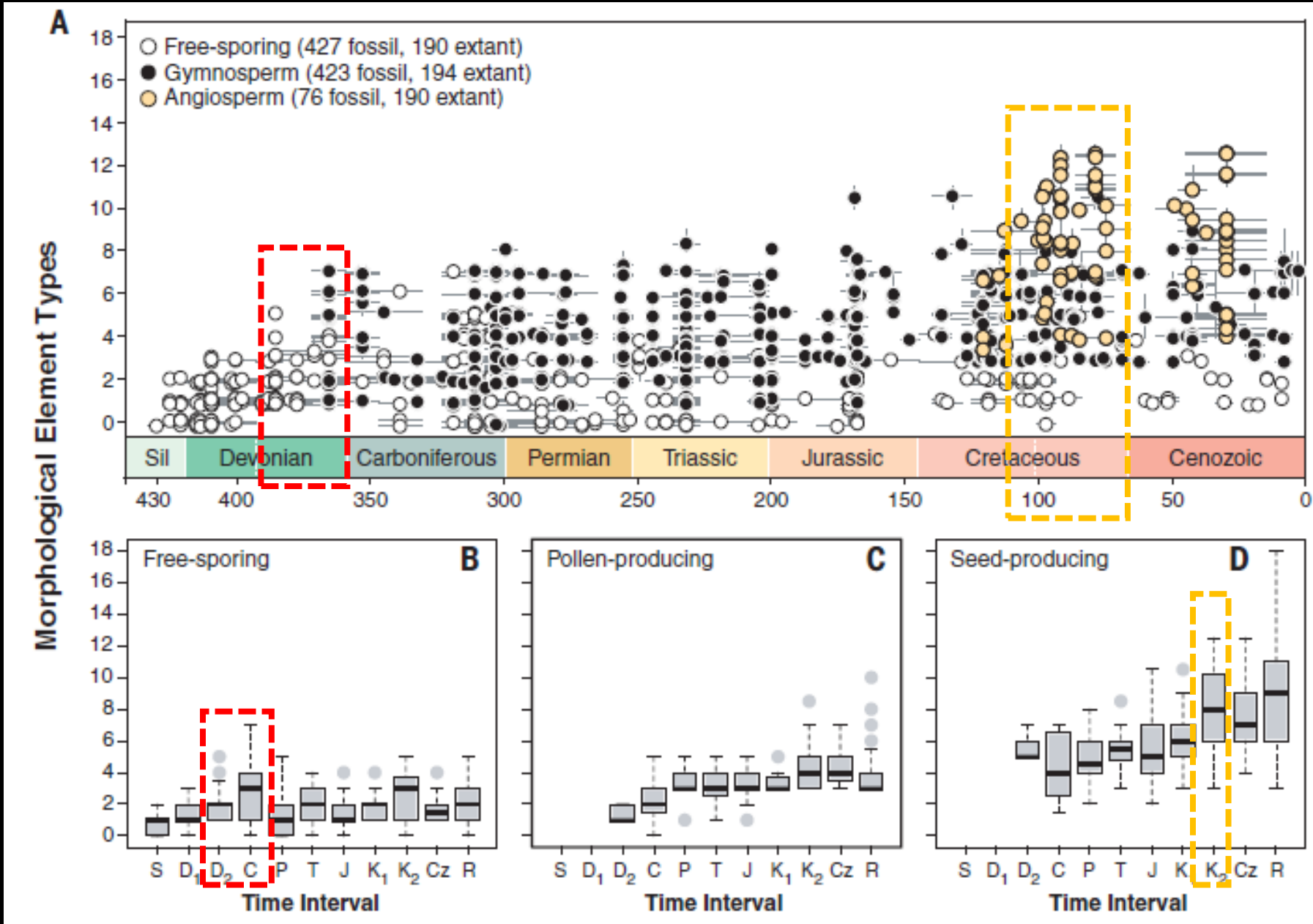
Gametófito (n)



Esporófito (2n)



# Diversificação das formas no Devoniano tardio



Devoniano tardio  
380-360 Ma

Cretáceo (K)  
tardio  
100-60 Ma



# Traqueófitas ou plantas vasculares

## Eixos ramificados

*Selaginella*



*Psilotum*



*Baragwanathia*



*Rhynia*



*Complexo Cooksonia*



*Huperzia*



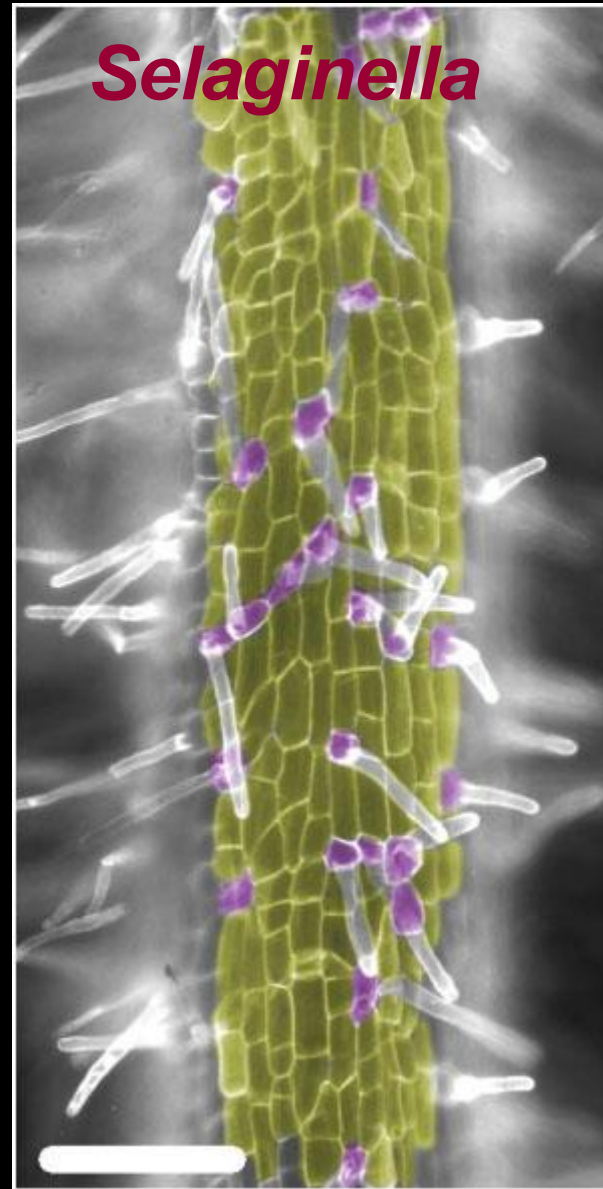
*Lycopodium*



# Mudanças observadas em esporófitos

## Especialização de órgãos

### Raízes



Matt Humpage





# Mudanças observadas em esporófitos

Especialização de  
órgãos

Raízes



**Samambaias**

**Cyatheaceae**

**Dicksoniaceae**

**Blechnaceae**



# Parede primária

## Composição

Aqui em azul

65% de água

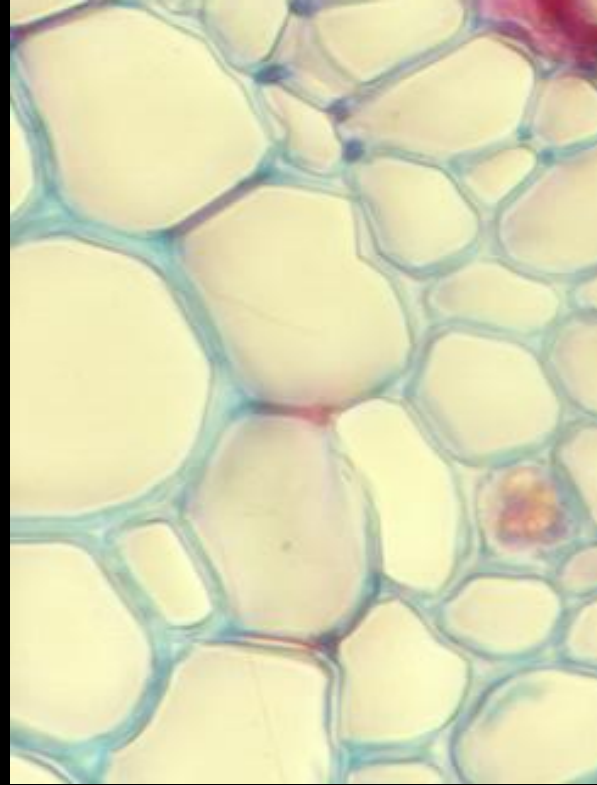
25% celulose

Hemicelulose (polioses)

Pectinas (neutras, ácidas, básicas)

Proteínas (expansina, extensina)

Ca<sup>++</sup>



# Parede secundária

## Composição

**Aqui em Vermelho**

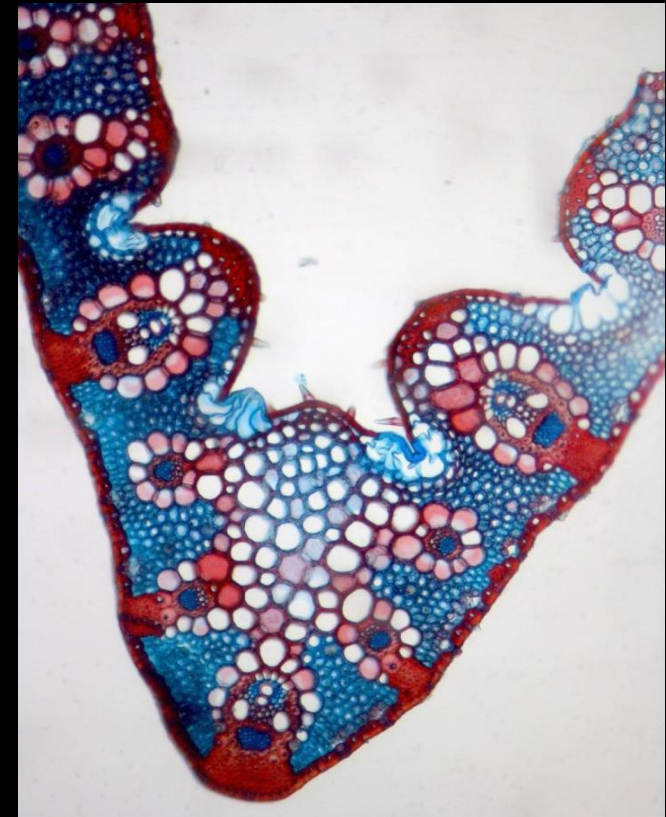
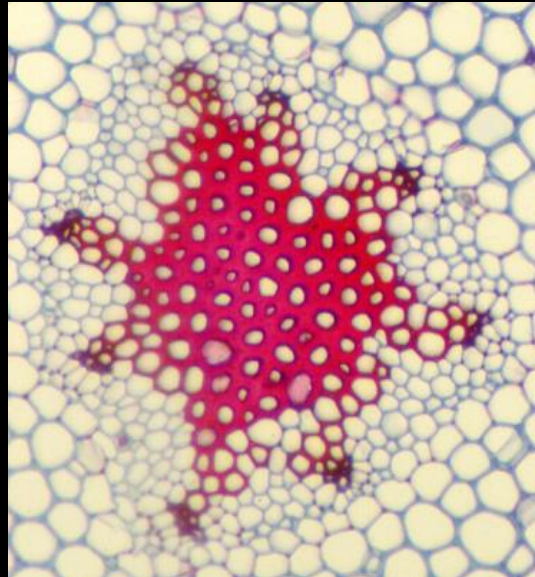
**Água - reduzida**

**50-80% celulose**

**5-10% hemicelulose**

**15-30% lignina**

**Ausência pectinas e glicoproteínas**

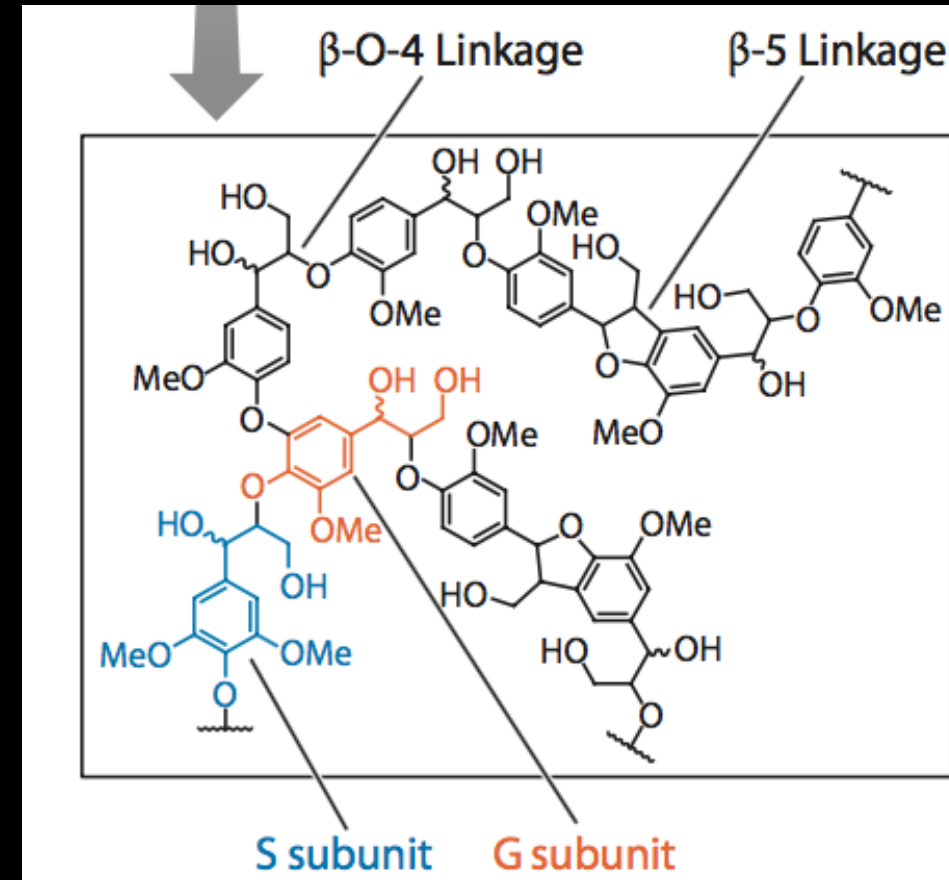
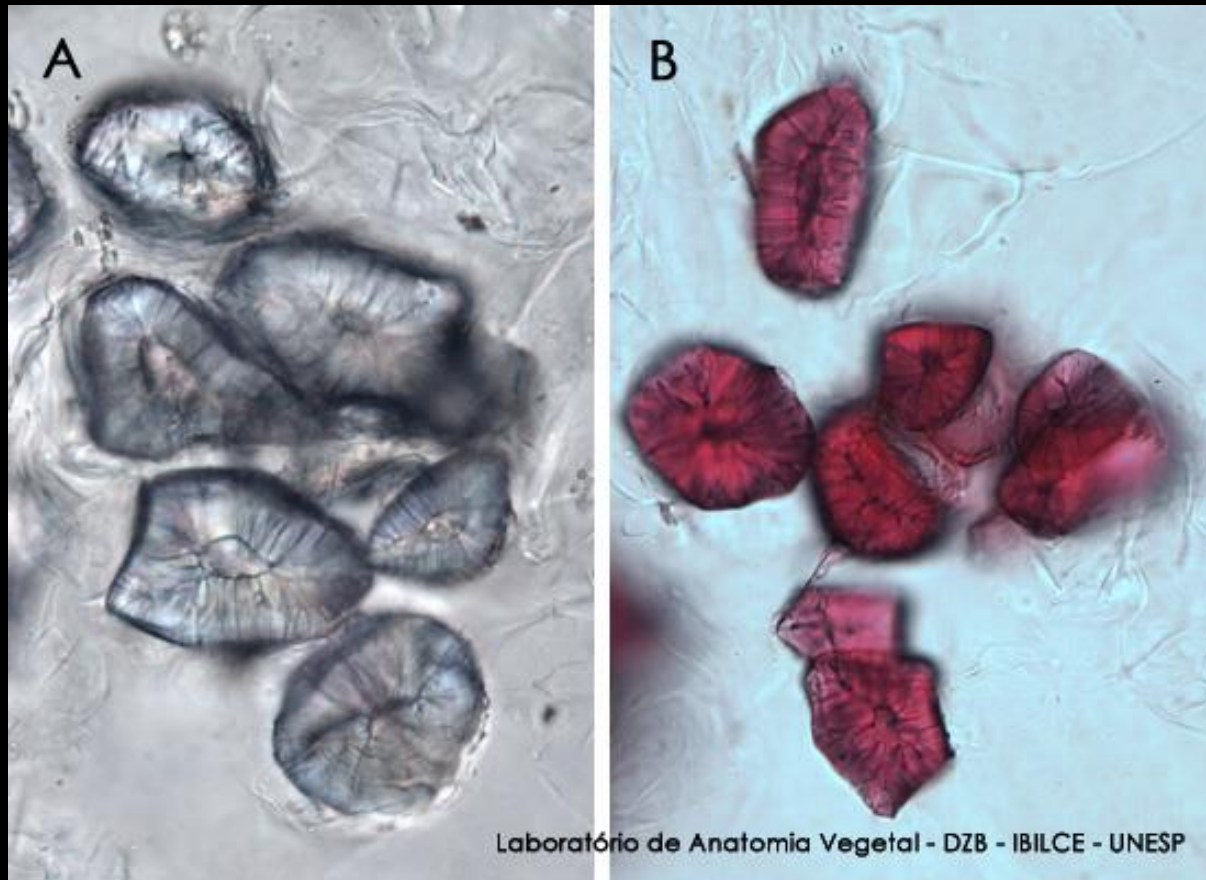


# Células especializadas

Mudanças observadas em esporófitos

# Especialização de tecidos

Reagente: **FLOROGLUCINOL - lignina**





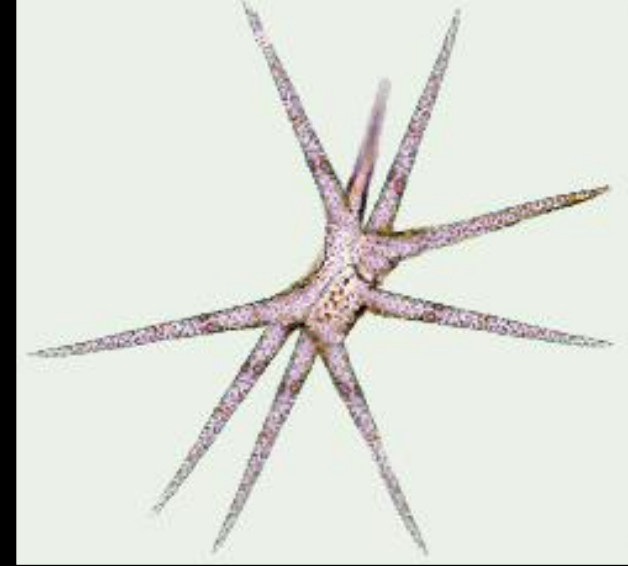
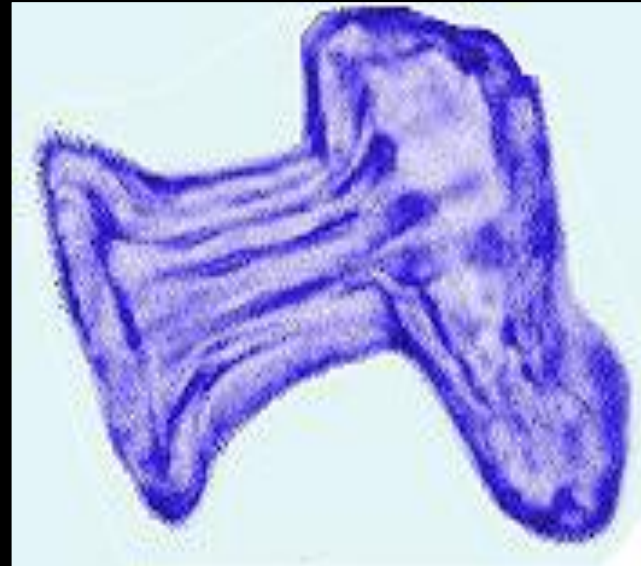
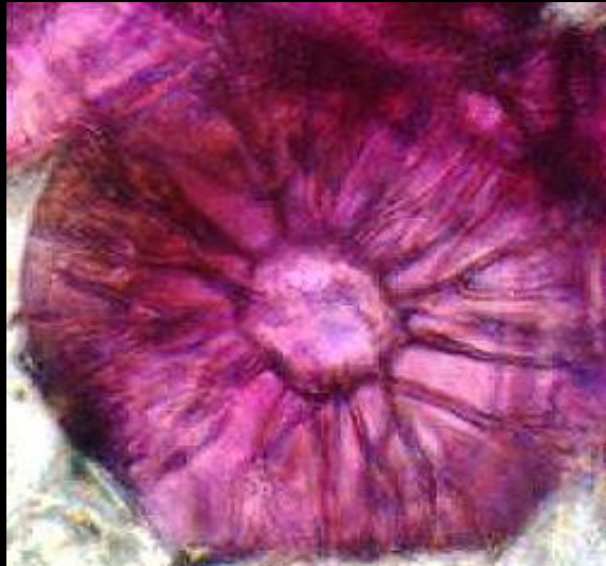
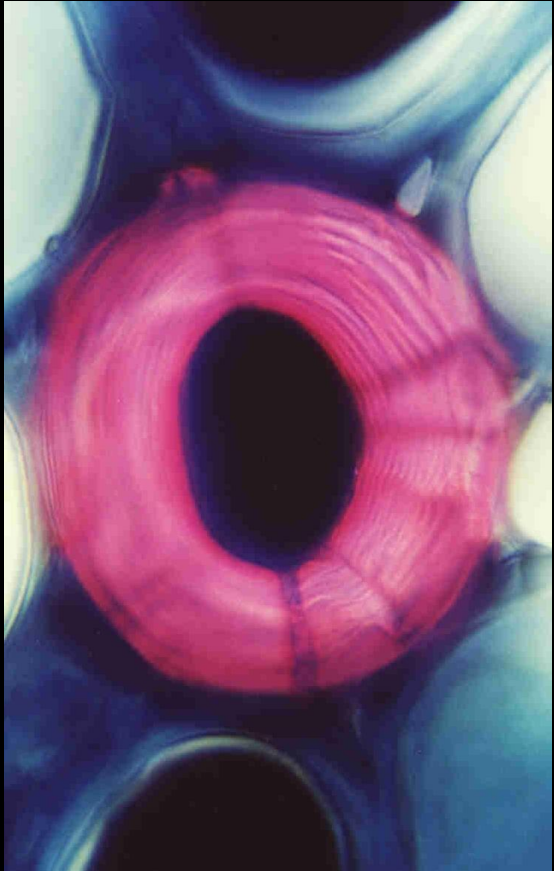
# Mudanças observadas em esporófitos

## Células especializadas

## Especialização de tecidos

**Esclerificação**

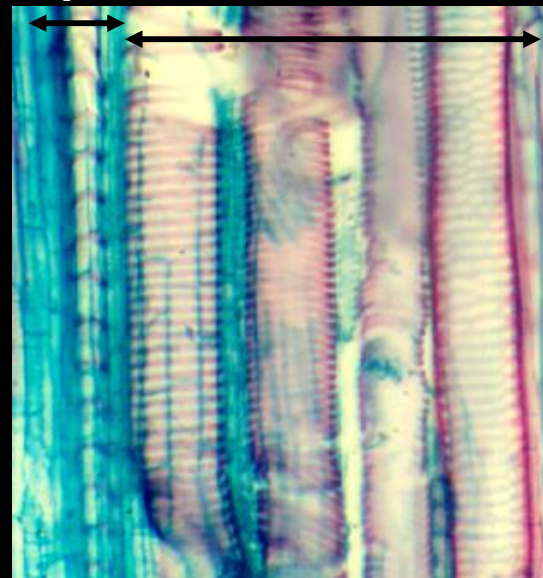
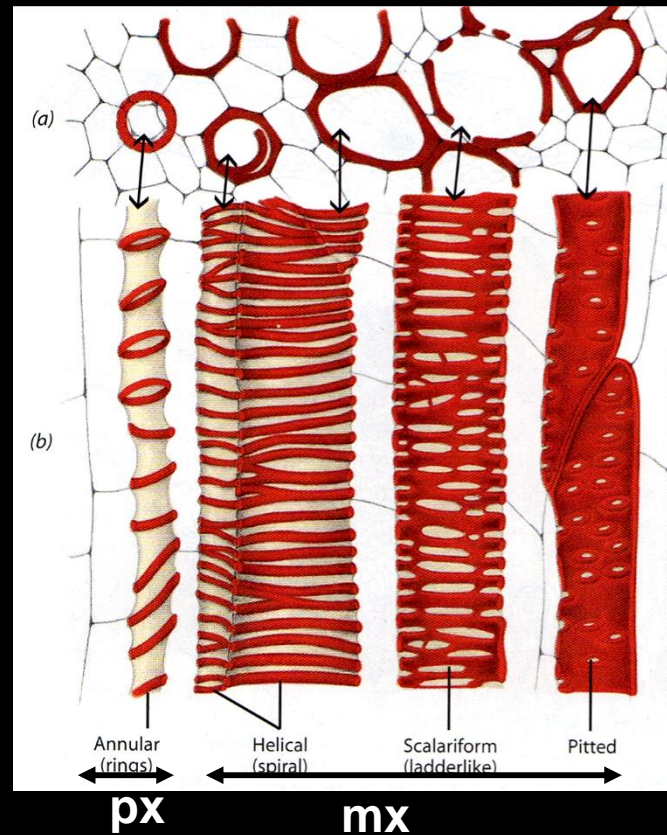
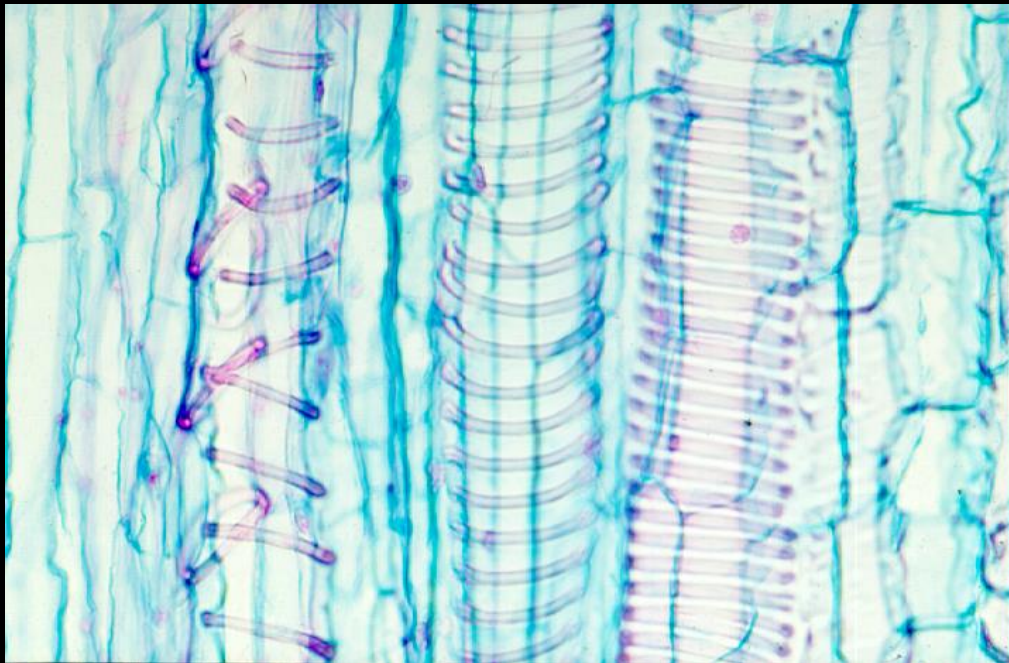
**Espessamento e lignificação**



# Mudanças observadas em esporófitos

Espessamentos especializados

Xilema primário:



- protoxilema (px)
- metaxilema (mx)



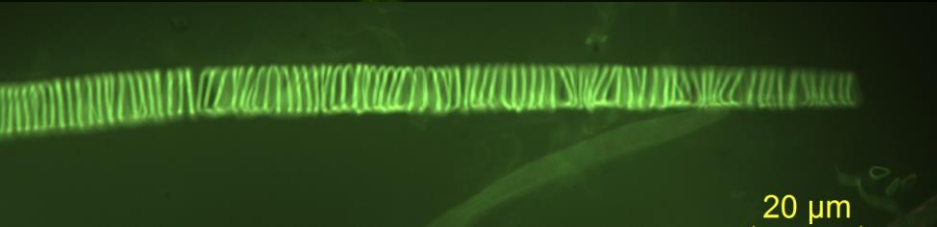
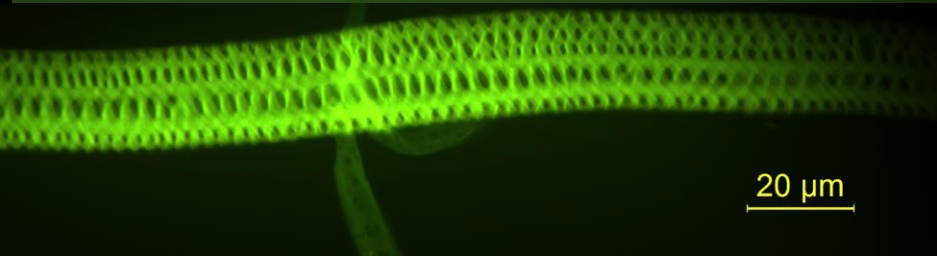
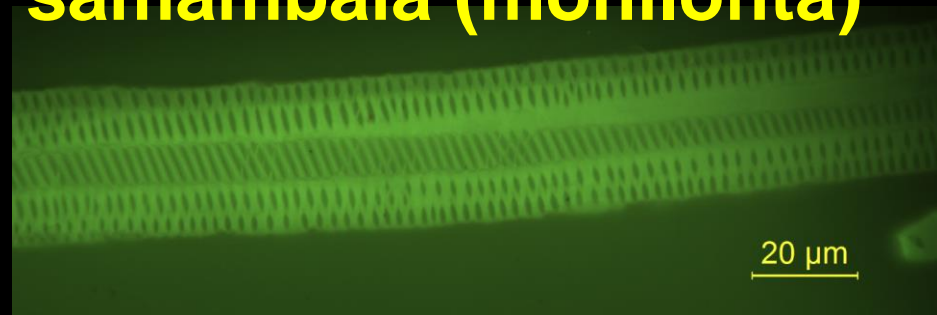
# Células condutoras especializadas

## Sistema vascular primário

**Xilema:** traqueídes e elementos de vaso

### *Polypodium*

samambaia (monilófita)

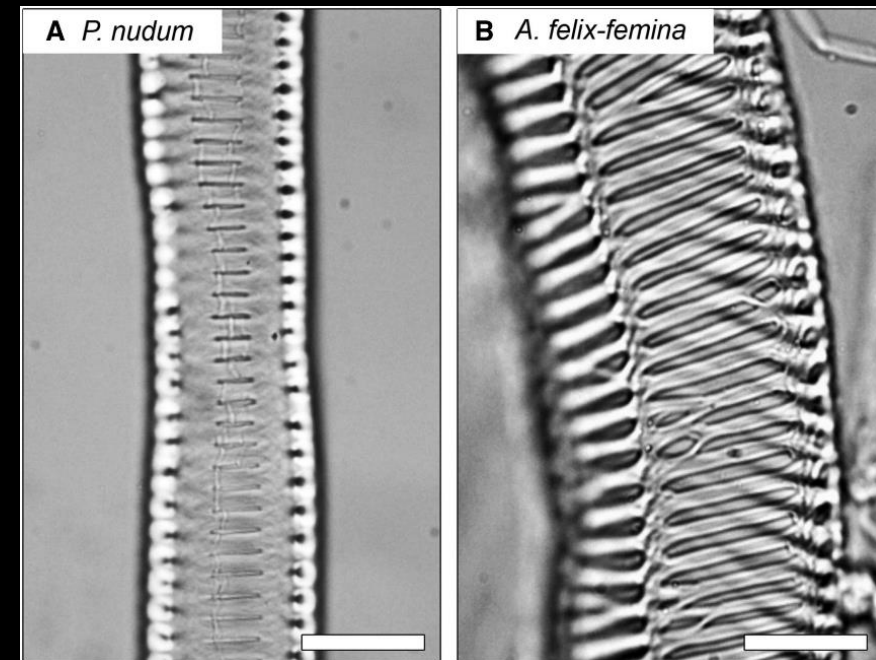


### *Nephrolepis*

(monilófita)



### *Psilotum* (monilófita)



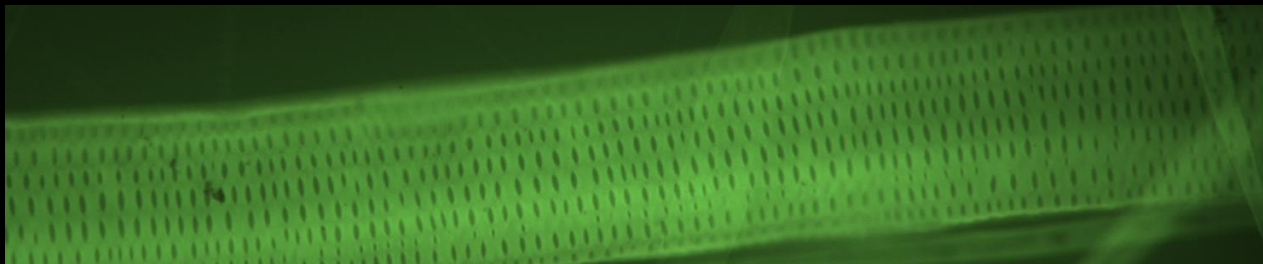
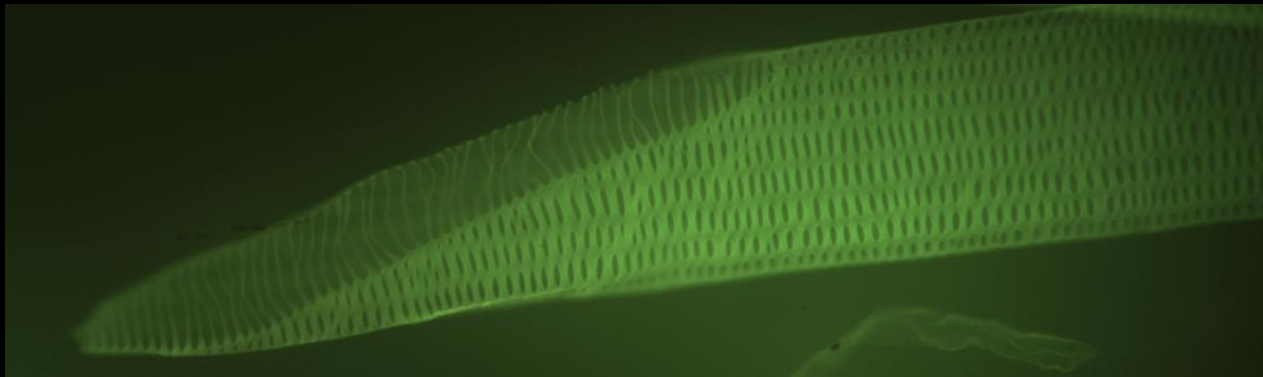


# Células condutoras especializadas

Sistema vascular primário

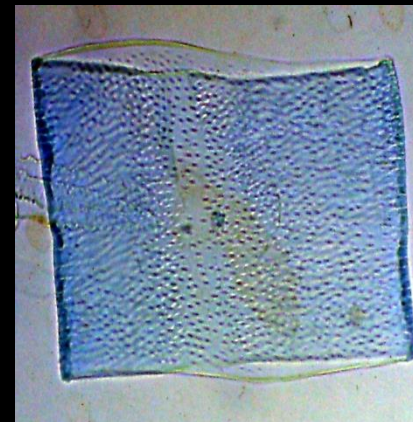
**Xilema: traqueídes e elementos de vaso**

*Pteridium, samambaia* (monilófito)



Angiospermas

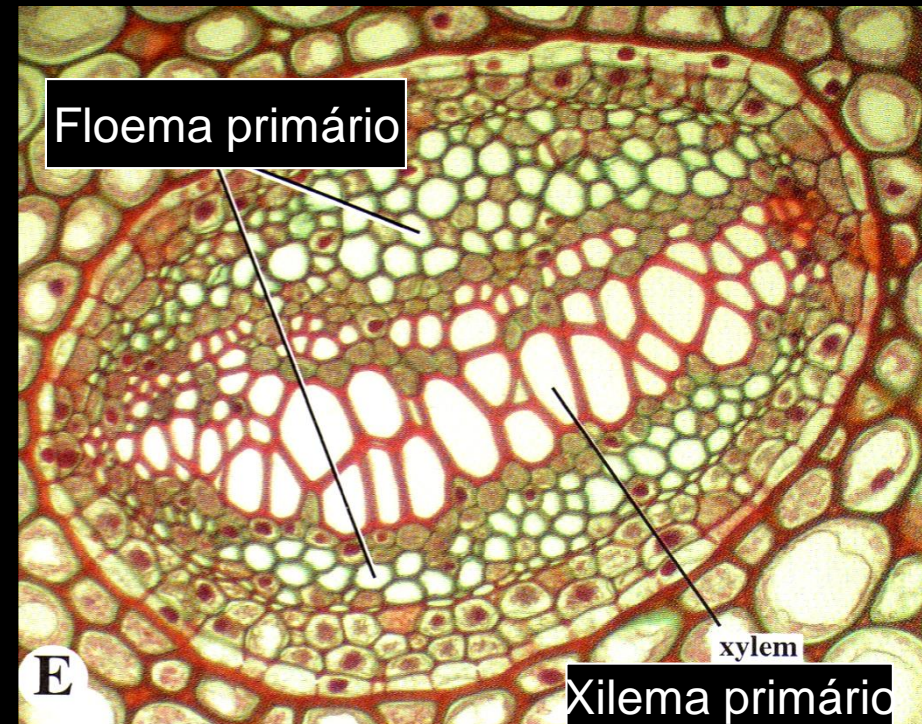
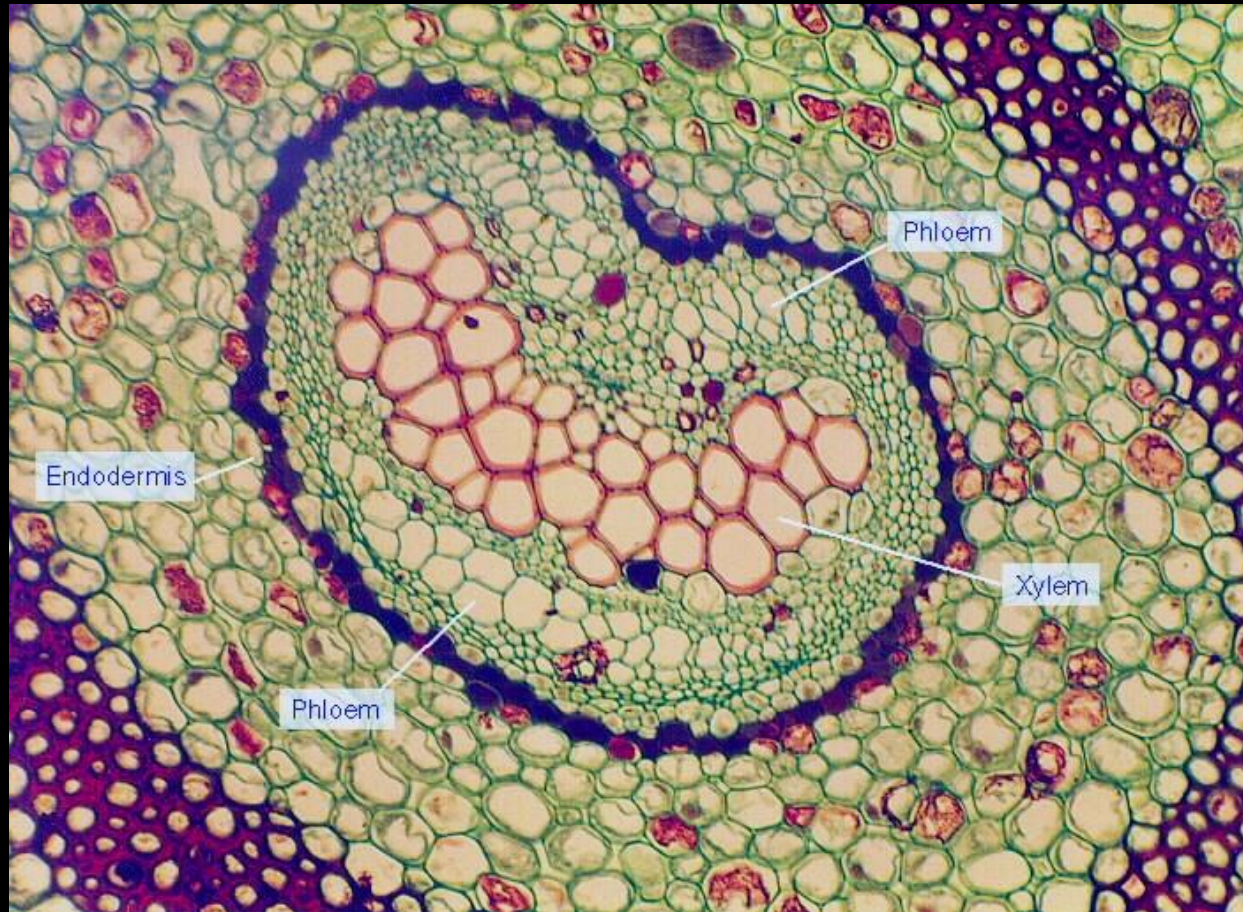
Elementos de vaso





# Sistema vascular primário

## Floema – células crivadas



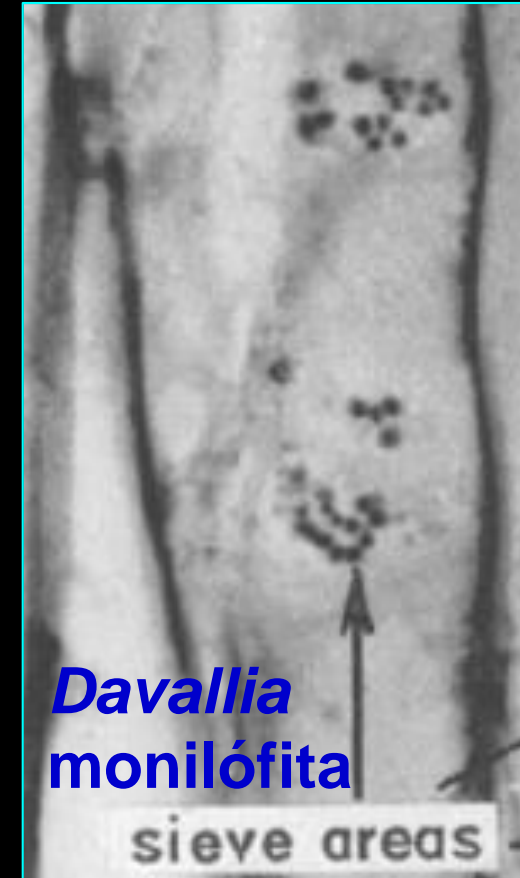


# Sistema vascular primário

## Floema

Células crivadas

Áreas crivadas c/  
poros especiais c/  
plasmodesmas



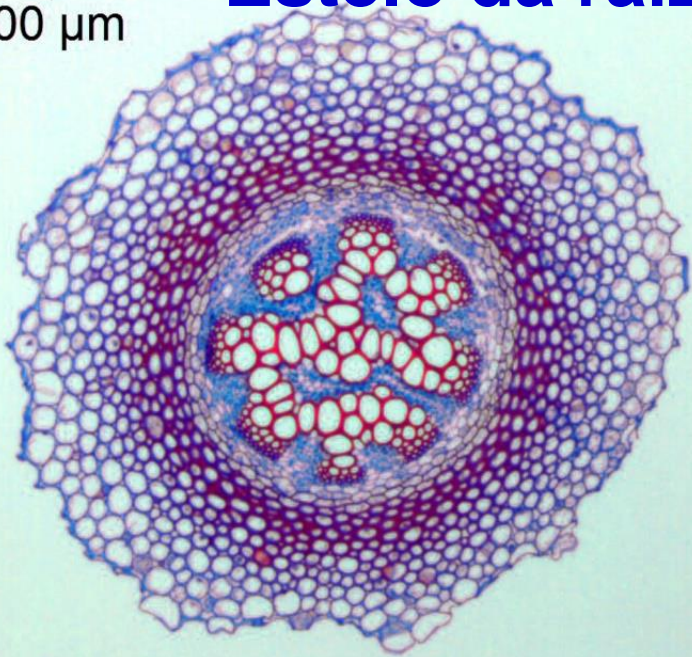
# Mudanças observadas em esporófitos

## Estelo em Raízes e caules

### *Lycopodium*

#### Estelo da raiz

100.00  $\mu\text{m}$



Parenchymatous outer cortex

Sclerenchymatous middle cortex

Parenchymatous inner cortex

#### Estelo do caule

Xylem

Phloem

Mixed protostele

[www.plantscience4u.com](http://www.plantscience4u.com)



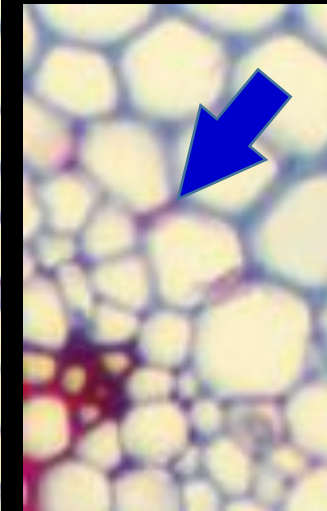
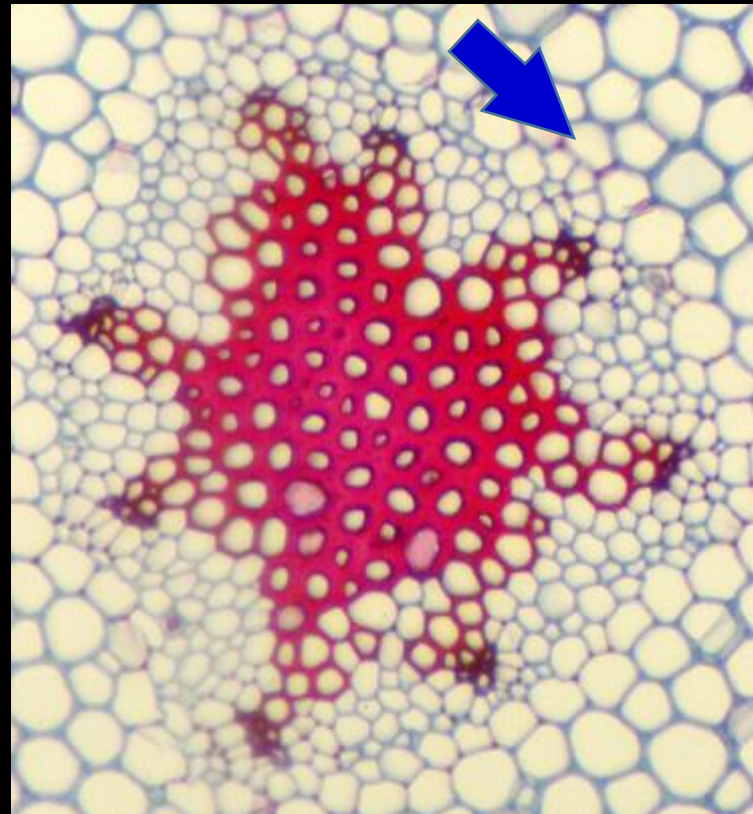
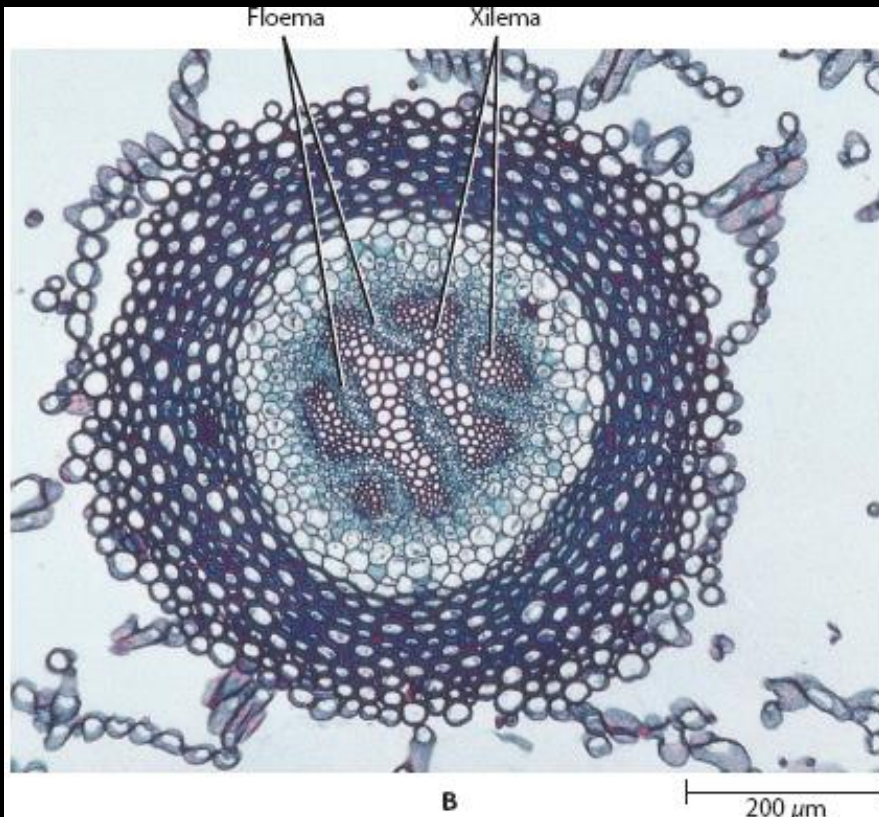
# Estelo – sistema vascular primário

**Protostelo** : cilindro vascular central

Periciclo interno a uma endoderme (**seta**)

- **Floema**

- **Xilema** – traqueídes e elementos de vaso



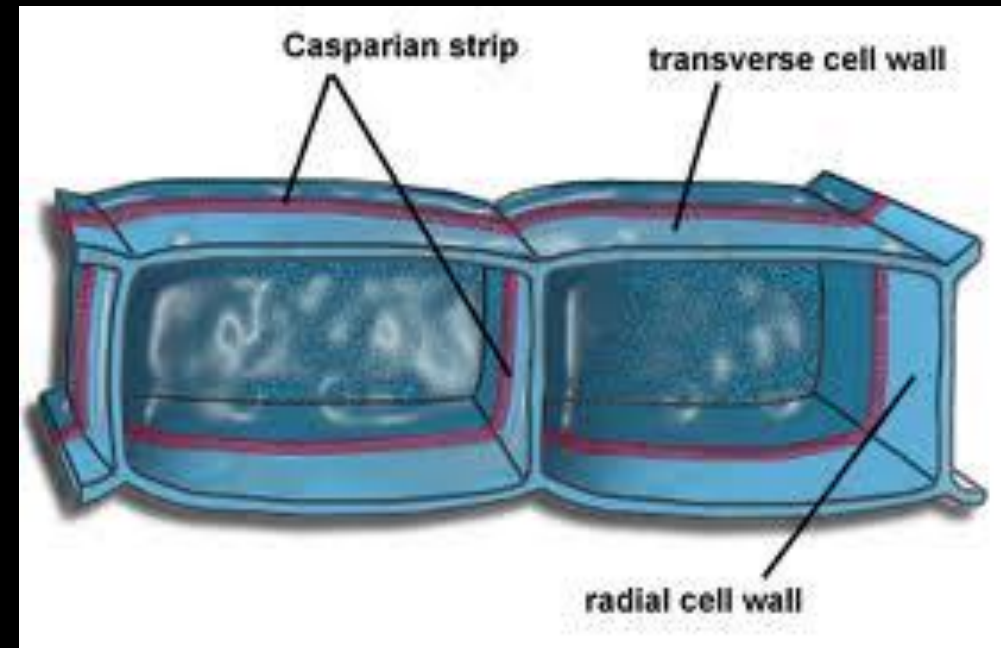
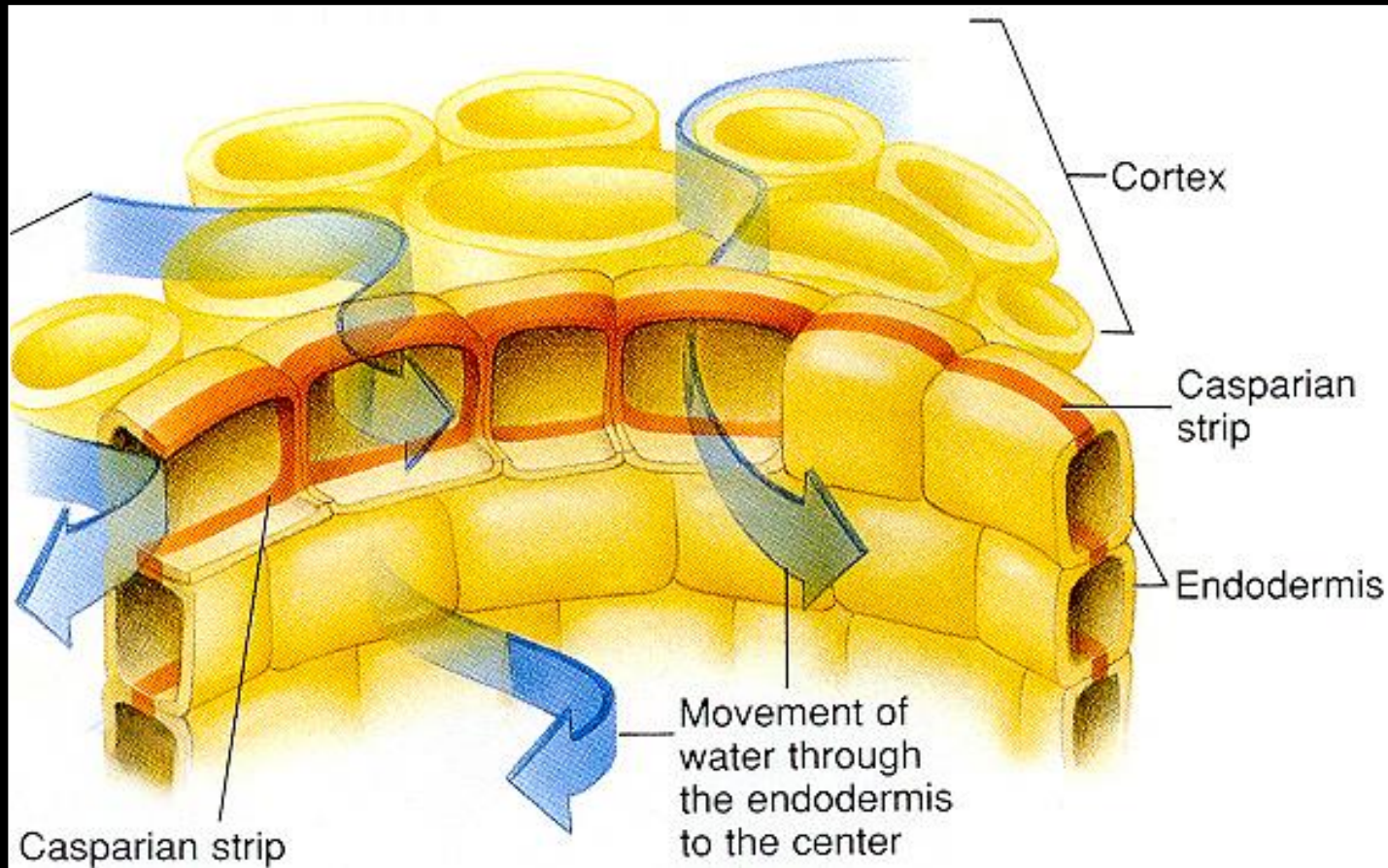


# Estelo – sistema vascular primário

Protostelo com massa vascular central

Periciclo interno a uma endoderme

Com estrias de Caspary

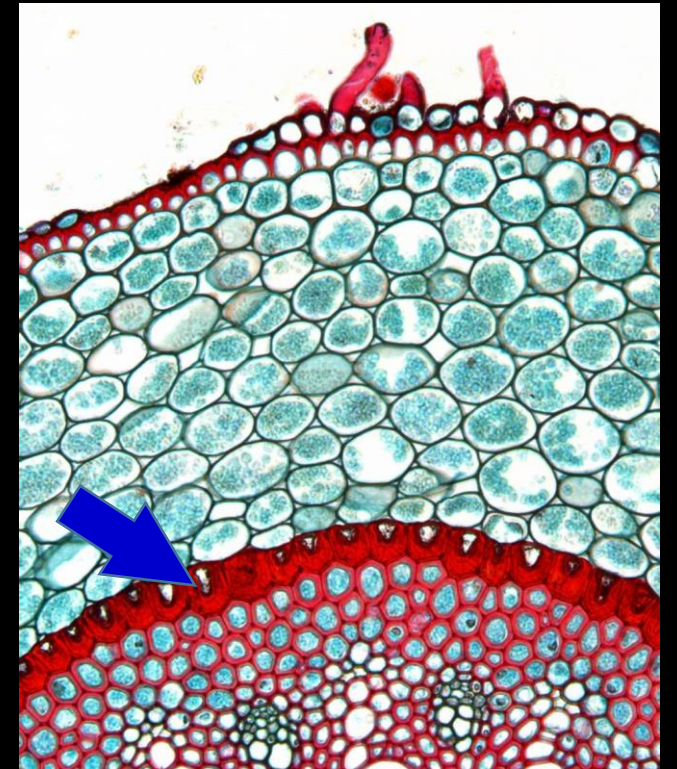
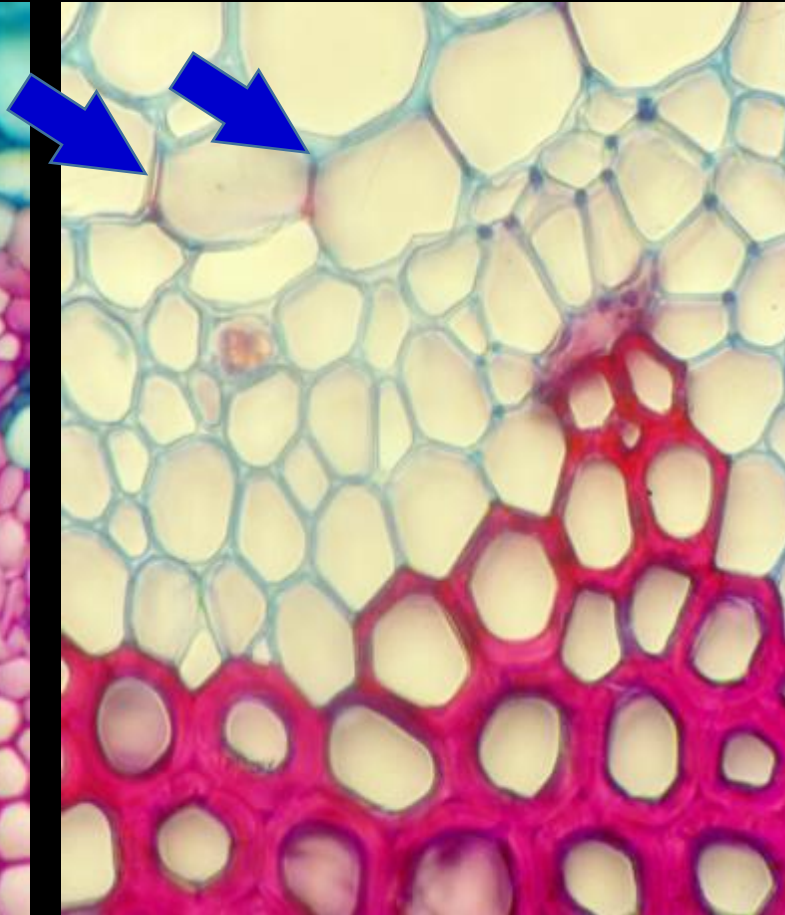
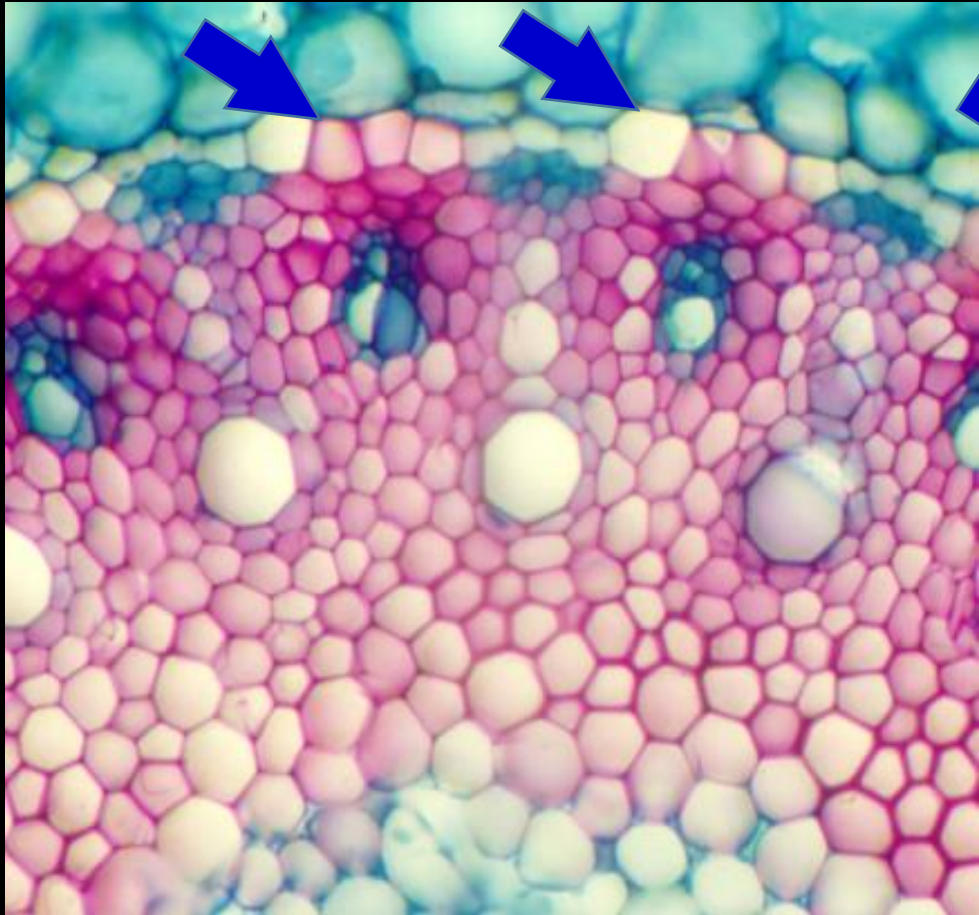




# Estelo – sistema vascular primário

Protostelo com massa vascular central

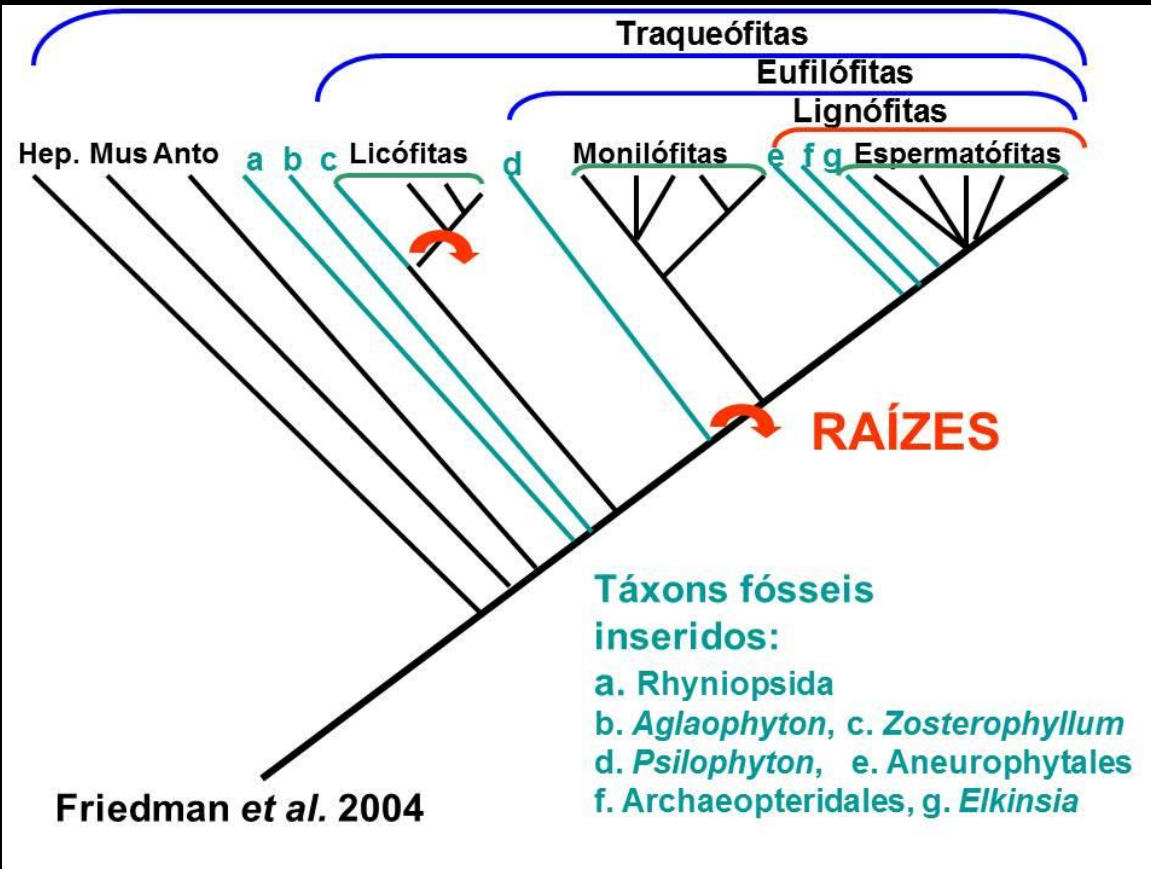
Endoderme com estrias de Caspary ou já espessada, quando inativa



# Síntese – Traqueófitas

## Novidades evolutivas

### TRAQUEÓFITA

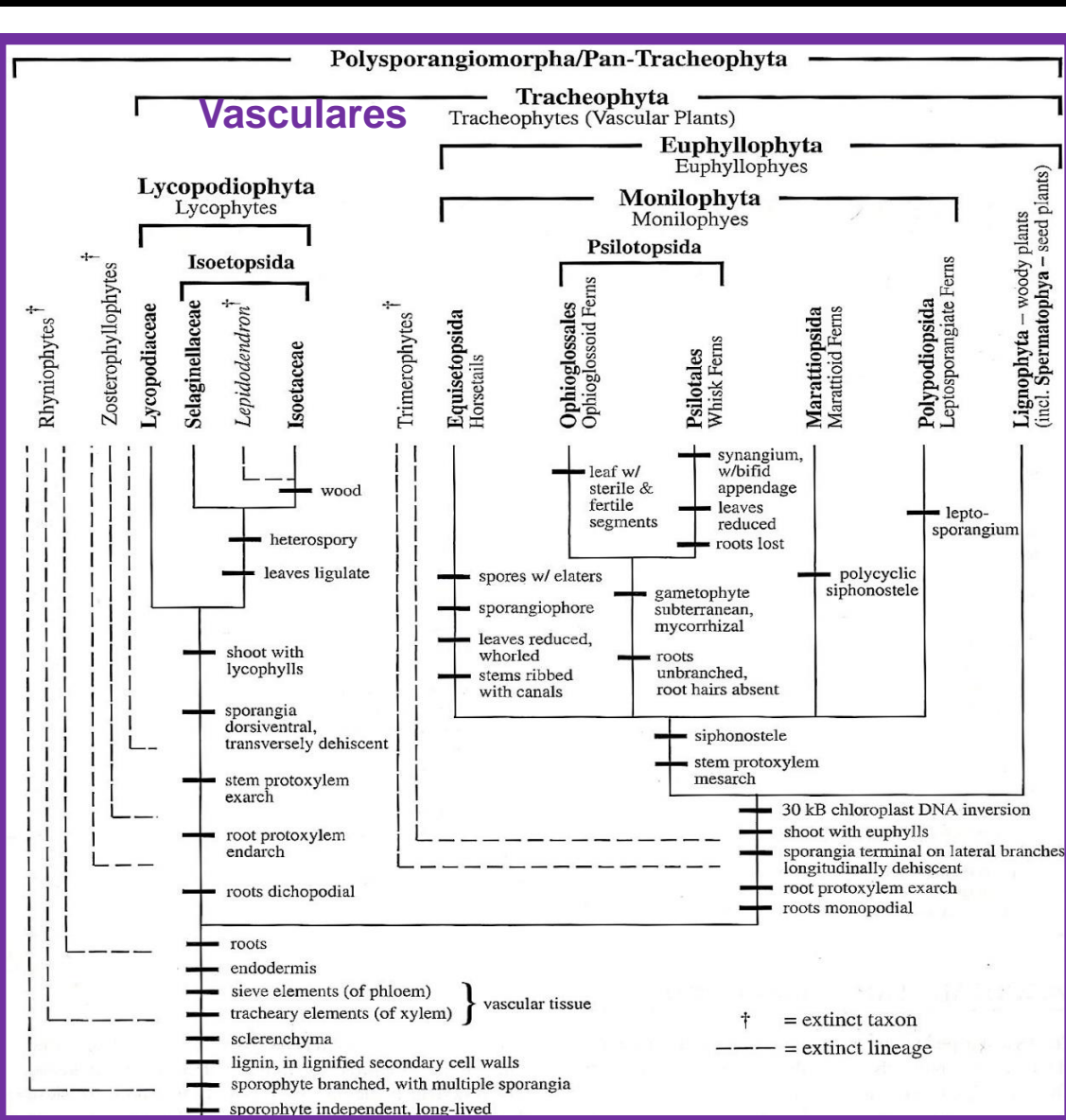


- Lignina
- Esporófito dominante, robusto, independente
- Estelo com Xi-Flo
- Há caules ramificados de crescimento indeterminado
- Folhas tem origens diferentes
- Raízes apareceram duas vezes

X “pteridófita” é polifilético, portanto não é grupo ou linhagem



# Traqueófitas = Plantas vasculares



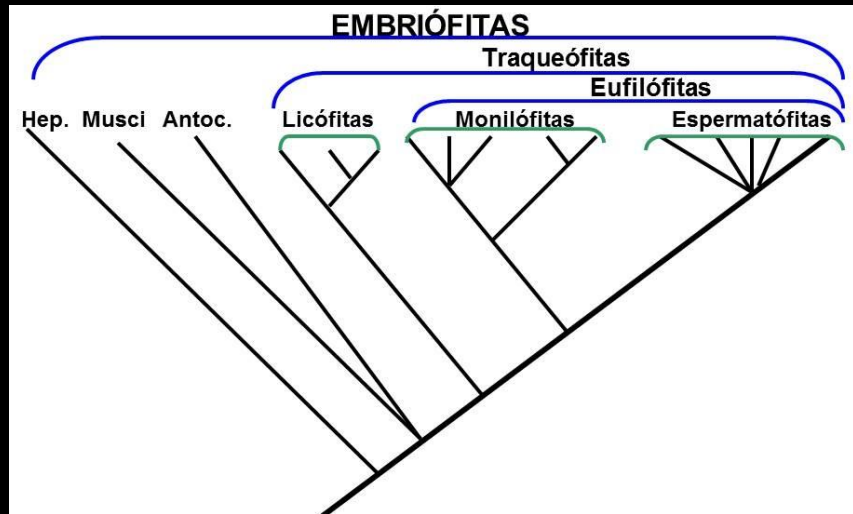
## Aquisições das plantas vasculares

- Raízes
- Estelo da raiz com protoxilema exarco
- Endoderme
- Sistema vascular c/ elementos traqueais e crivados
- Lignina
- Ramificações de caules
- Esporófito persistente e independente

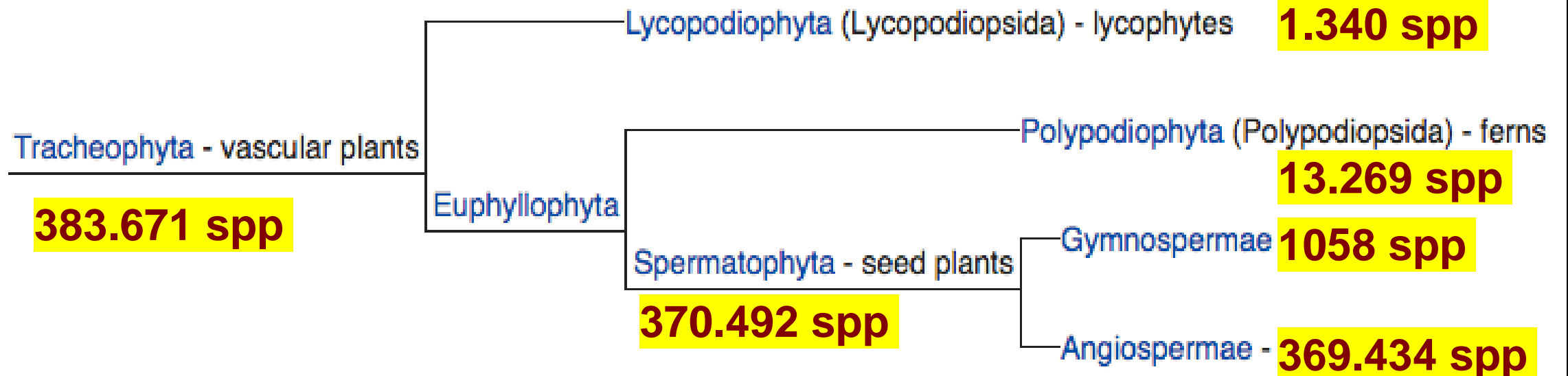
(Pryor 2001, 2004 e Qiu 2006 e 2007)

FIGURE 4.1 Phylogeny of the tracheophytes, the vascular plants, modified from Pryer et al. (2001a, 2004a,b) and Qiu et al. (2006, 2007), with selected apomorphies.

# Diversidade de embriófitas

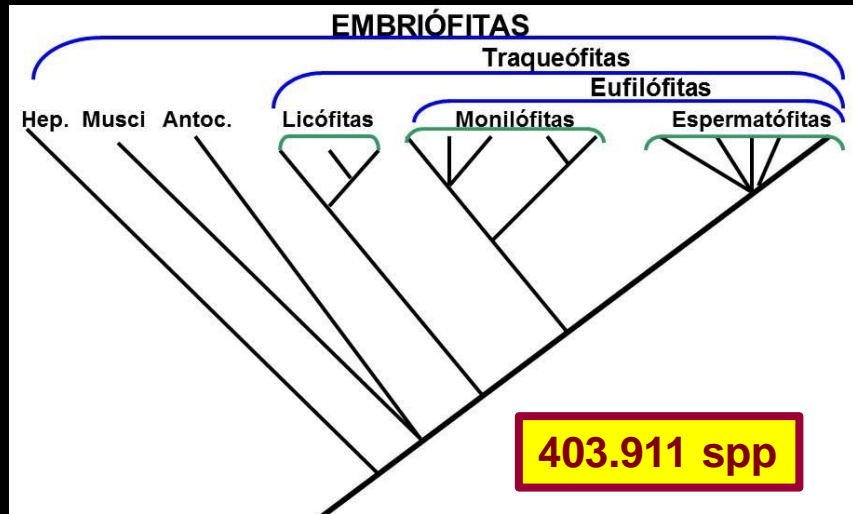


**403.911 spp**

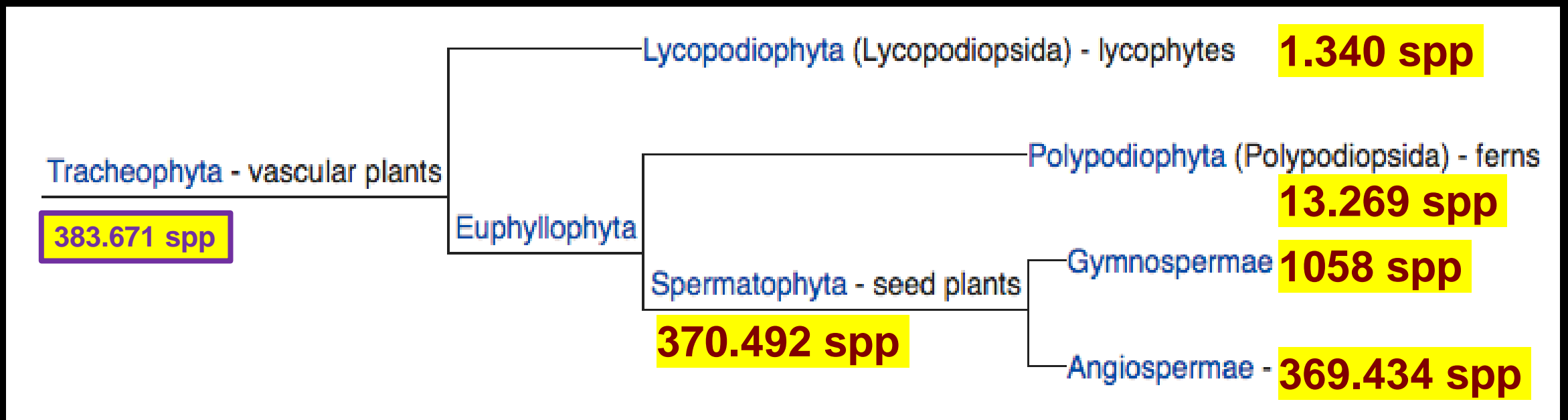


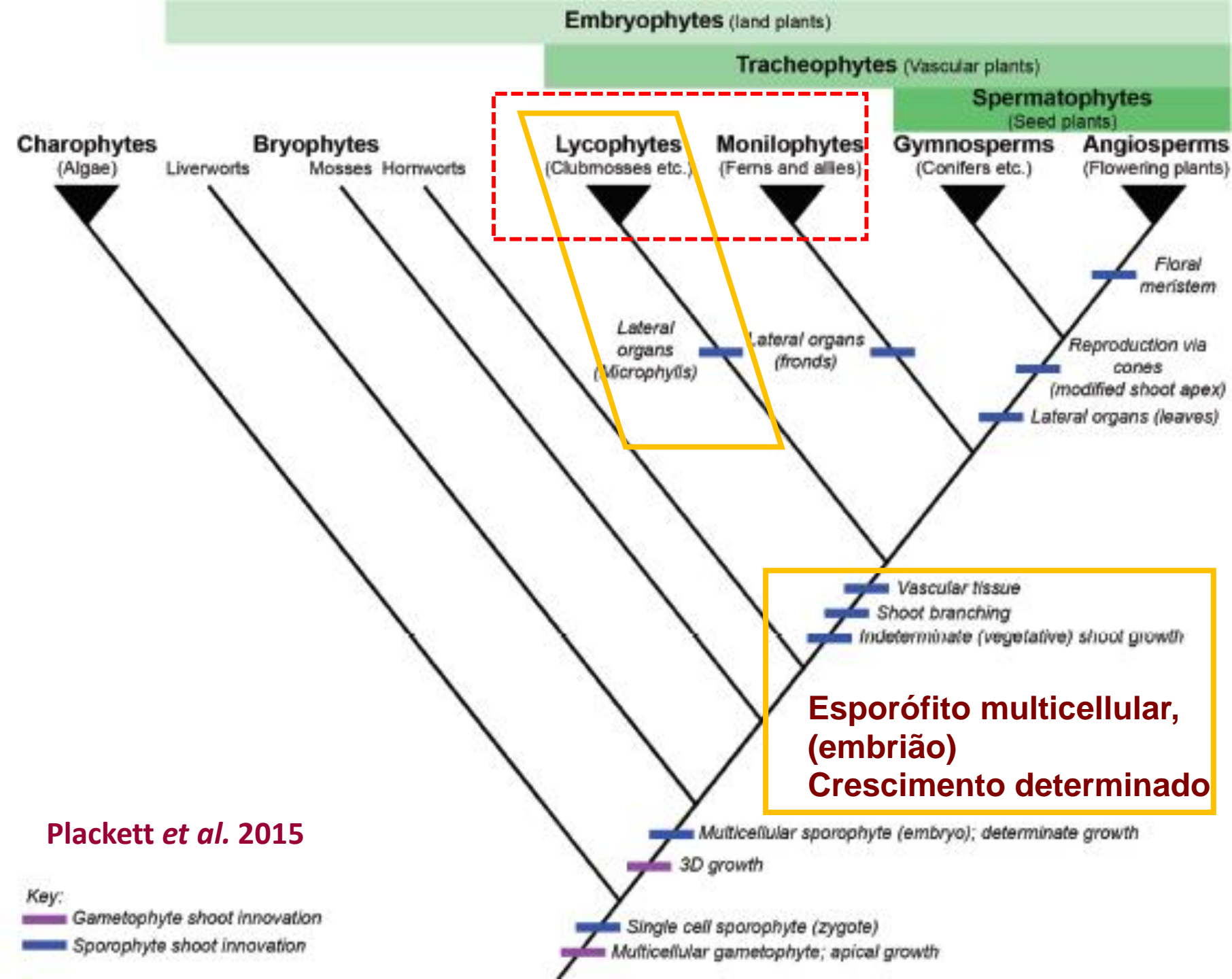


# Diversidade de Traqueófitas



383.671 spp





Plackett *et al.* 2015

Traqueófitas  
 Licófitas  
 Monilófitas  
 Traqueófitas  
 Espermatófitas  
 Gimnospermas  
 Antófitas=  
 Angiospermas

“pteridófitas”