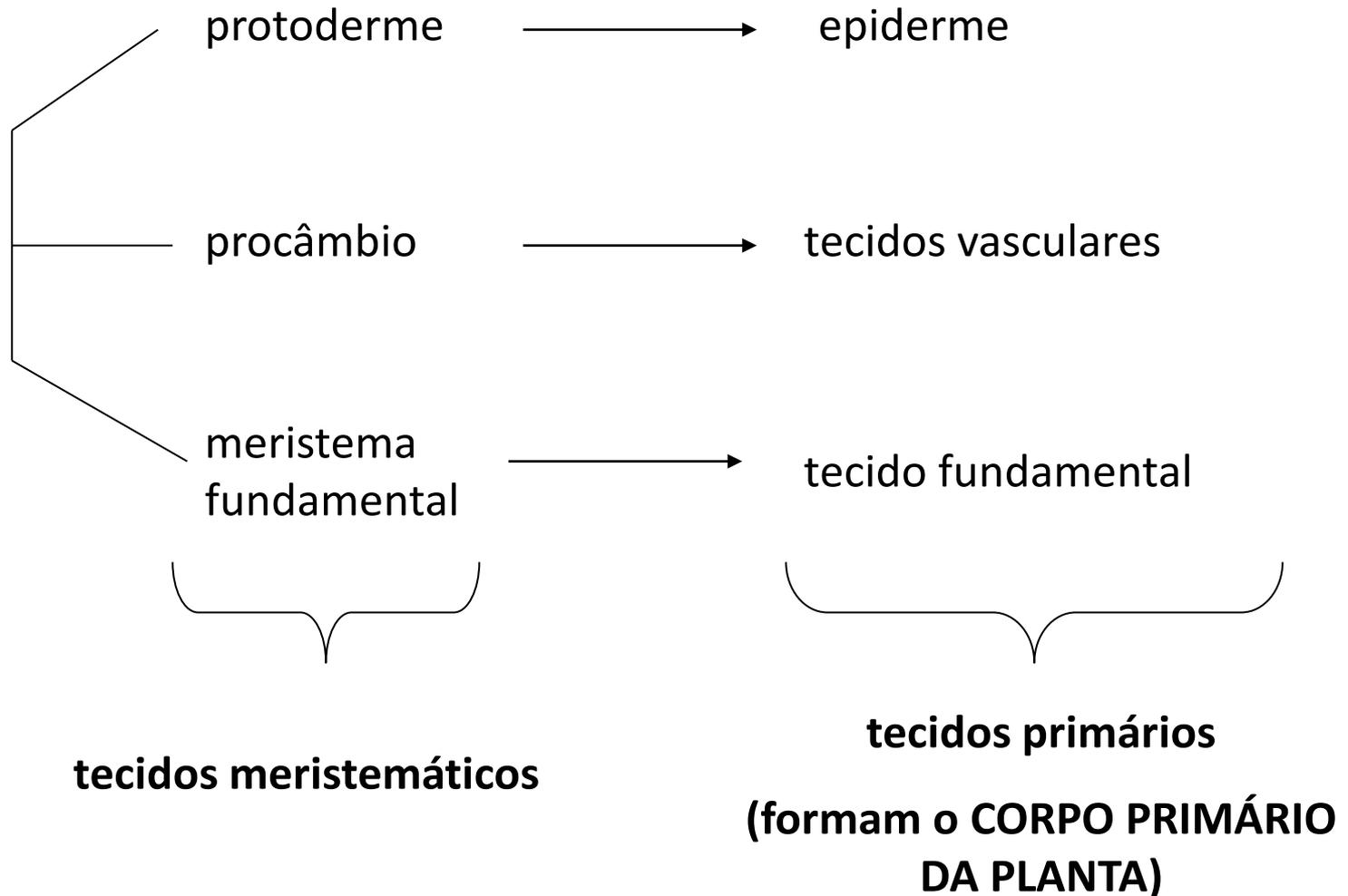
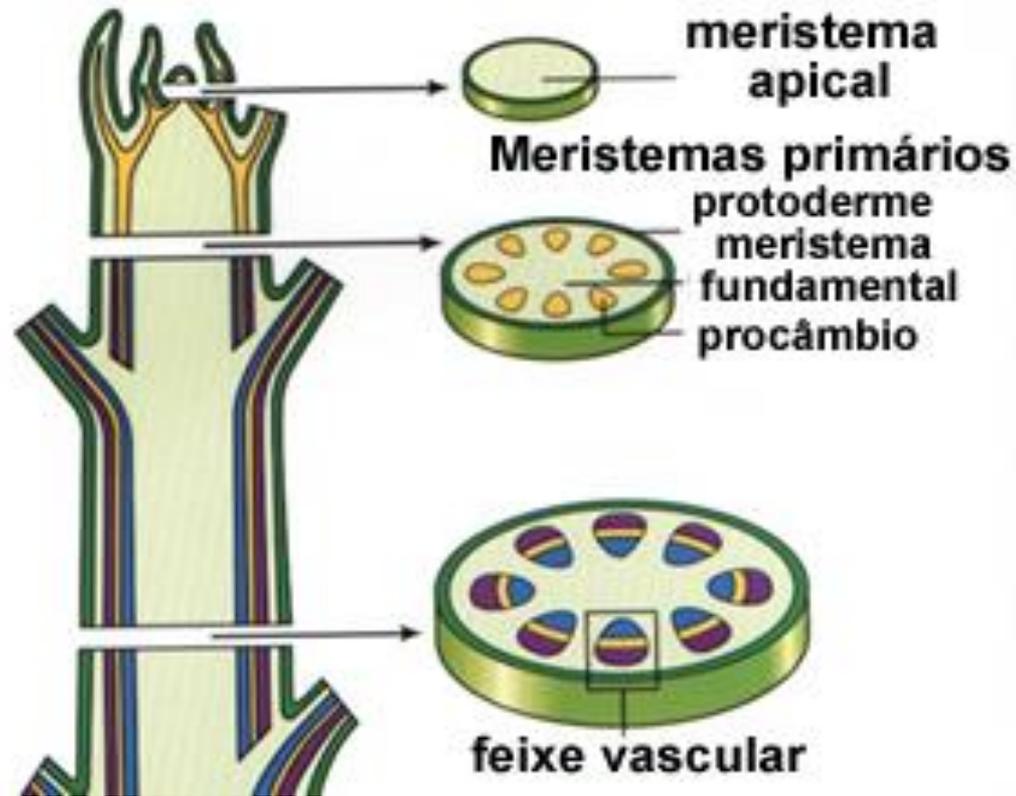


Crescimento secundário em plantas

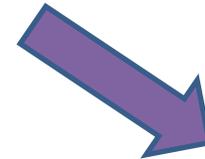
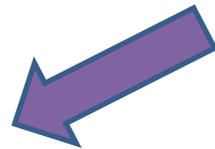


➤ Desenvolvimento inicial dos tecidos



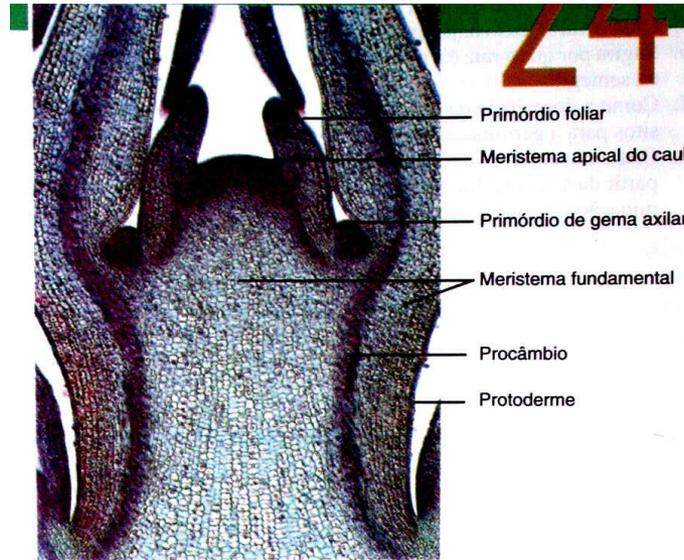


PADRÃO APICAL-BASAL

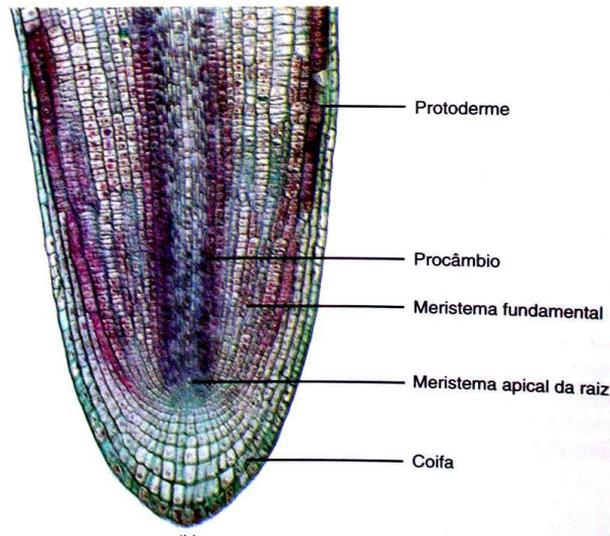


PADRÃO RADIAL

- após embriogênese: desenvolvimento por meristemas
(células que mantêm capacidade de divisão/ diferenciação)



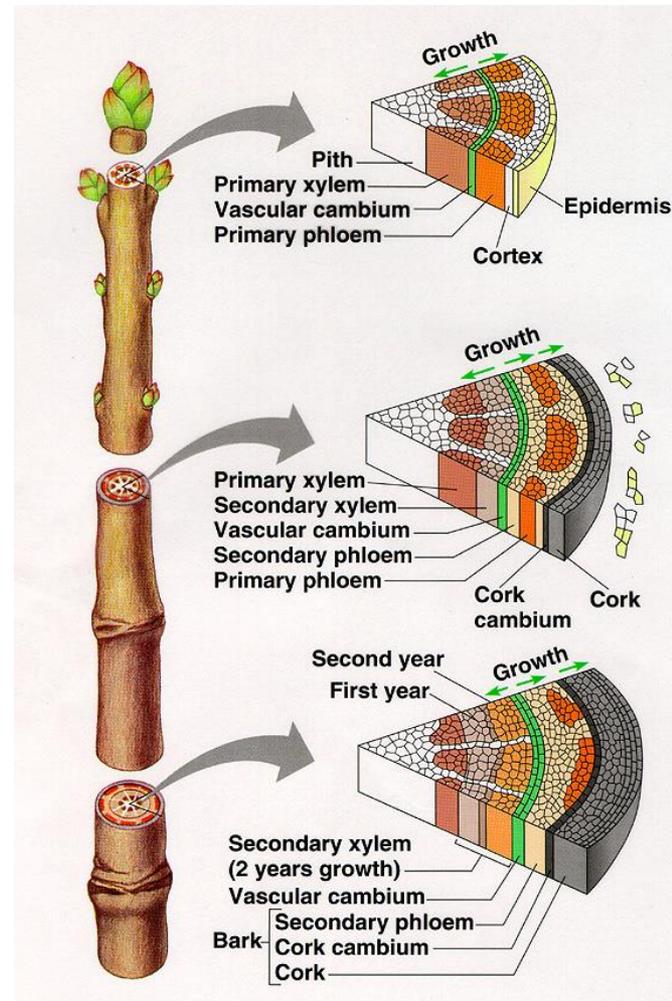
(a)

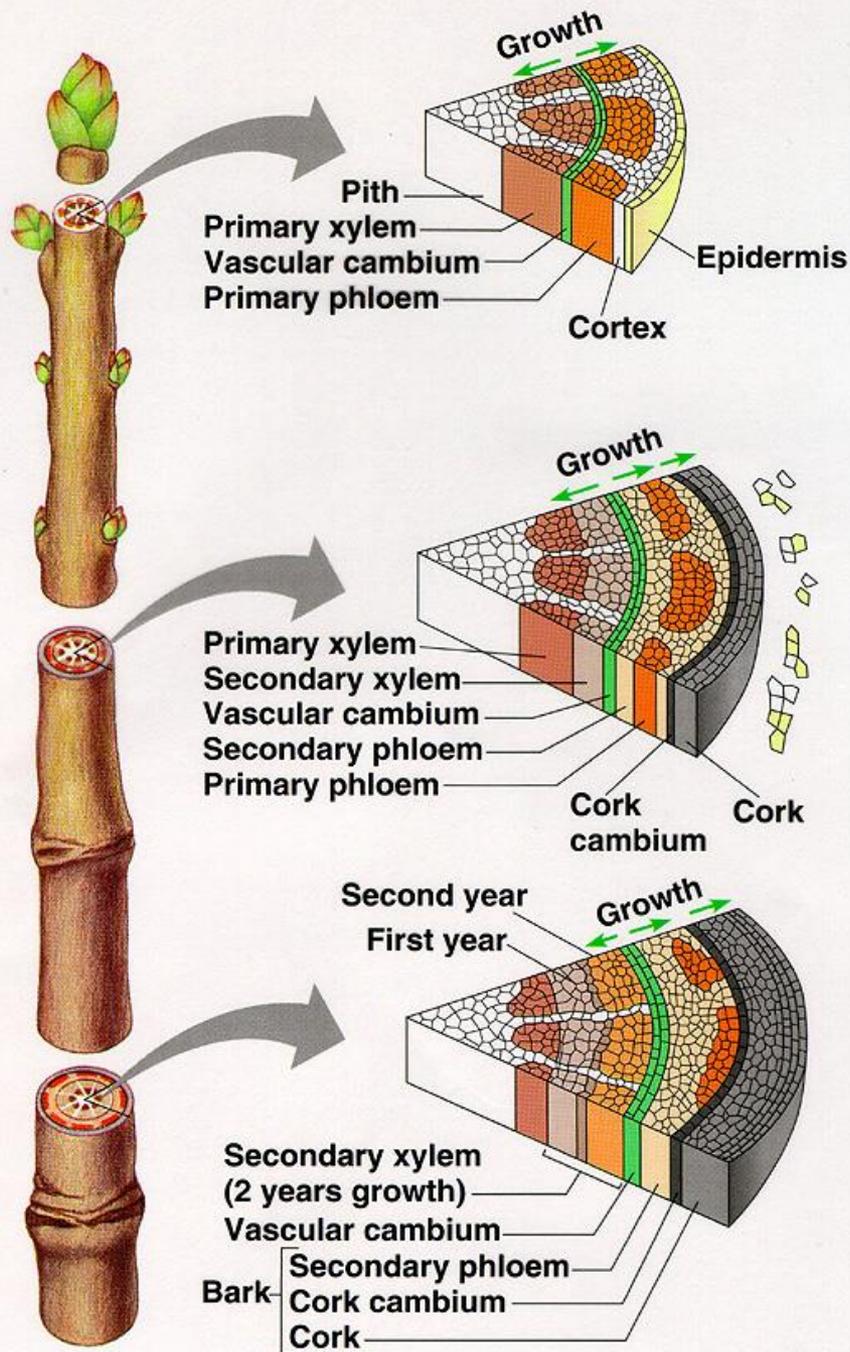


(b)

meristemas laterais (secundários)

- crescimento em espessura
- câmbio vascular e felogênio





Diferenciação
e crescimento
em
comprimento e
largura
(câmbio e
felogênio*)

(formam o CORPO
SECUNDÁRIO DA
PLANTA)

* - já visto a aula de
Sistema Dérmico

Relembrando...



Briófitas

Zigoto que produz um embrião multicelular com desenvolvimento precoce no arquegônio ou saco embrionário



Briófitas

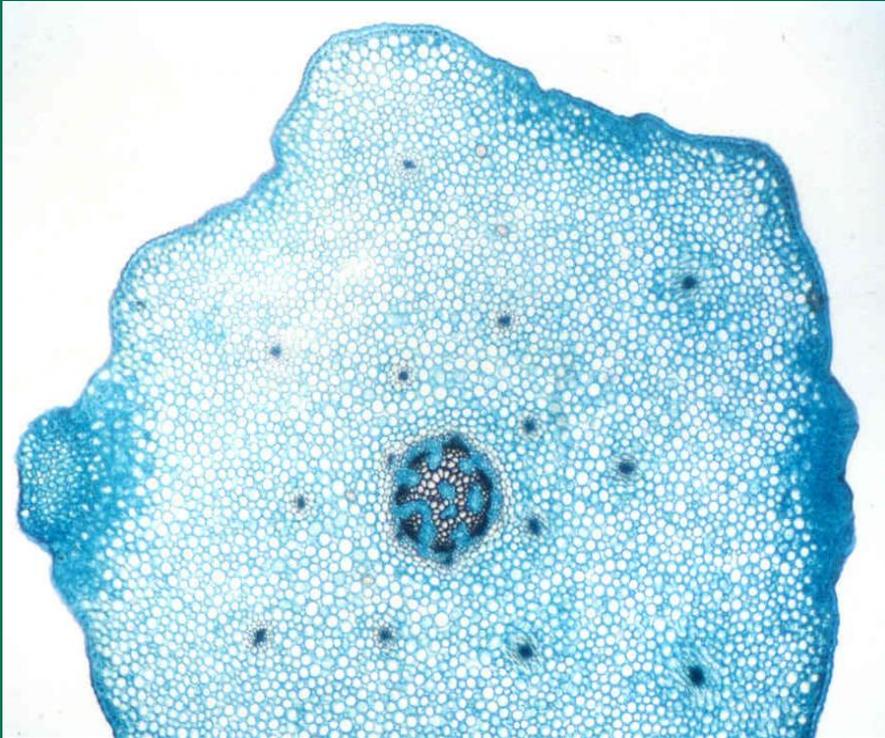
Pteridófitas



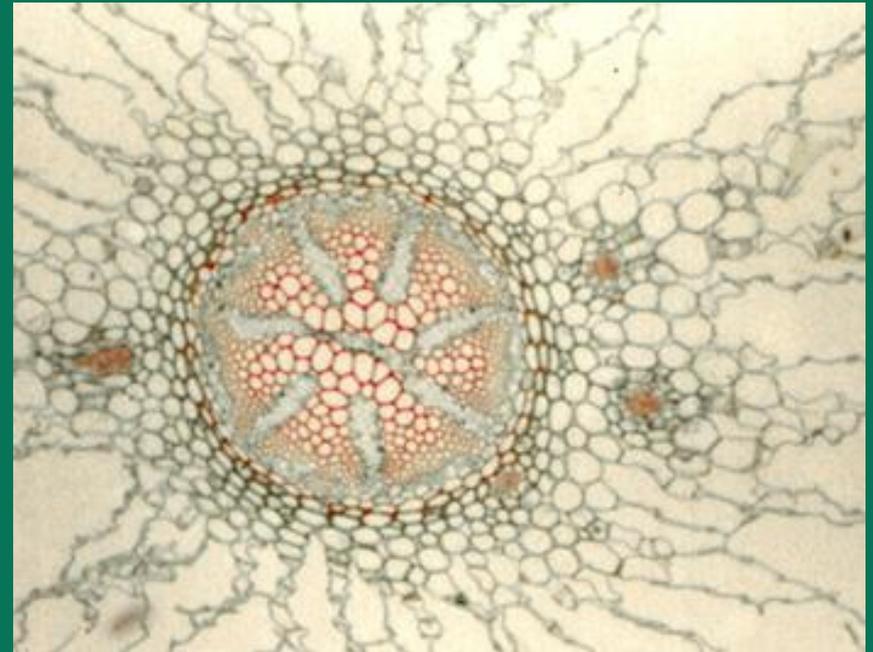
Elementos condutores – xilema e floema

Zigoto que produz um embrião multicelular com desenvolvimento precoce no arquegônio ou saco embrionário

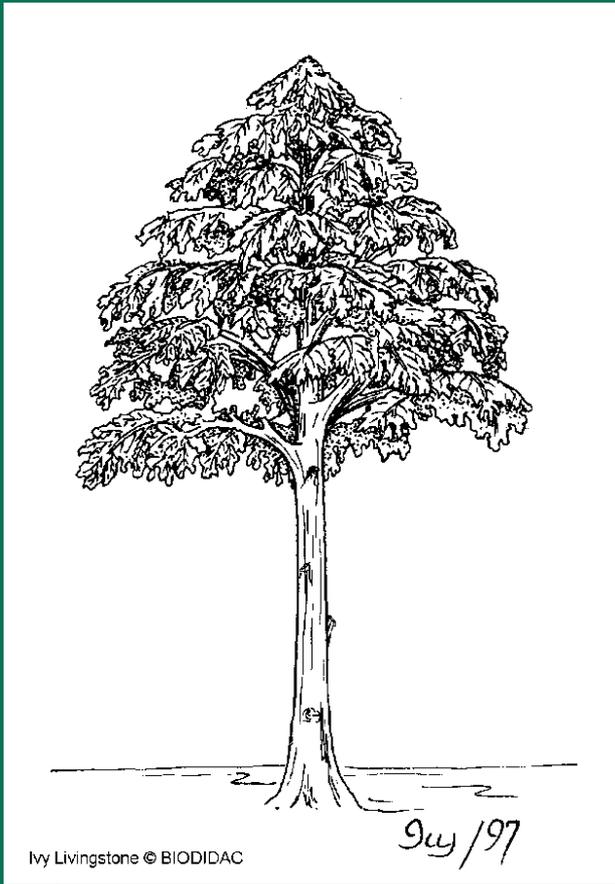
Caule em pteridófitas: com xilema e floema, MAS SEM
CRESCIMENTO SECUNDÁRIO



Huperzia treitubensis



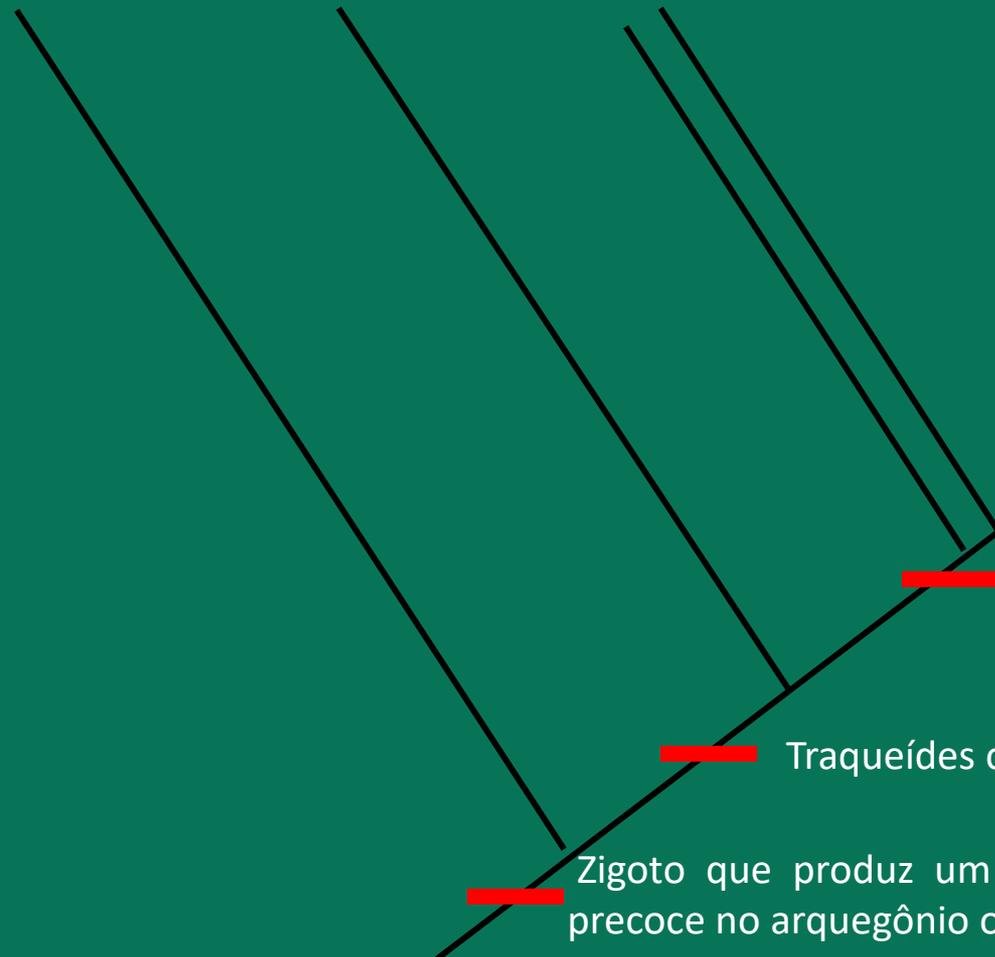
Lycopodium



Briófitas

Pteridófitas

Progimnospermas



Xilema e floema secundários

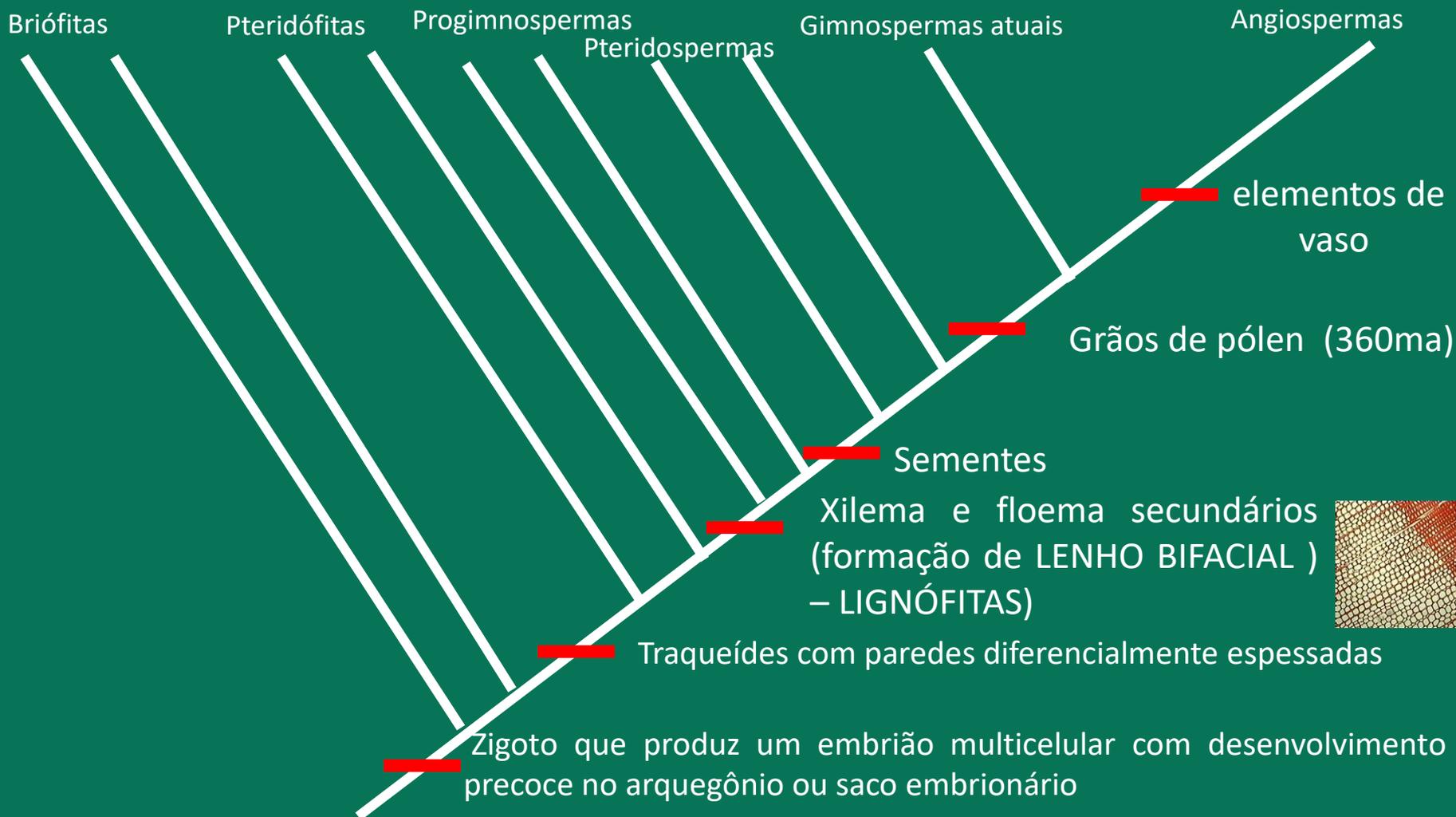
Traqueídes com paredes diferencialmente espessadas

Zigoto que produz um embrião multicelular com desenvolvimento precoce no arquegônio ou saco embrionário

Plantas com Embrião) Embriófitas

Plantas vasculares (Traqueófitas)

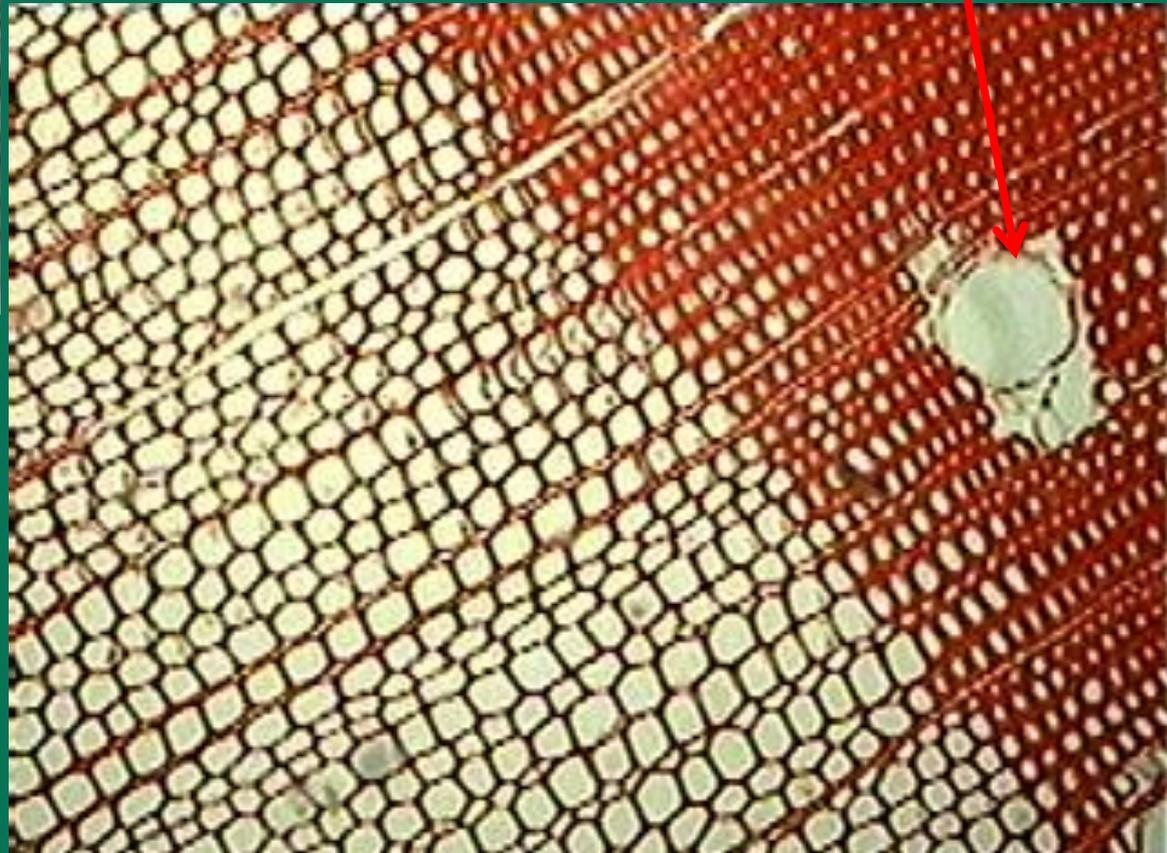
Plantas com sementes (Espermatófitas)



Traqueídes

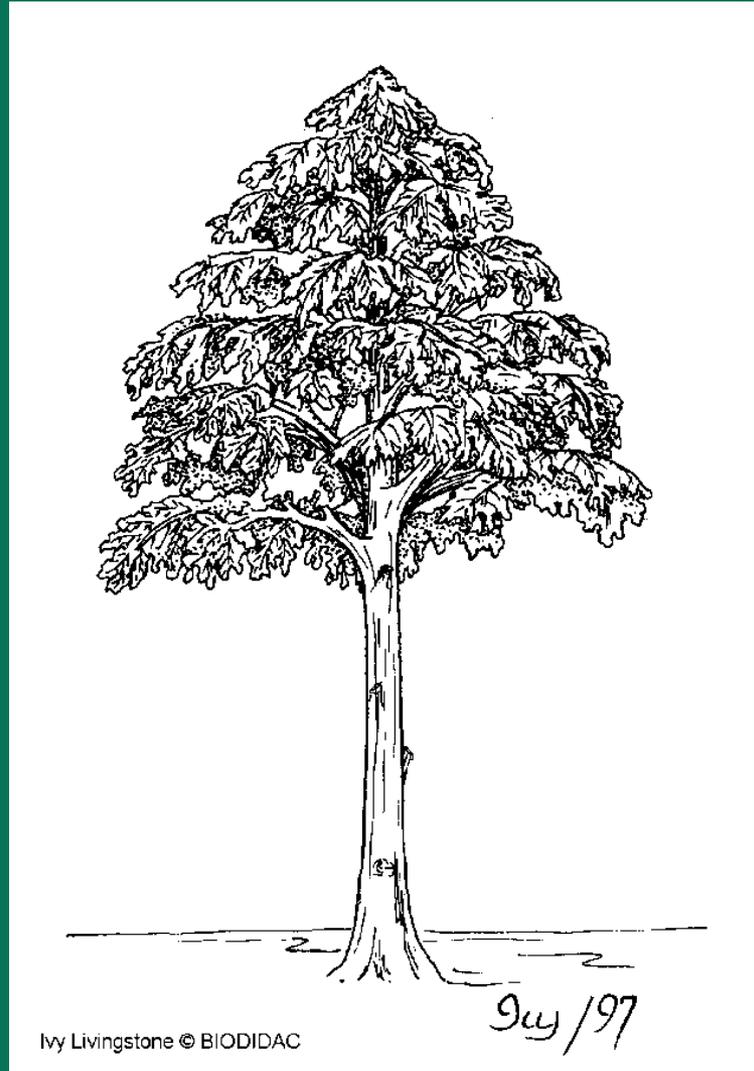
Canal de resina

Lenho homogêneo de
Pinus, com traqueídes
(células de condução +
sustentação)



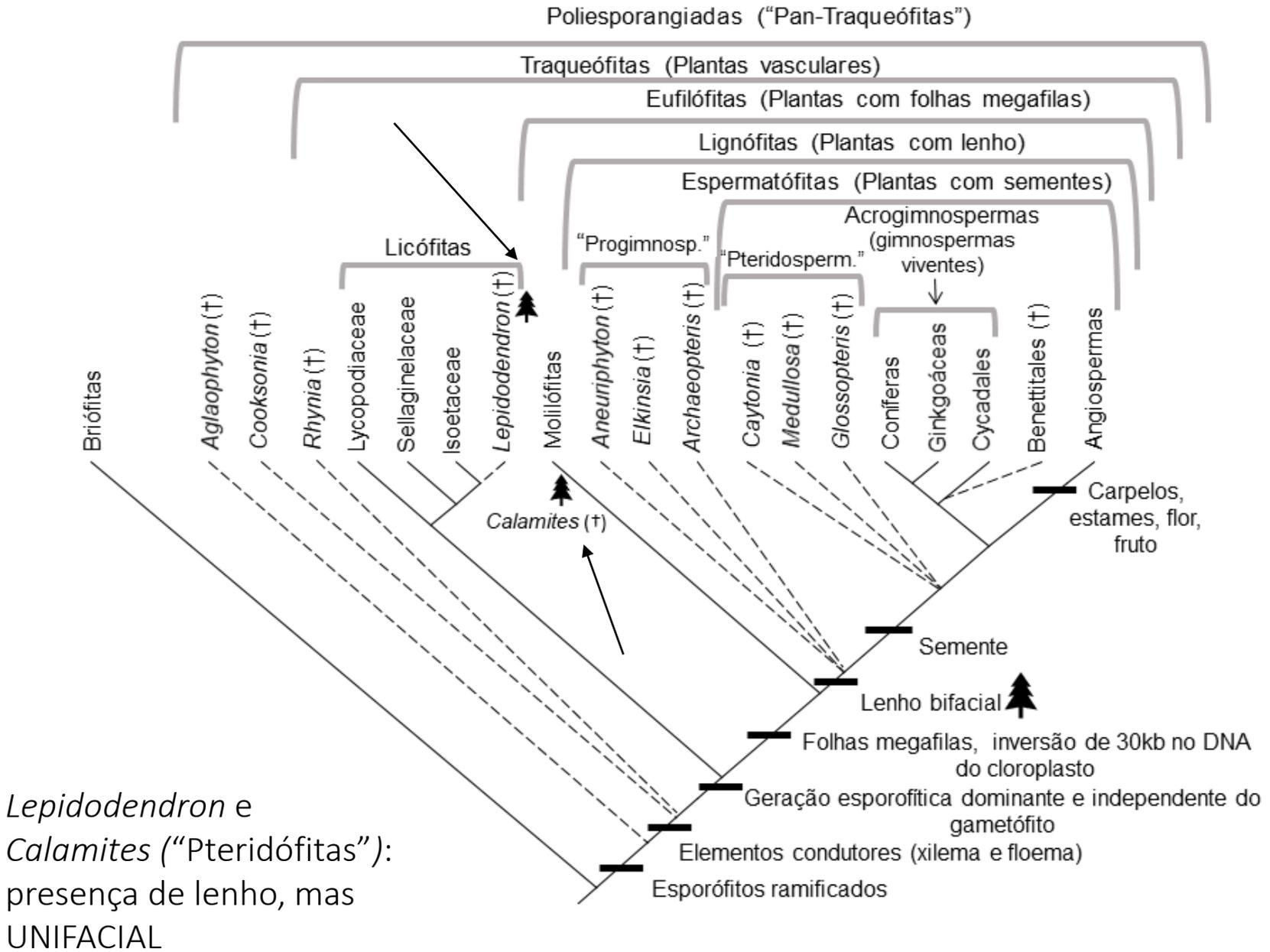
“Progimnospermas”

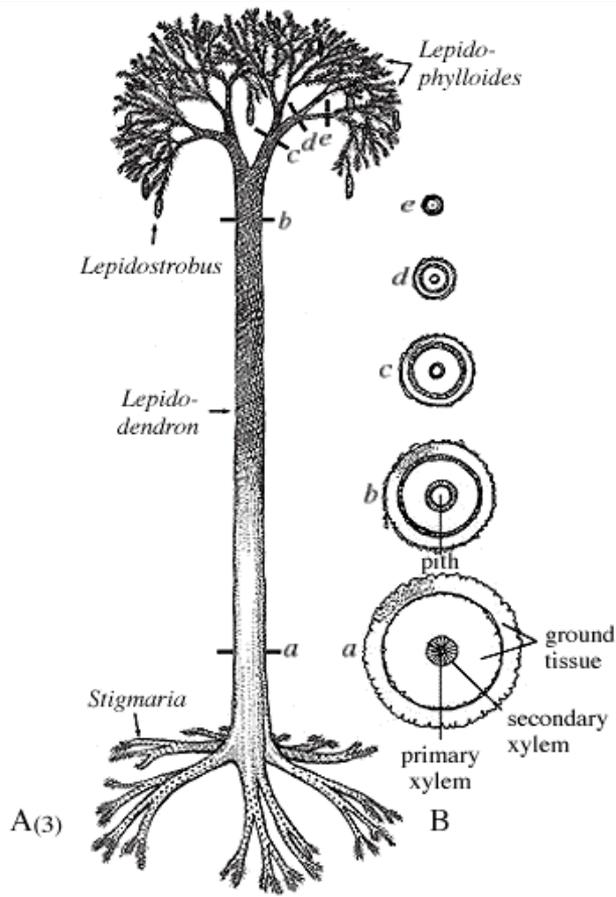
- reprodução por esporos
- produção de LENHO BIFACIAL (formação de xilema secundário e floema secundário)
- boa documentação fóssil (360-400ma)



Progymnosperms







Lepidodendron – Licófito (“pteridófito”) com lenho UNIFACIAL (formação apenas de xilema secundário, manutenção do floema primário) – (Carbonífero ca. 359 m.a. até o Triássico Tardio, ca. 205 m.a.)



Calamites – Equisetopsida (“pteridófita”) com lenho UNIFACIAL (formação apenas de xilema secundário, manutenção do floema primário) – (Carbonífero ca. 360- 300 m.a.



Floresta Pantanosa do Carbonífero (350-300 m.a.)

<https://www.sciencephoto.com/media/1010767/view/marshy-carboniferous-forest-illustration>



Mina de carvão mineral, País de Gales (2021)

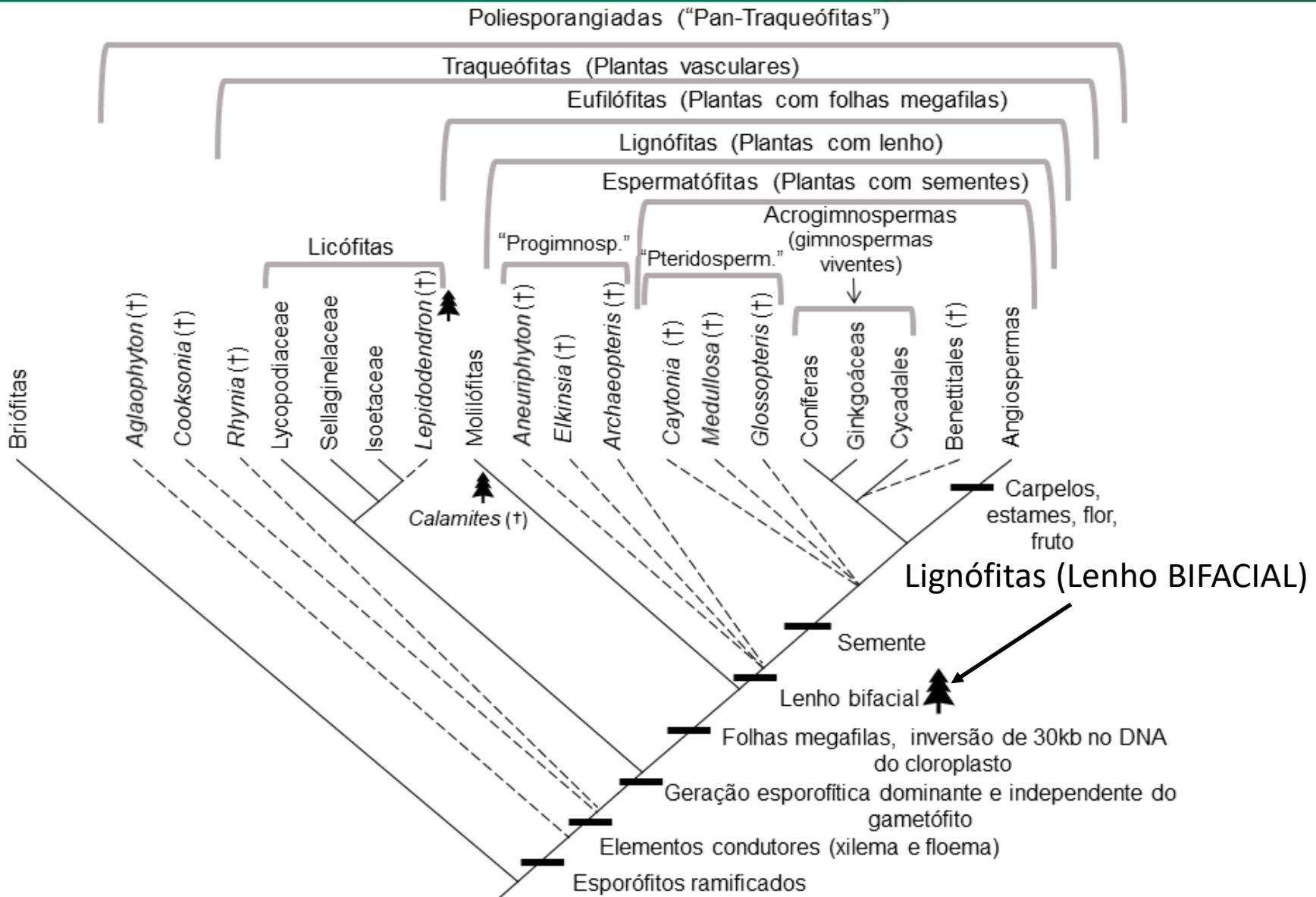
<https://insideclimatenews.org/news/15032022/coal-mining-methane/>



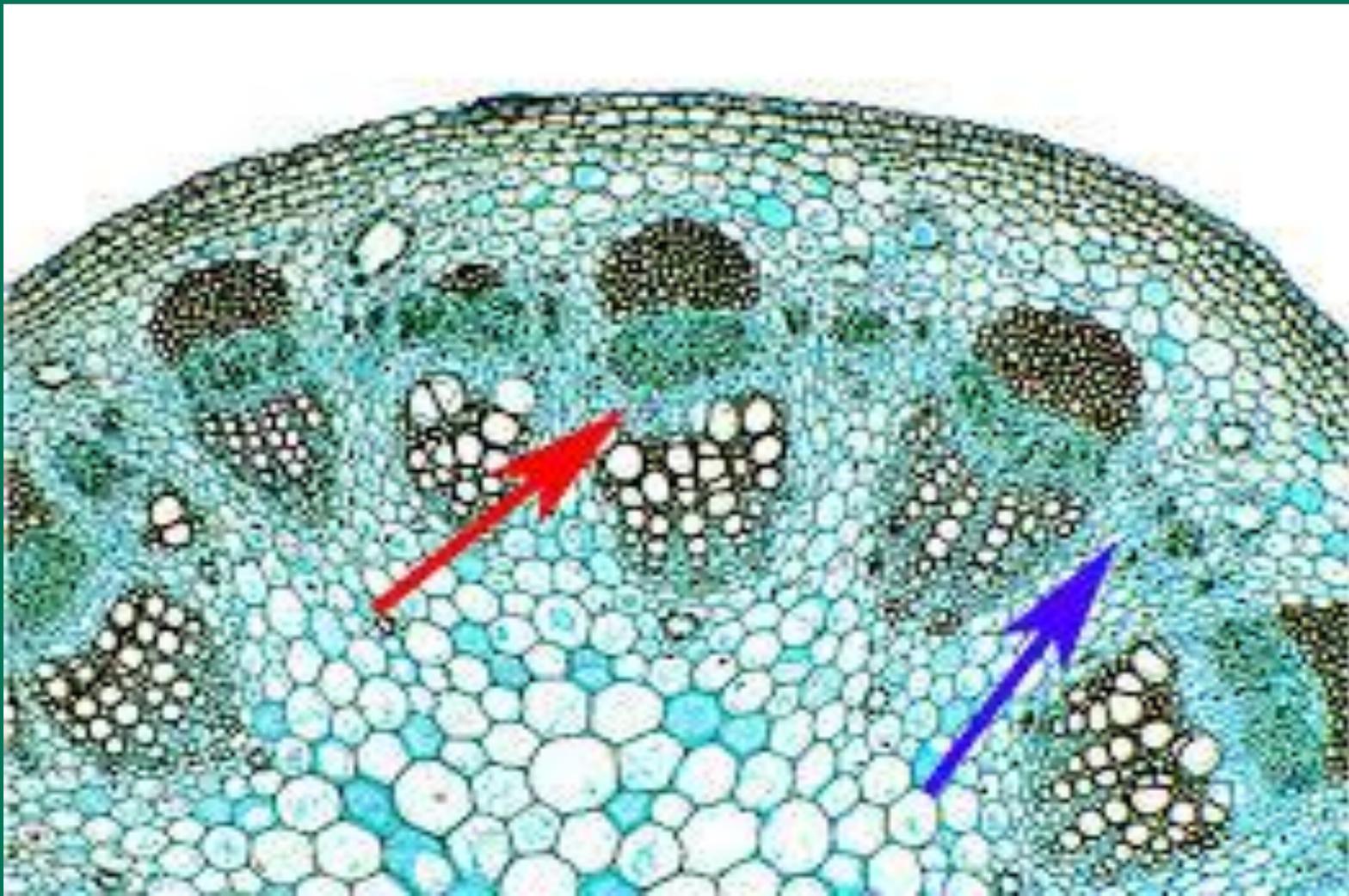
Hulha (tipo de carvão mineral)



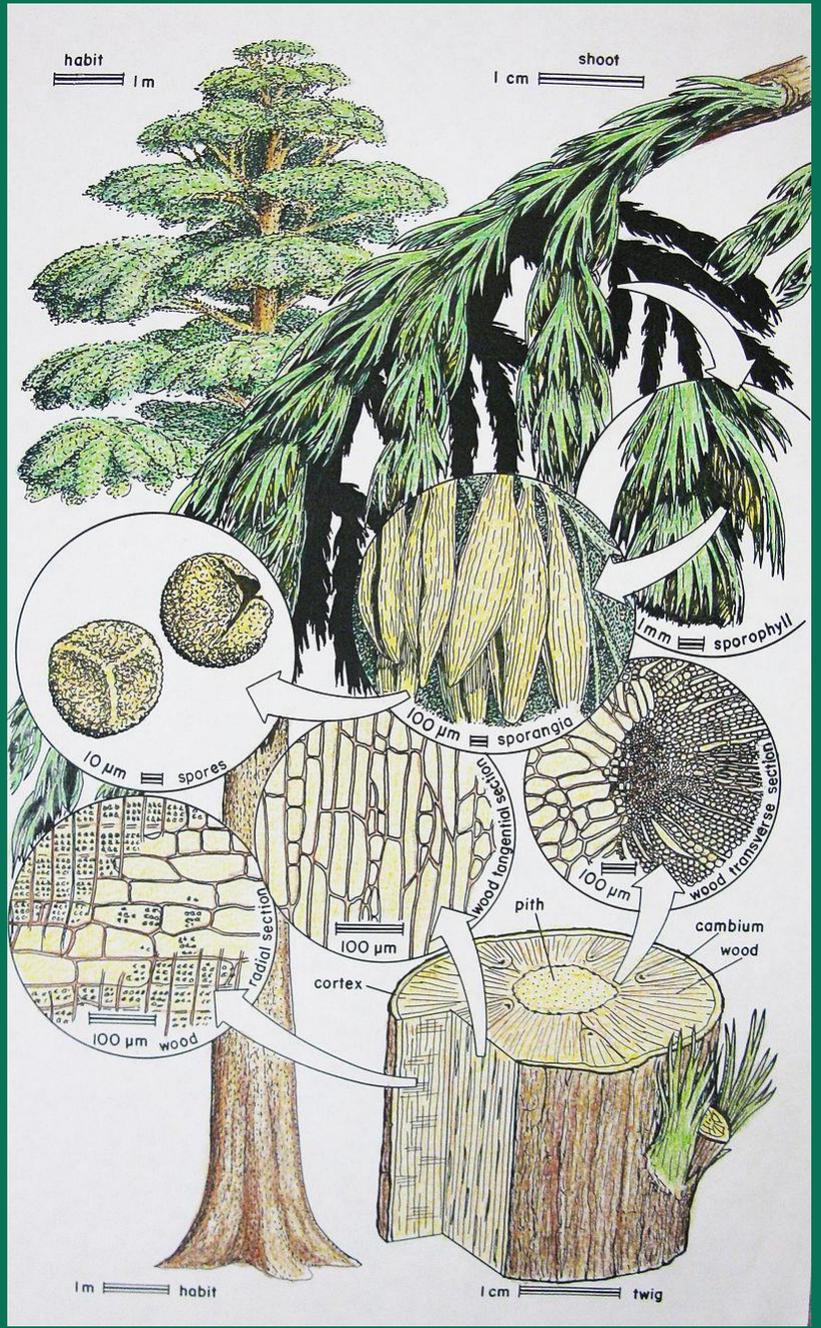
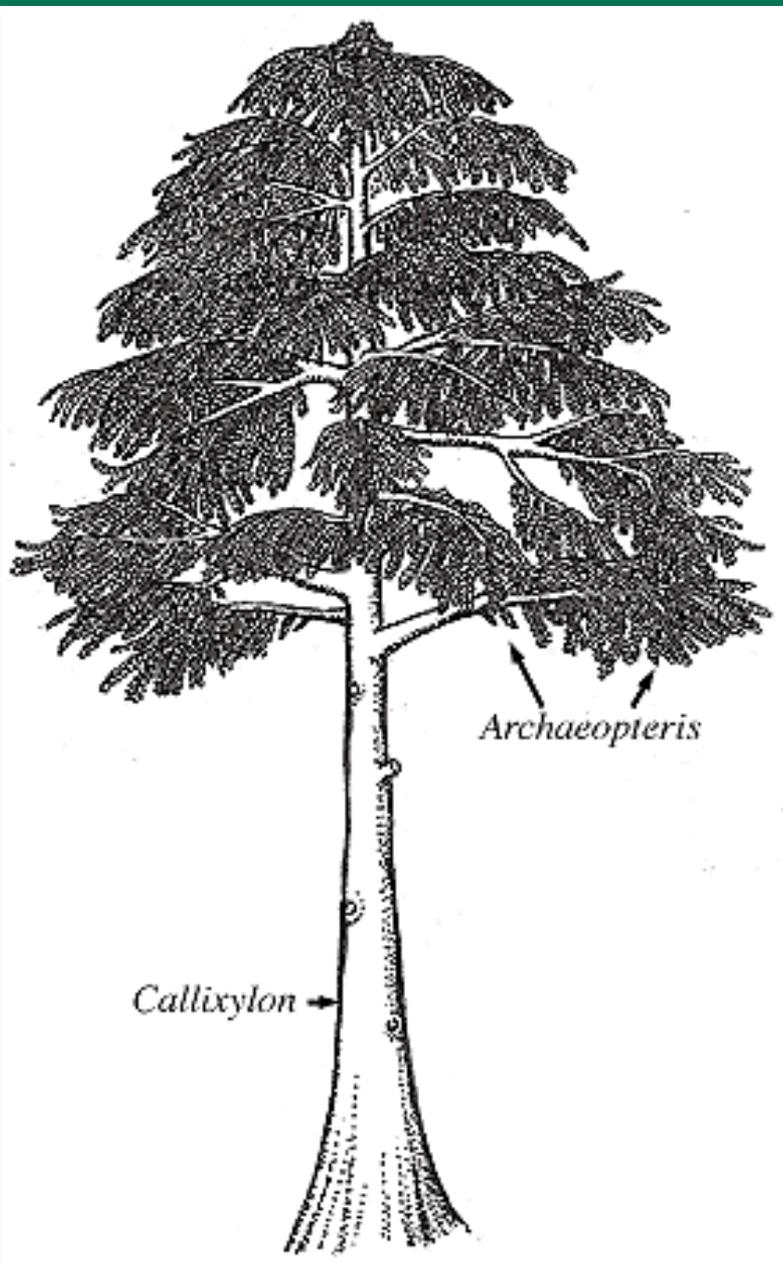
Equisetum (Equisetopsida “pteridófita”) atual,
sem crescimento secundário



Lenho Bifacial: câmbio produz xilema e floema secundários
(Sinapomorfia das LIGNÓFITAS)



Progymnosperms (400-250 m.a.)



Pteridospermas – grupo parafilético, também da linhagem das Lignófitas (400-66 m.a.)



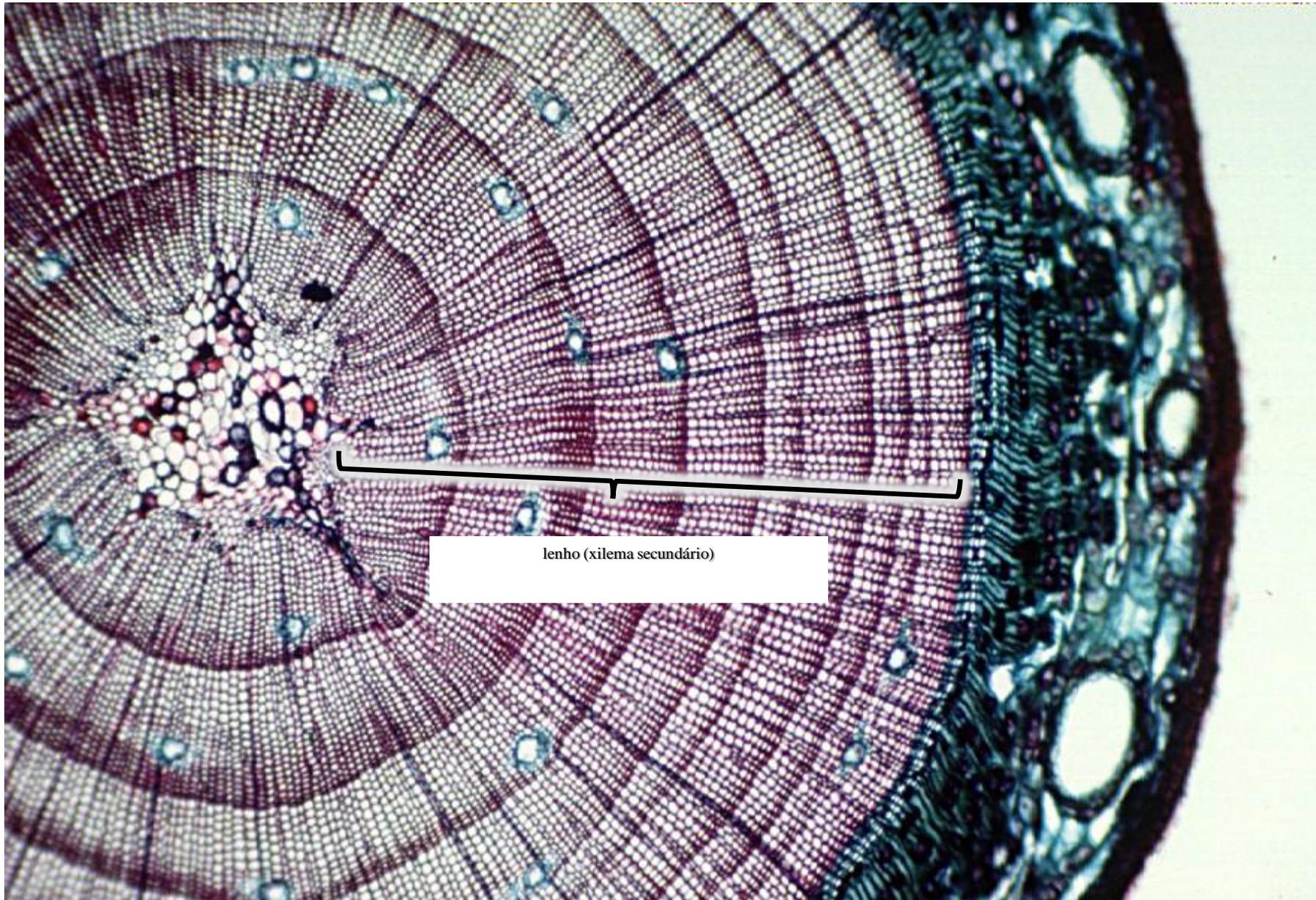
Medullosa



Neuropteris



Semente corte longitudinal
(*Pachytosta*).

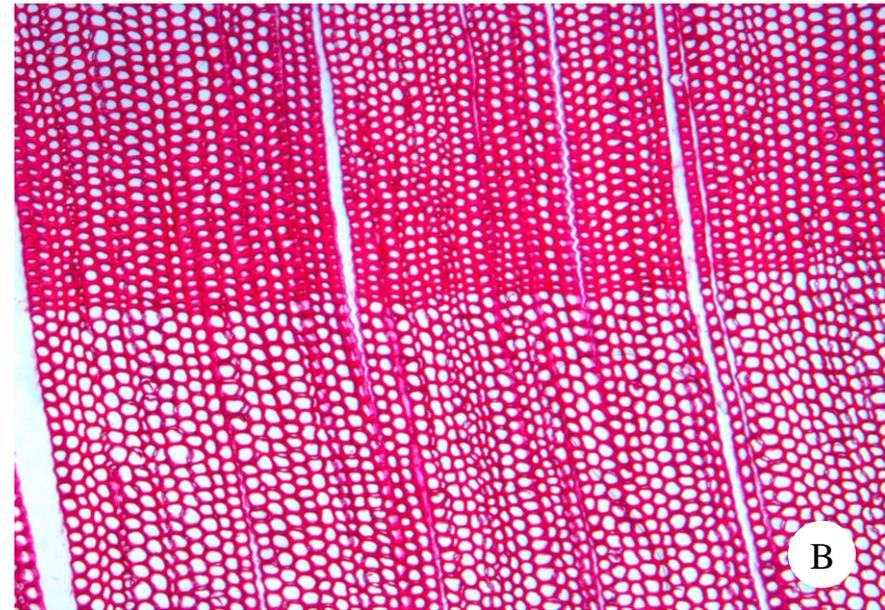


Lenho homogêneo de *Pinus* (Pinheiro, Pinaceae, uma Gimnosperma)

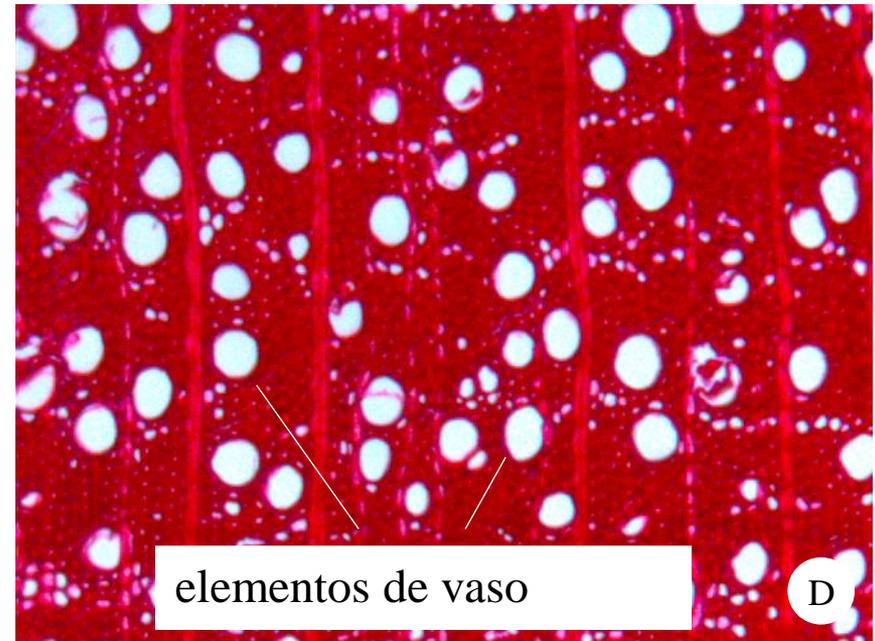
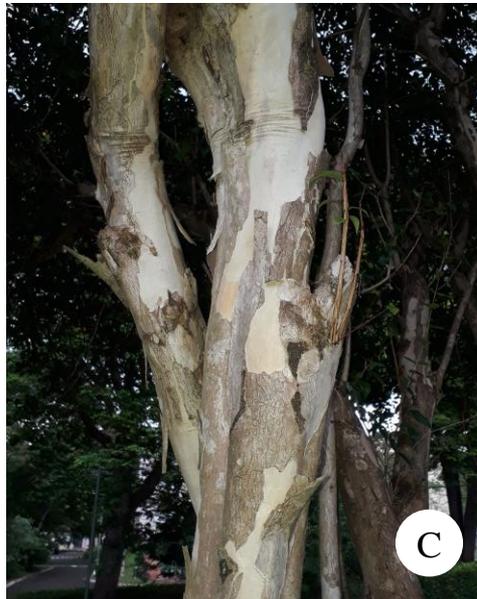


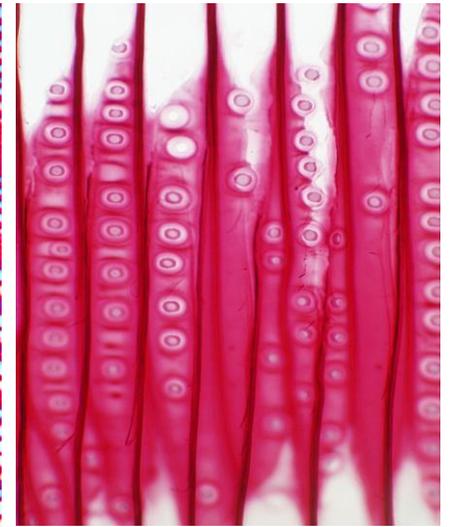
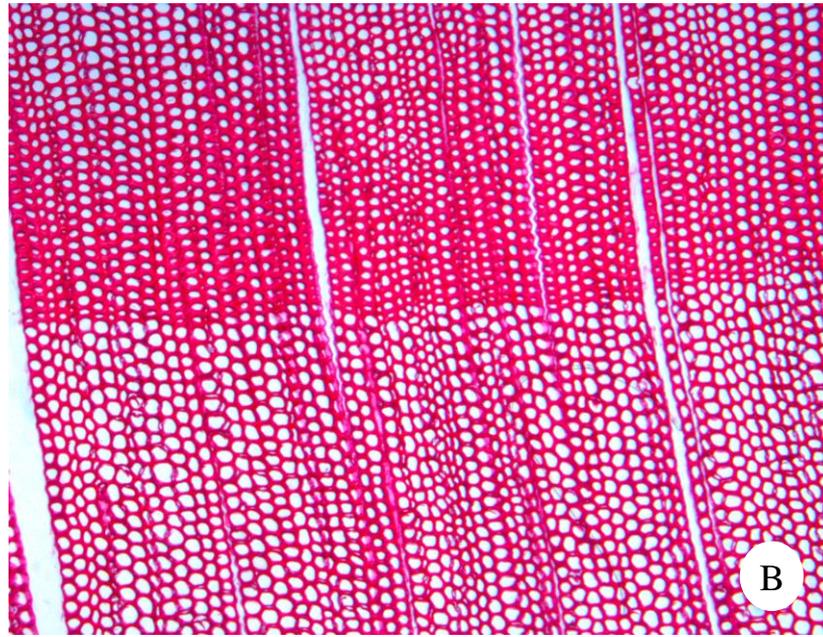
Sequoia National Park, Califórnia (EUA)

Araucaria
(Gimnosperma) –
lenho formado por
traqueídes como
elementos de
condução

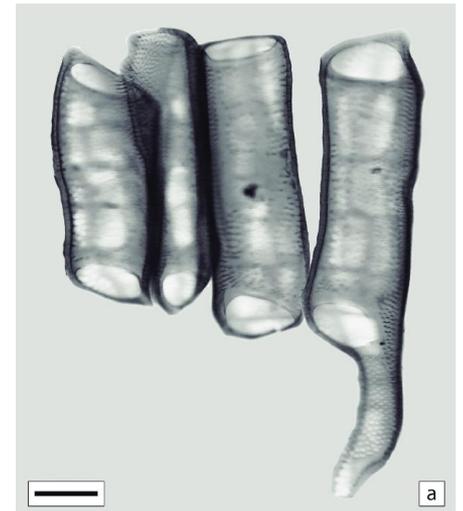
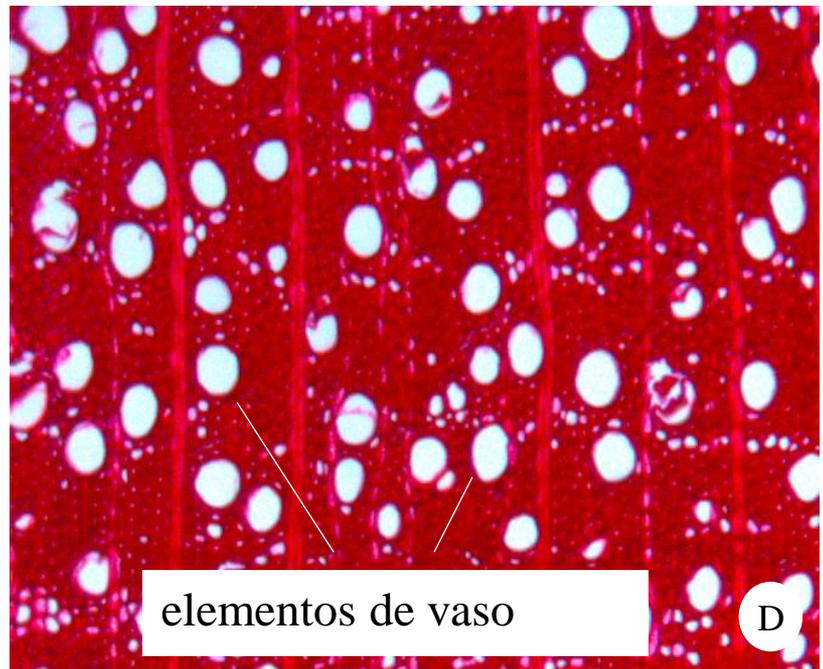


Eugenia
(Angiosperma,
pitanga) – lenho
formado por
elementos de vaso
como elementos de
condução.
Traqueídes
(fibrotraqueídes)
presentes, mas mais
ligadas à sustentação





Traqueídes

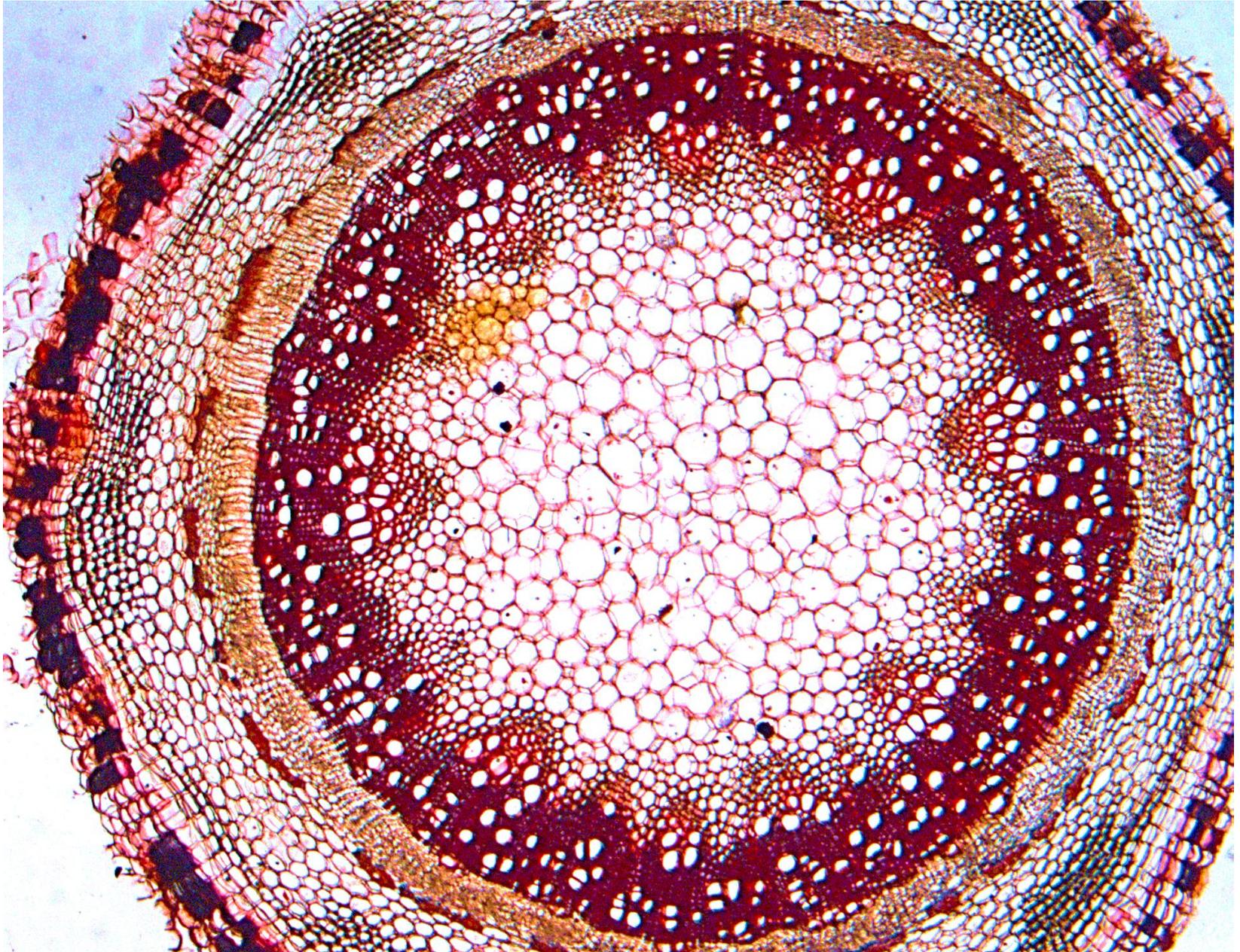


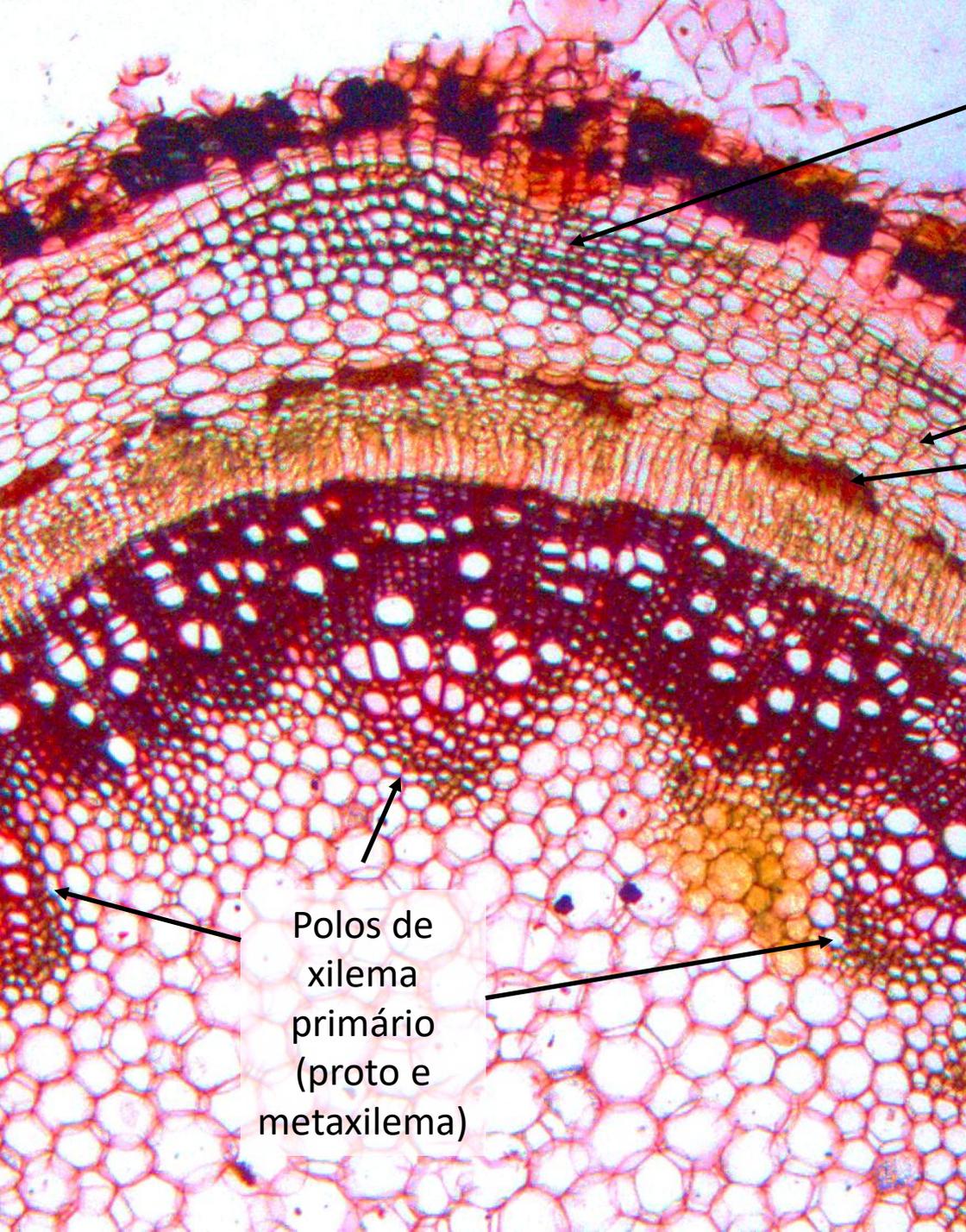
Elementos de vaso

Elementos de condução: Corpo Primário x Corpo secundário

- Primário: floema primário e xilema primário (protoxilema e metaxilema) – origem procâmbio
- Secundário: floema secundário e xilema secundário – origem câmbio

Sambucus (Sabugueiro, Adoxaceae, uma Angiosperma Eudicotiledônea) – corte transversal o caule em crescimento secundário





Colênquima

Periderme

Parênquima cortical

Esclerênquima (fibras do floema primário)

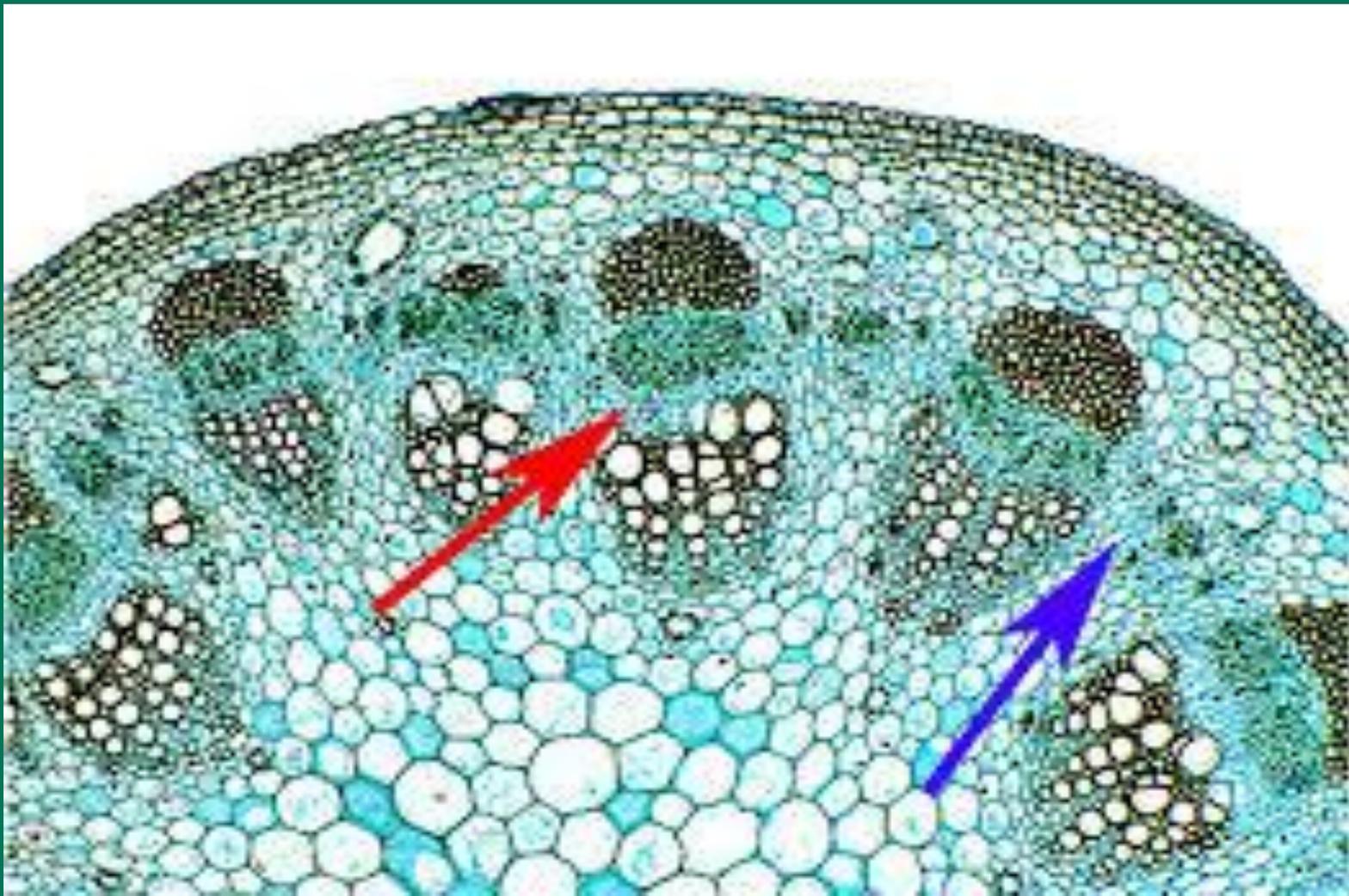
Câmbio + floema secundário

Xilema secundário

Parênquima medular

Polos de xilema primário (proto e metaxilema)

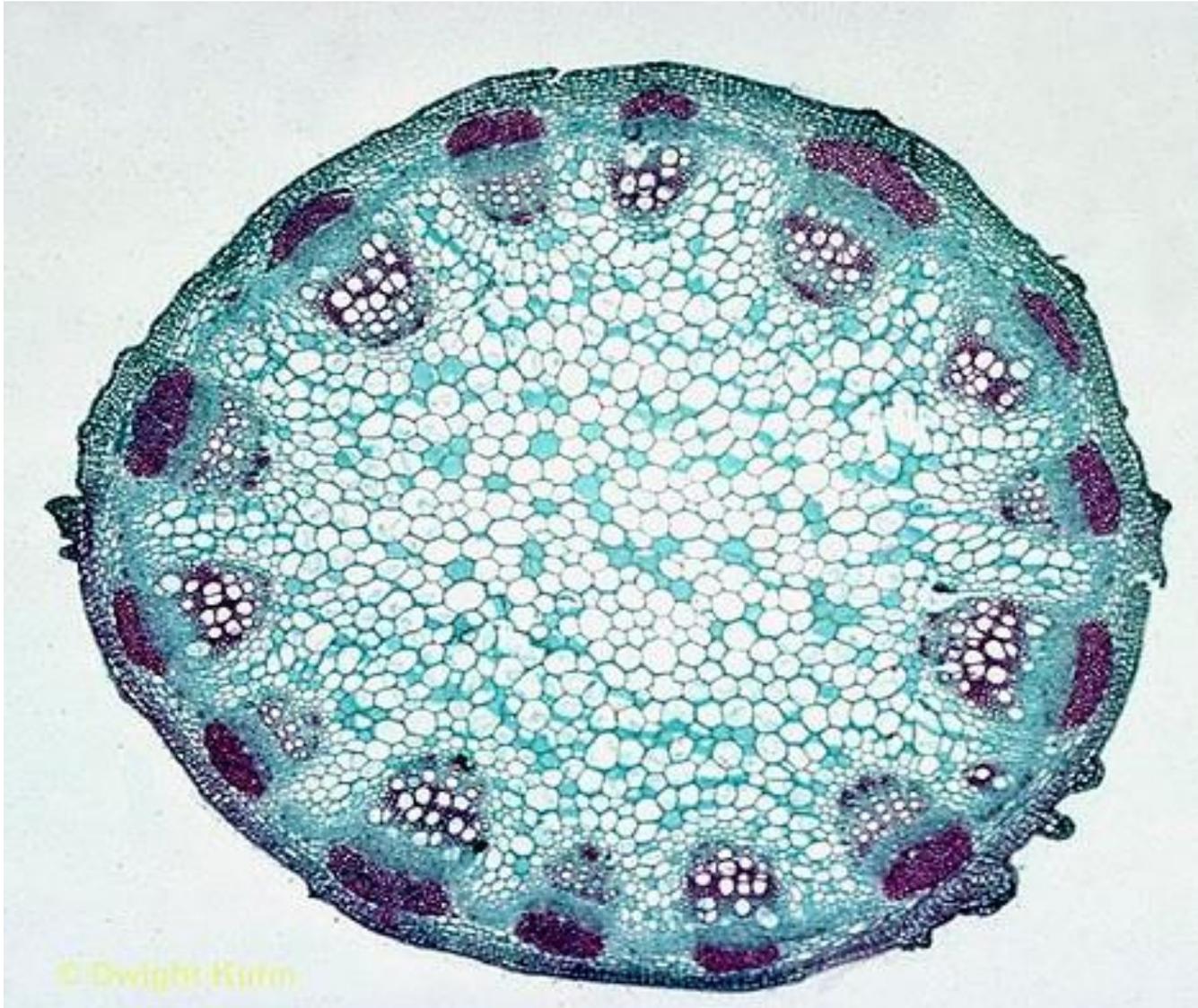
Lenho Bifacial: câmbio produz xilema e floema secundários
(Sinapomorfia das LIGNÓFITAS)



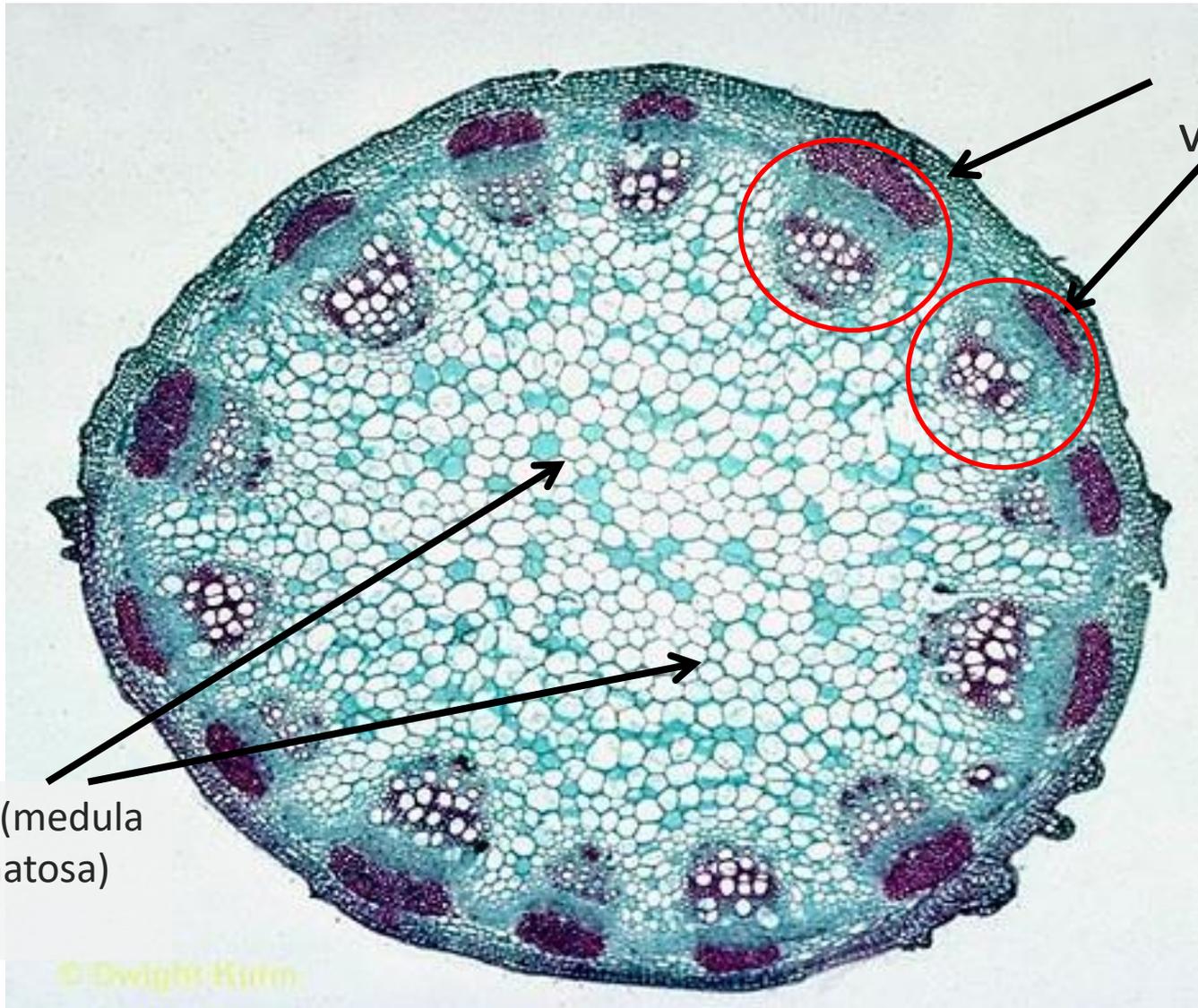
Coleus sp. (Lamiaceae, uma Eudicotiledônea)



Coleus sp. (Lamiaceae, uma Eudicotiledônea) – corte transversal do caule no início do crescimento secundário



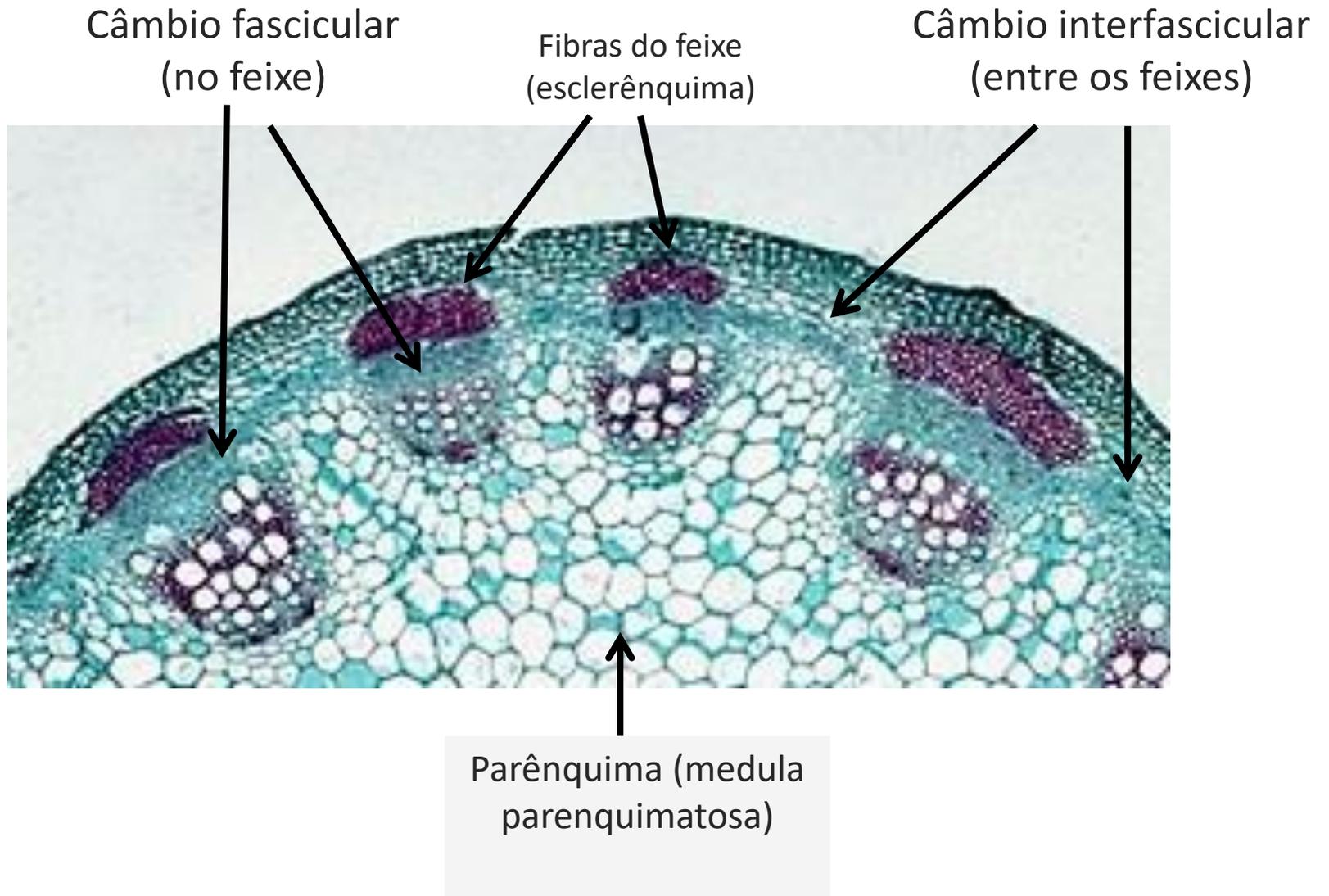
Coleus sp. (Lamiaceae, uma Eudicotiledônea) – corte transversal do caule no início do crescimento secundário



Feixes vasculares

Parênquima (medula parenquimatosa)

Sinofostelo-eustelo



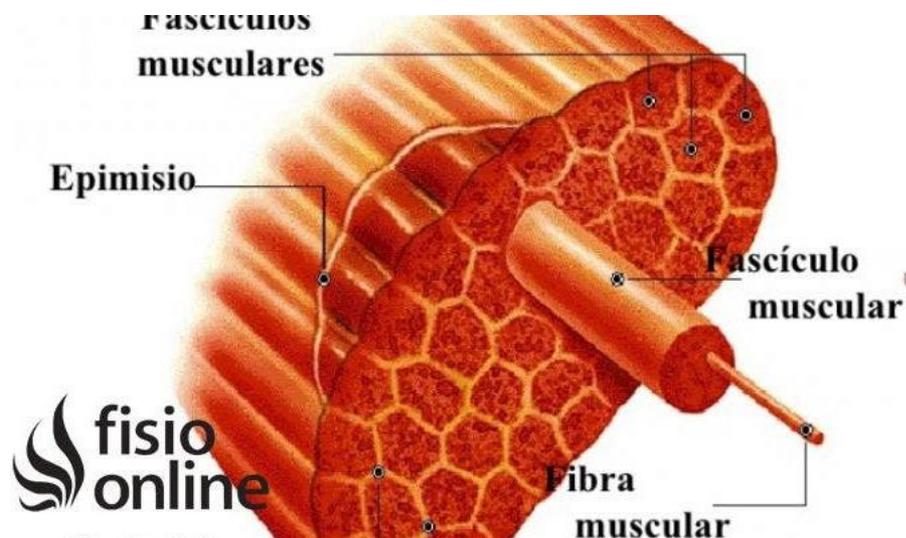
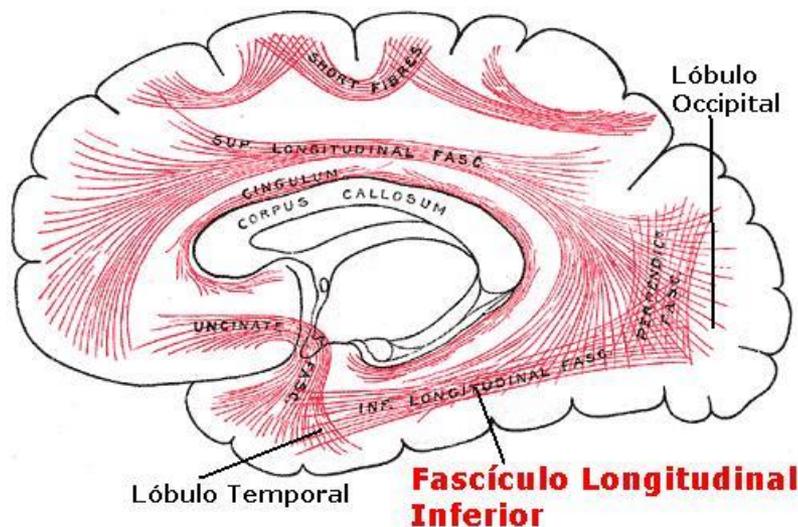
Coleus sp. (Lamiaceae, uma Eudicotiledônea) – corte transversal do caule no início do crescimento secundário

Sobre a palavra fascículo

- Cada um dos folhetos separados de uma obra publicada.

Pequeno feixe (fonte: Dicionário on-line de português)

Origem: latim fascis



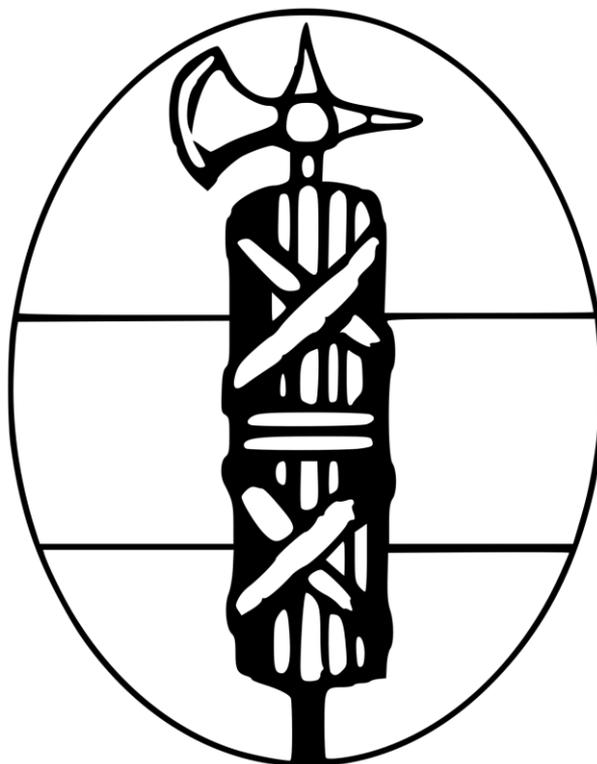
Sobre a palavra fascículo

Pequeno feixe (fonte:
Dicionário on-line de
português)

Origem: latim fascis

Italiano: fascio (plural fasci)

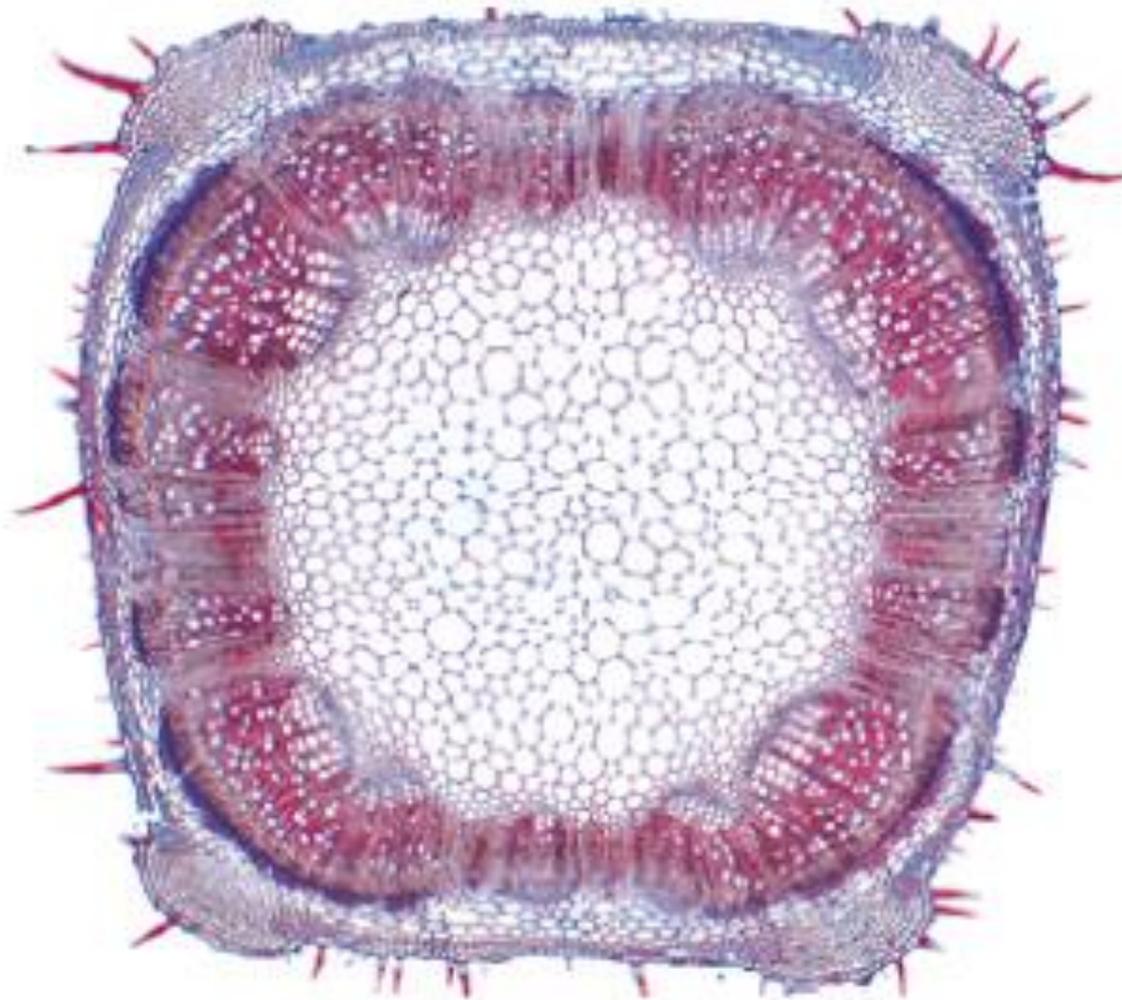
Fasci Italiani di
combattimento (Feixes
italianos de combate) –
origem da palavra
fascista.



Símbolo inspirado nos antigos Romanos



Fascistas (década de 1920)

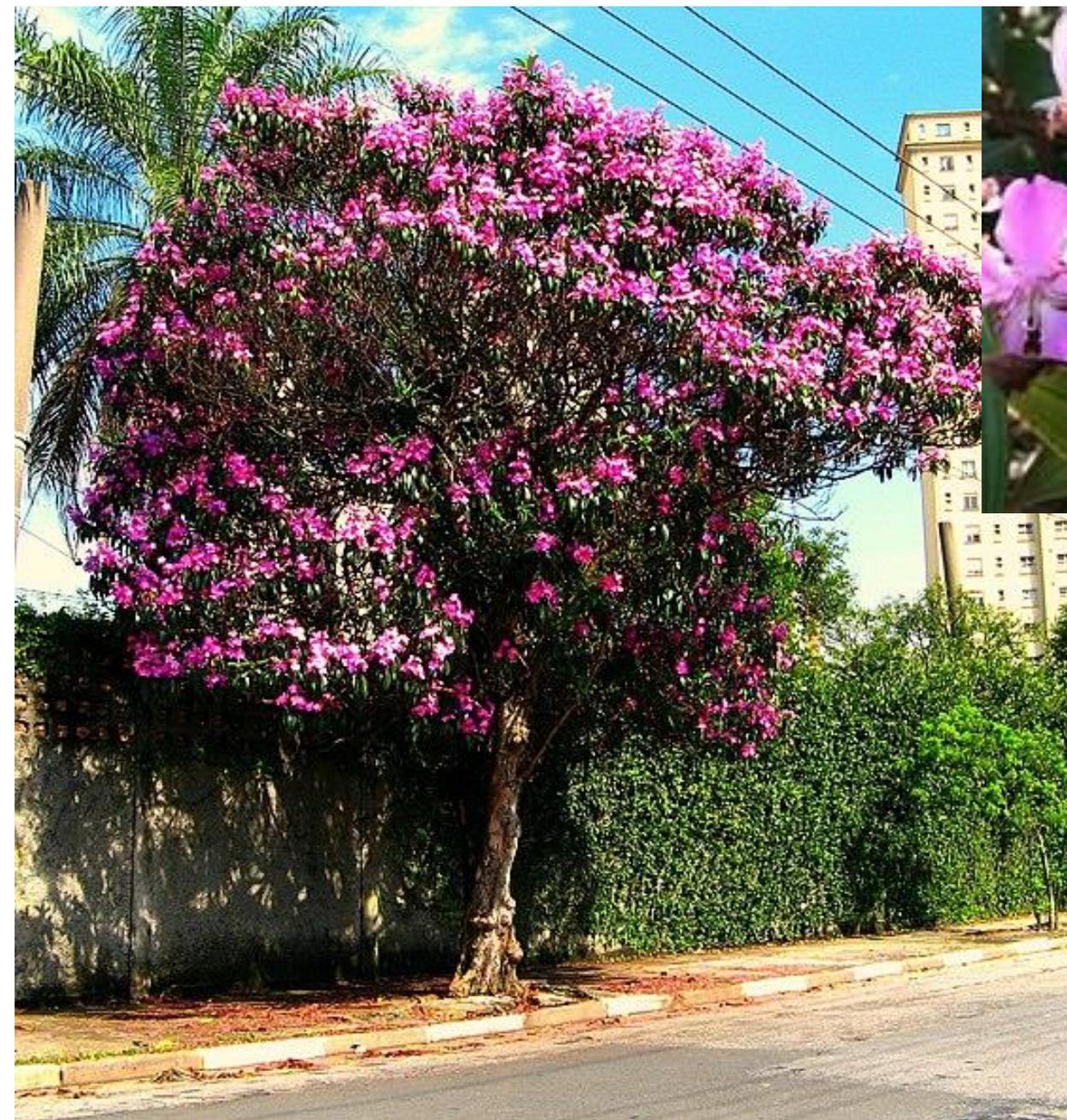


- Cilindro vascular contínuo, formado pela atividade do câmbio fascicular e interfascicular

Raios parenquimáticos

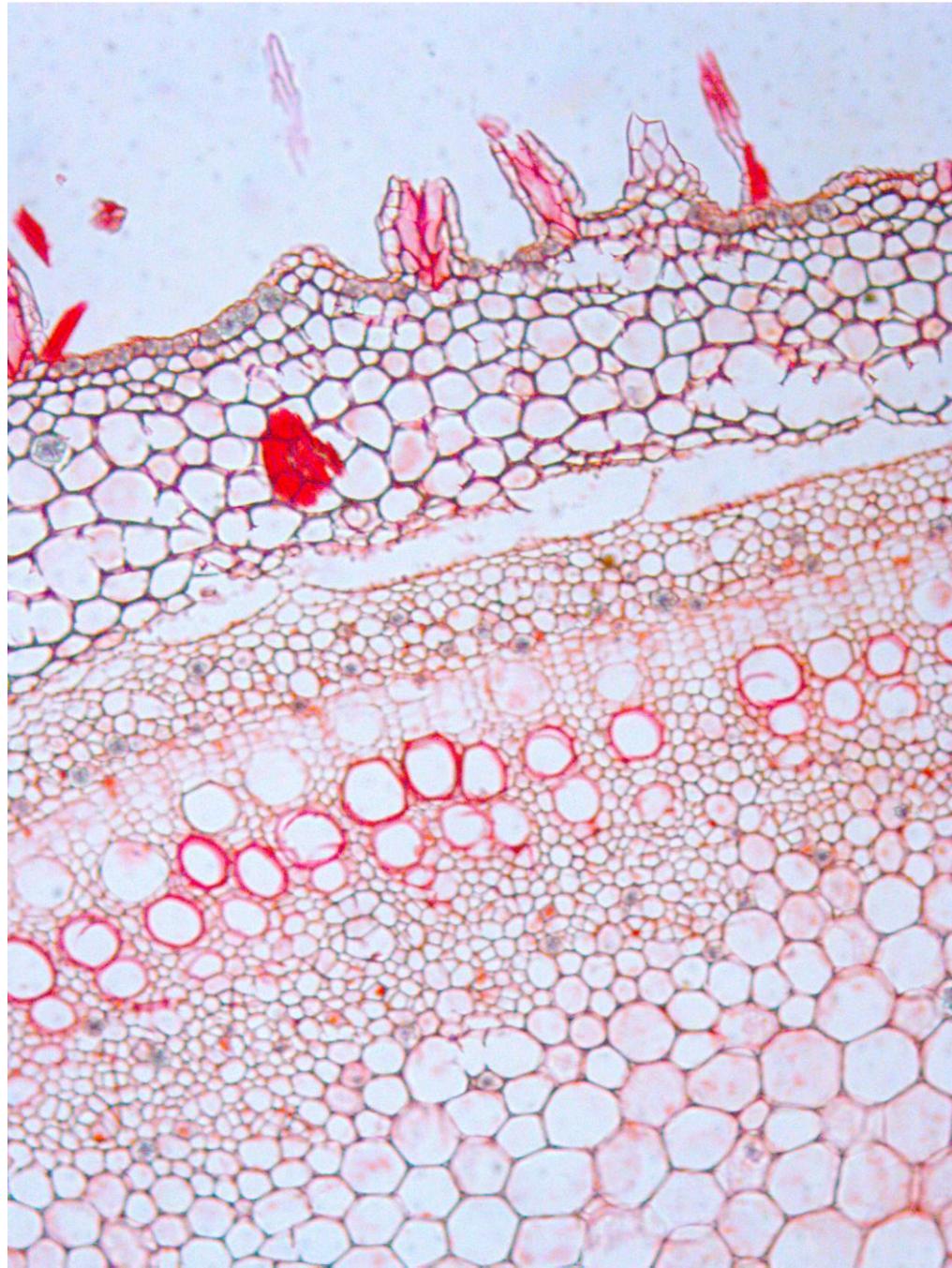
- Formados durante o crescimento secundário do xilema
- Presentes em toda a linhagem das Lignófitas (Progimnopermas, Pteridospermas, Gimnopermas e Angiospermas)
- Raios são orientados em sentido perpendicular às fibras e elementos condutores
- Confere estabilidade biomecânica ao lenho



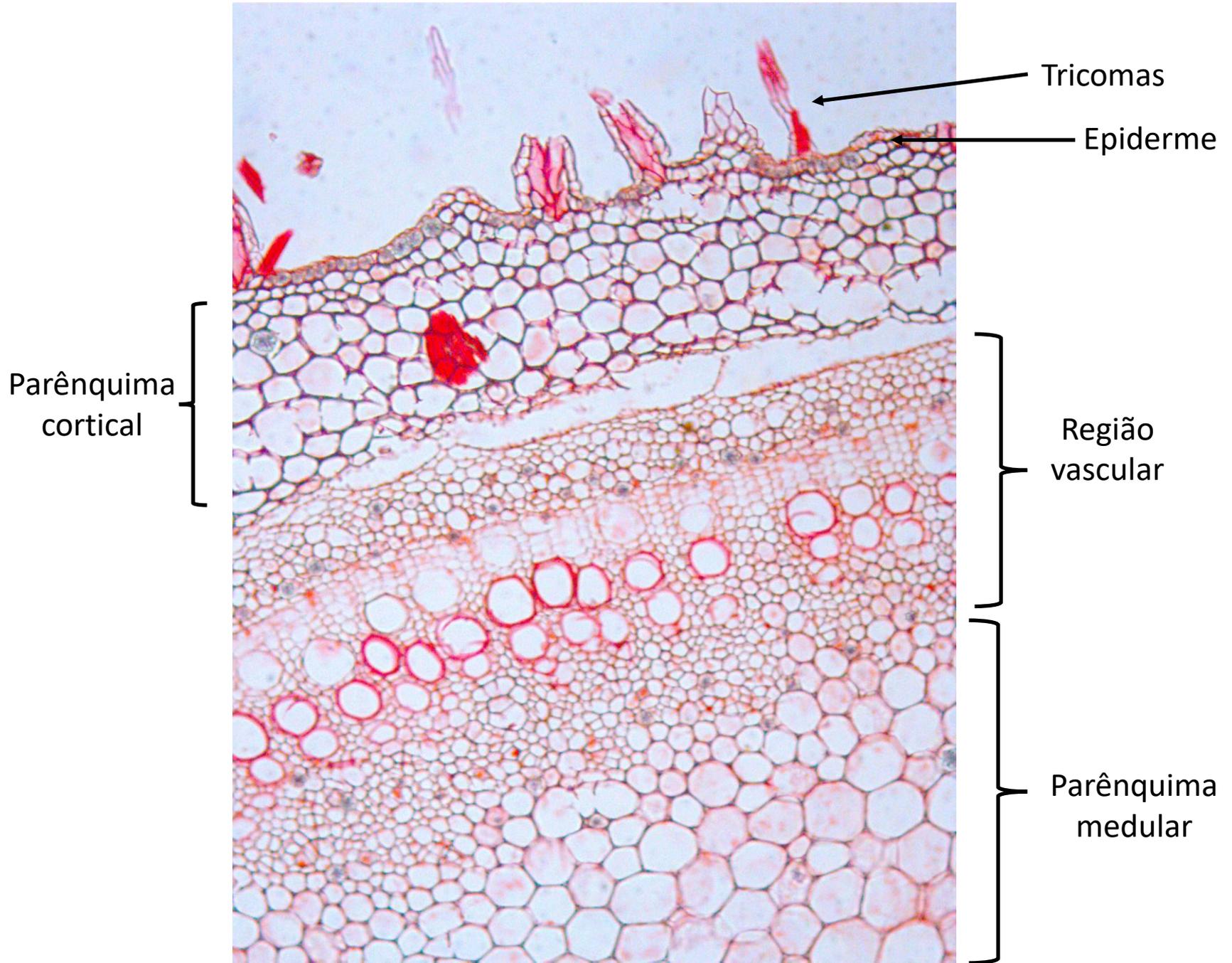


Pleroma granulosa
(Quaresmeira,
Melastomataceae, uma
Eudicotiledônea)

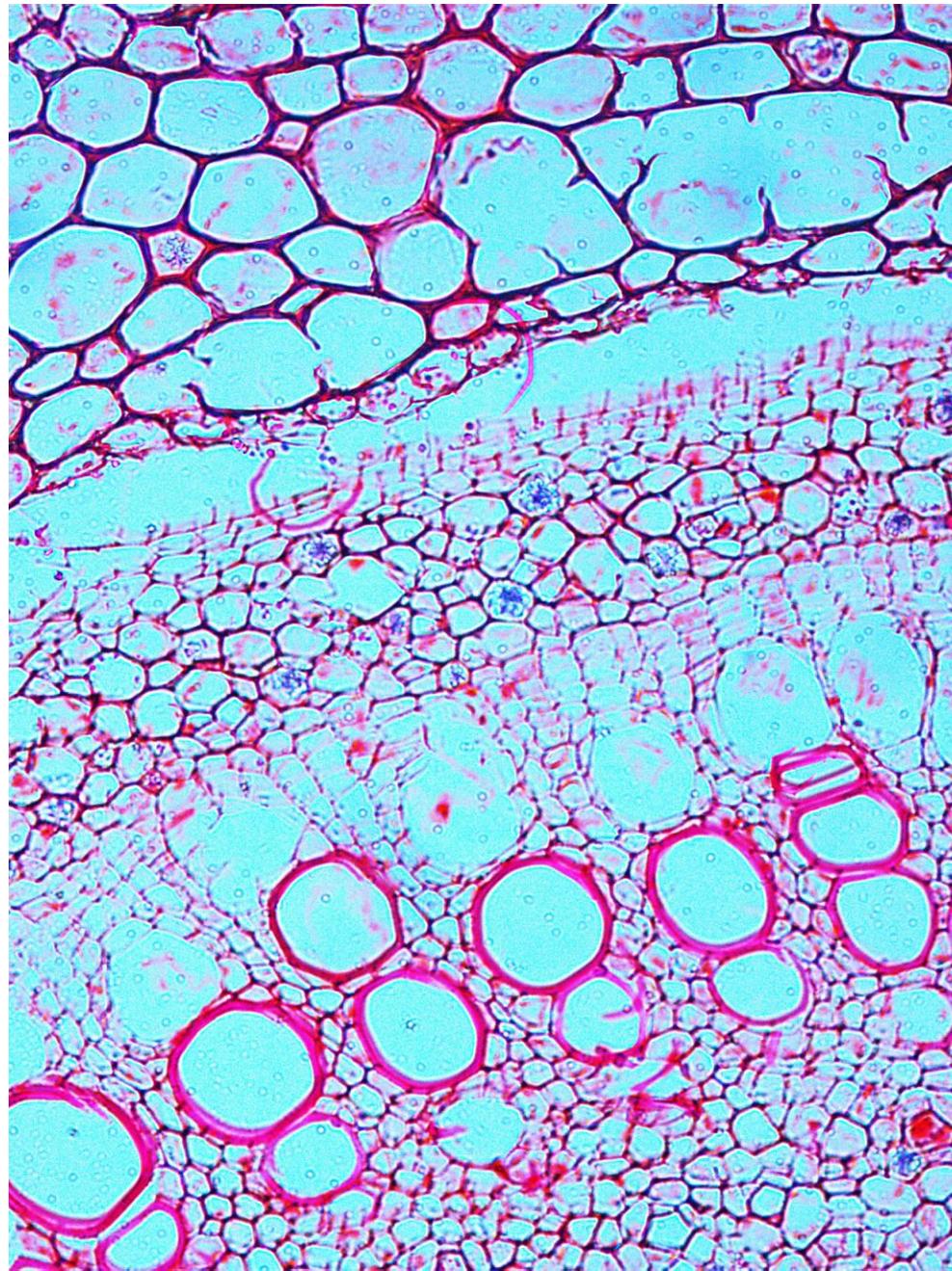
Quaresmeira, corte transversal do caule – início do crescimento secundário



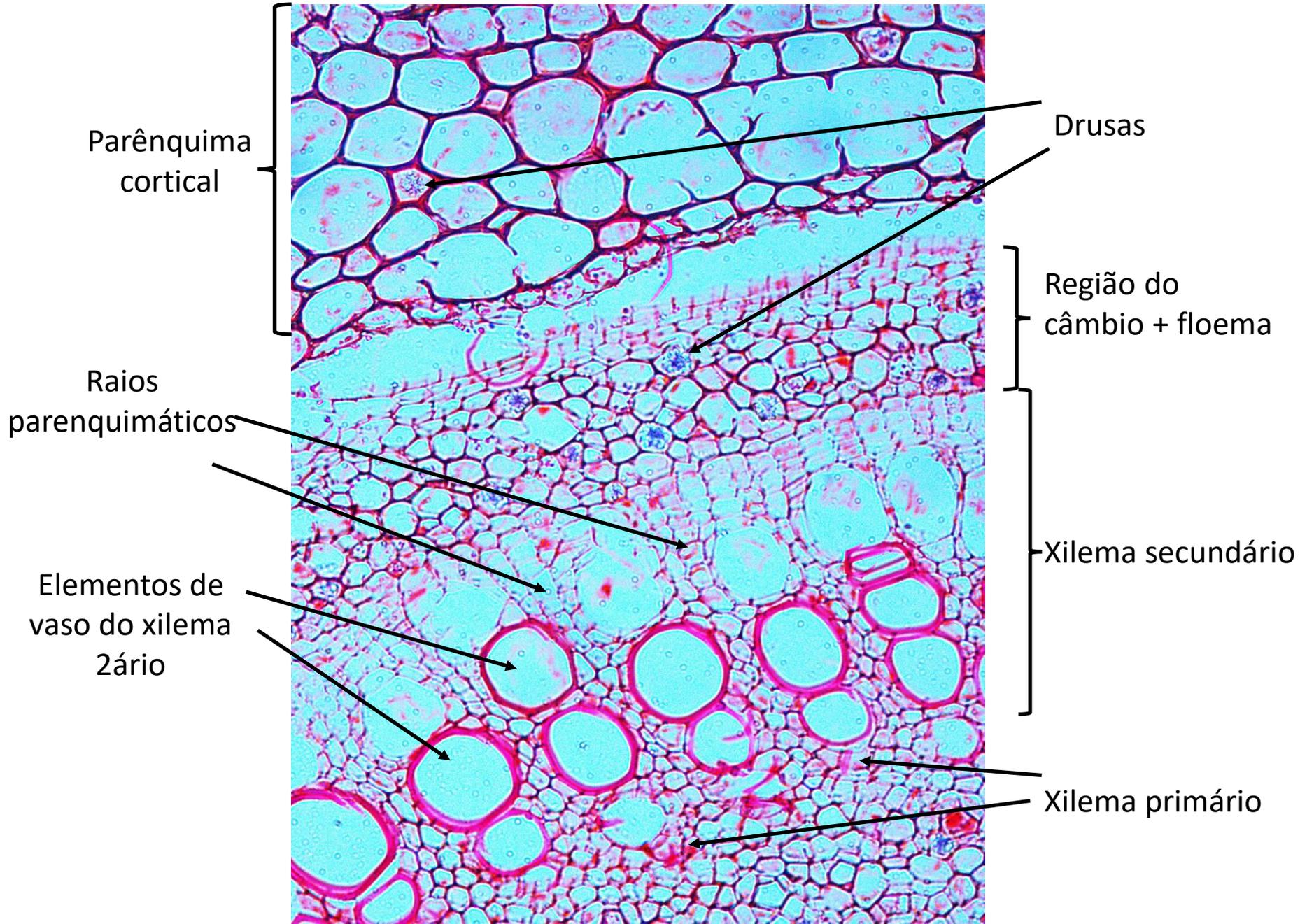
Quaresmeira, corte transversal do caule – início do crescimento secundário



Quaresmeira, corte transversal do caule – início do crescimento secundário



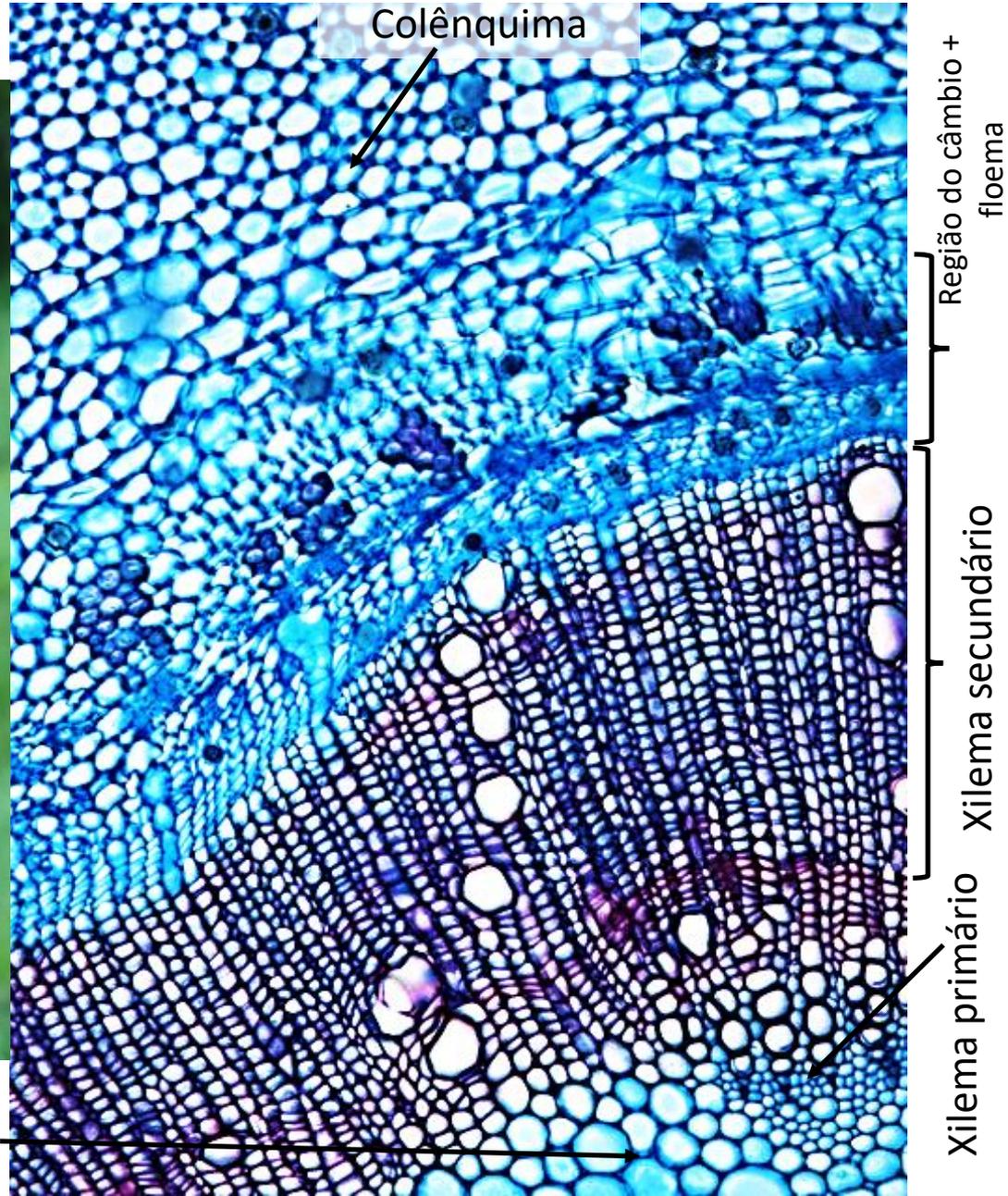
Quaresmeira, corte transversal do caule – início do crescimento secundário



Joannesia (indaguaçu, Euphorbiaceae, Eudicotiledônea) corte transversal do caule em crescimento secundário)

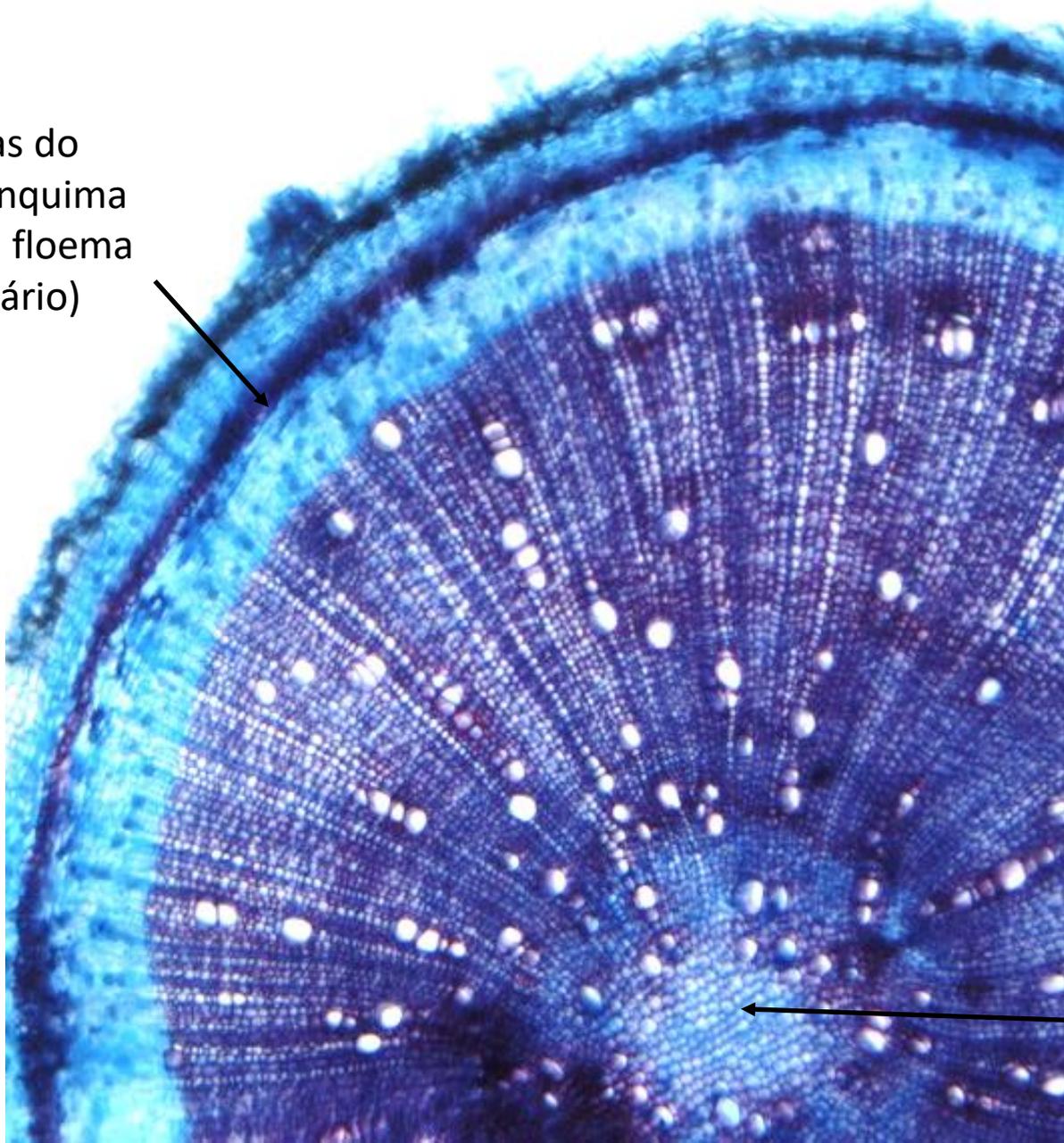


Parênquima medular



Joannesia (indaguaçu, Euphorbiaceae, Eudicotiledônea) corte transversal da raiz em crescimento secundário)

Fibras do esclerênquima (origem floema primário)



Periderme
Parênquima cortical
Câmbio + floema
Xilema secundário
Parênquima medular

Madeira = lenho com utilidade humana

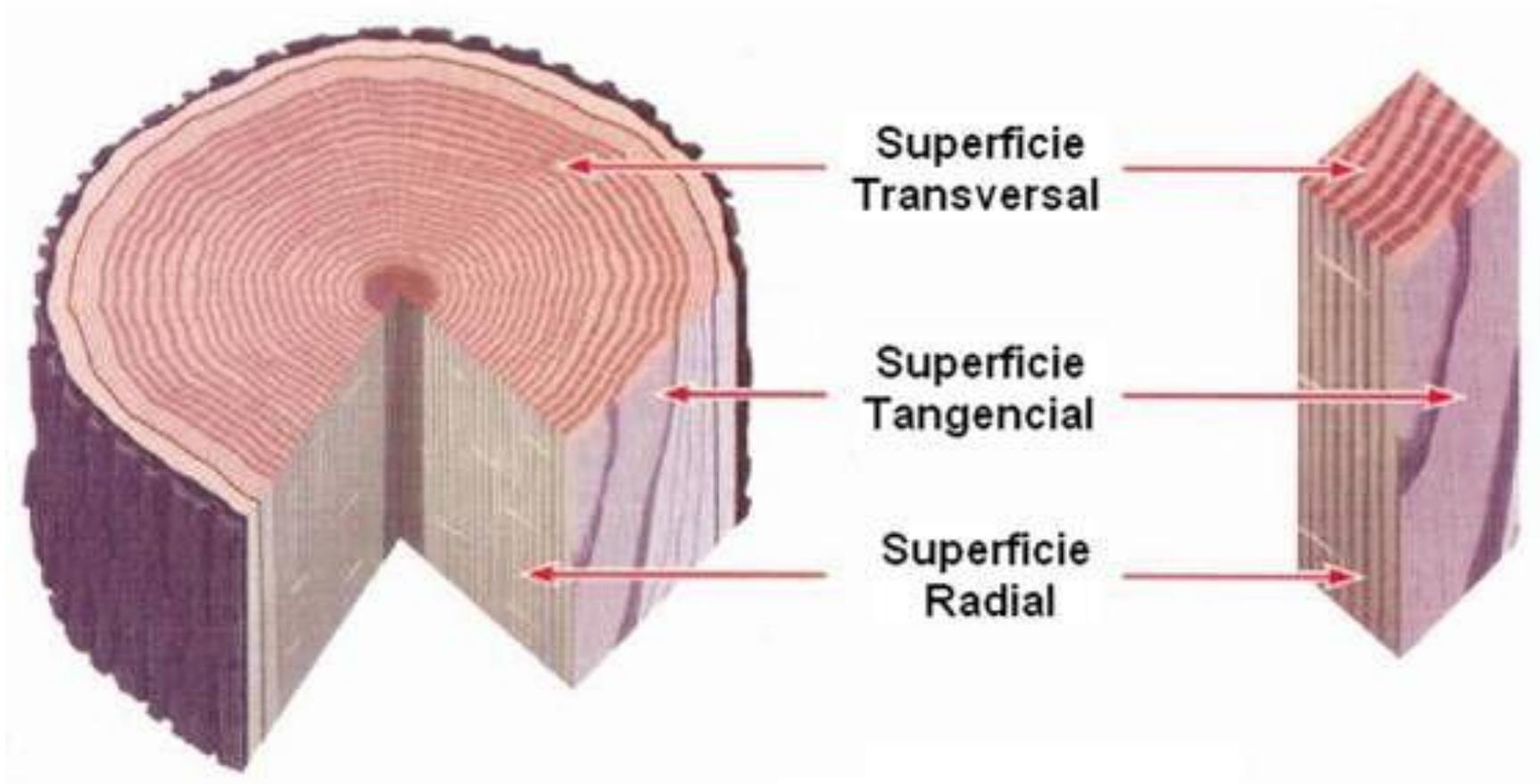
- Construções
- Móveis
- Combustível
- Instrumentos musicais
- Papel e celulose



Indústria Madeireira no Brasil

- Valor bruto da produção da indústria de madeira sólida R\$ 26,8 bilhões
- US\$ 3,6 bilhões exportados, o que representa 5,8% do total do país”, assinala o presidente da Abimci (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente)
- Compensado de coníferas, madeira serrada de coníferas, molduras, portas de madeira, madeira serrada de folhosas, pisos e pellets são os itens mais exportados (todos dados de 2022)
- (fonte: <https://abimci.com.br/abimci-lanca-estudo-setorial-2022-numeros-setor-industrial-madeireiro/>)

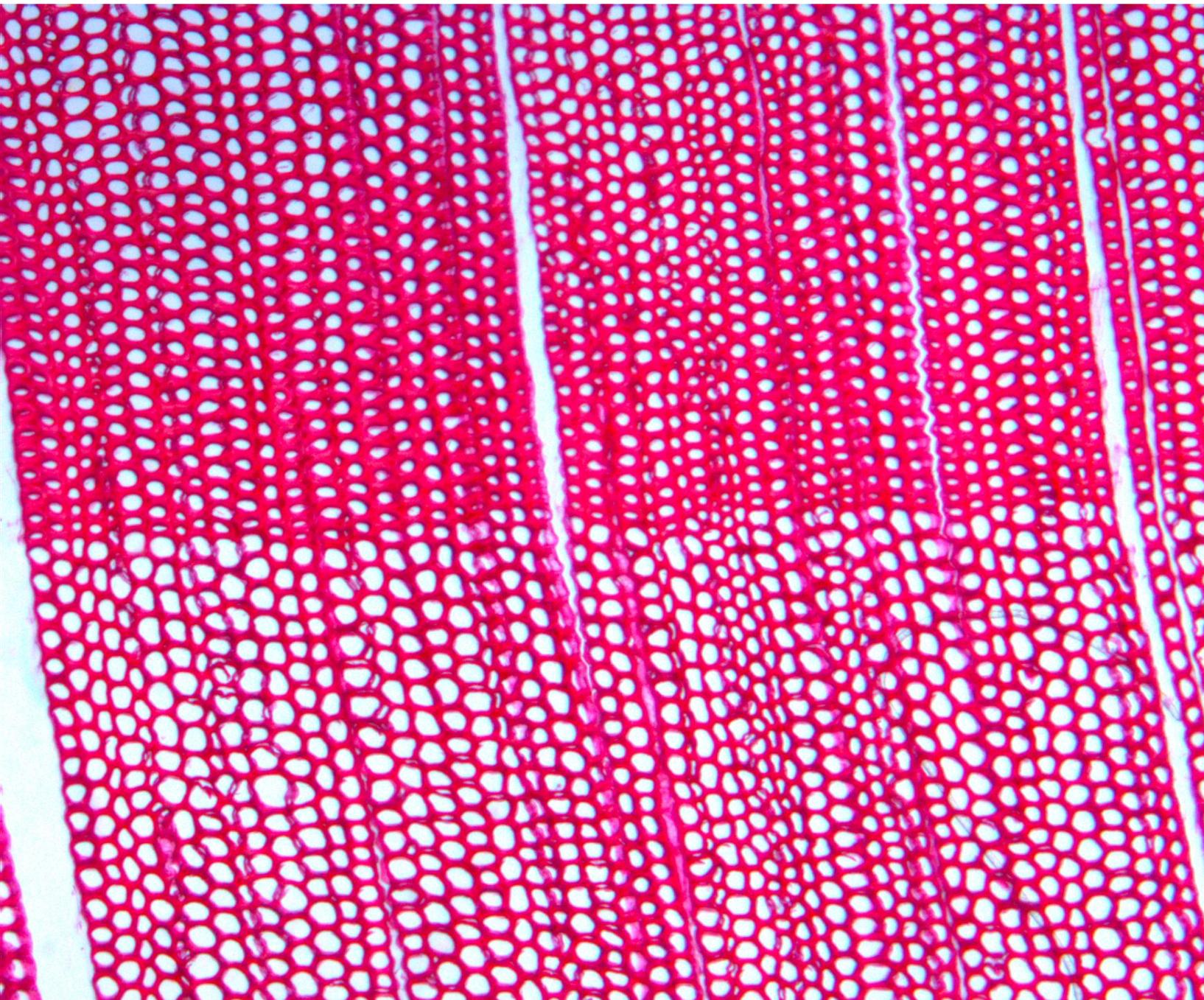
Planos de corte em madeiras (lenho)





Araucaria (pinheiro-do-paraná,
Araucariaceae, uma
Gimnosperma)

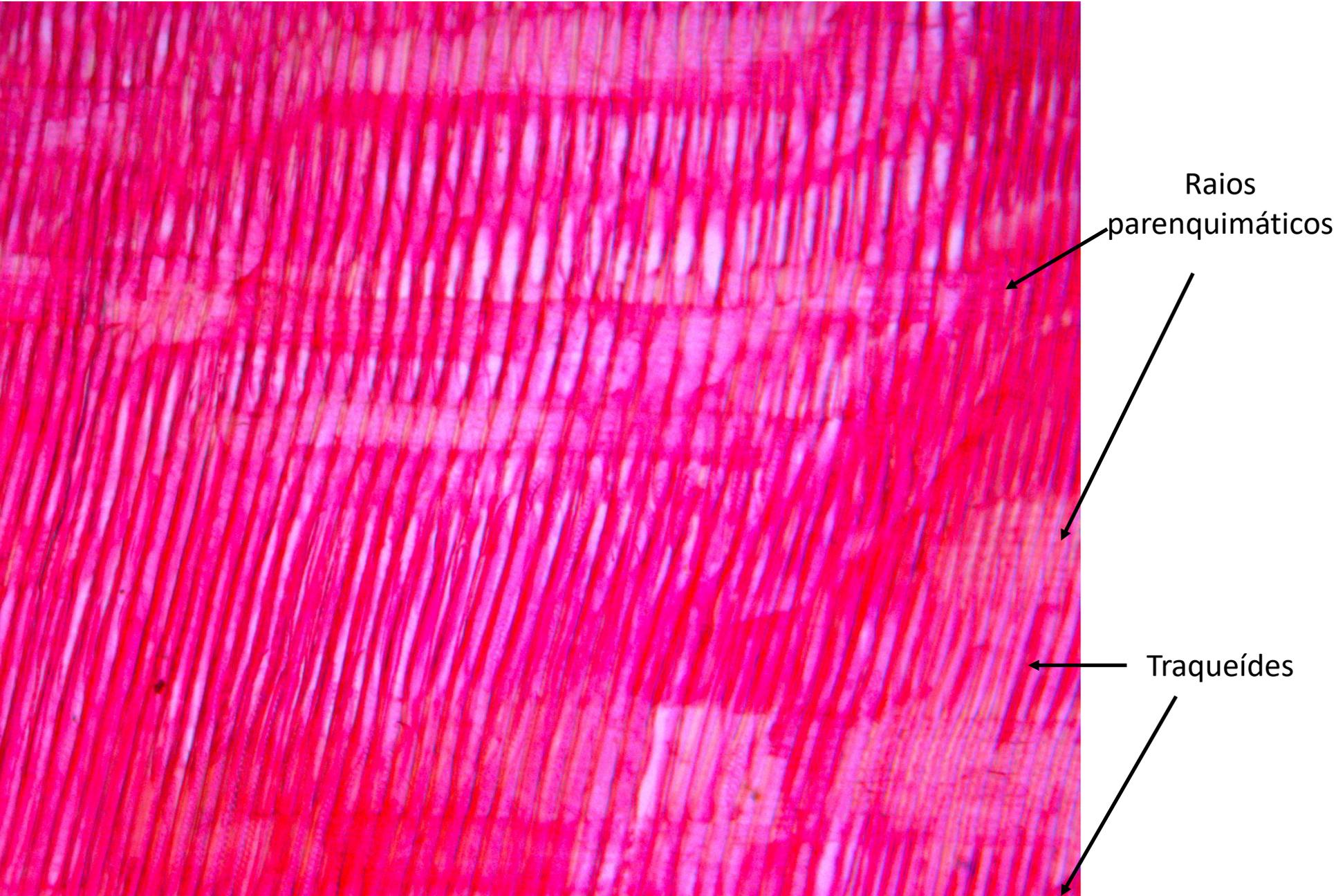
Corte transversal madeira (=xilema secundário) da Araucária, mostrando lenho homogêneo)



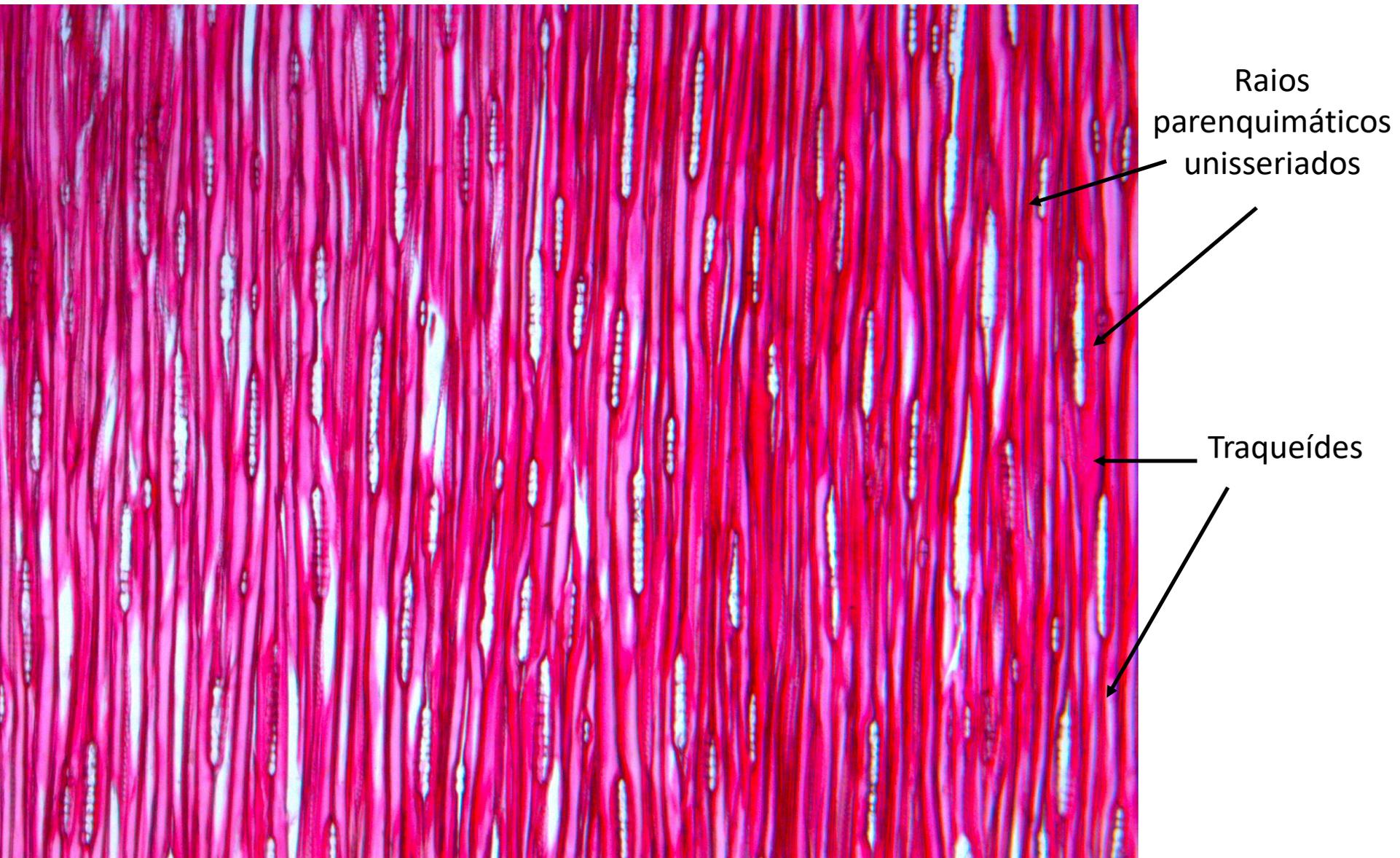
Lenho estival (ou de verão)

Lenho primaveril (ou de primavera)

Corte longitudinal radialmadeira (=xilema secundário) da Araucária, mostrando raios parenquimáticos perpendiculares em relação às traqueídes



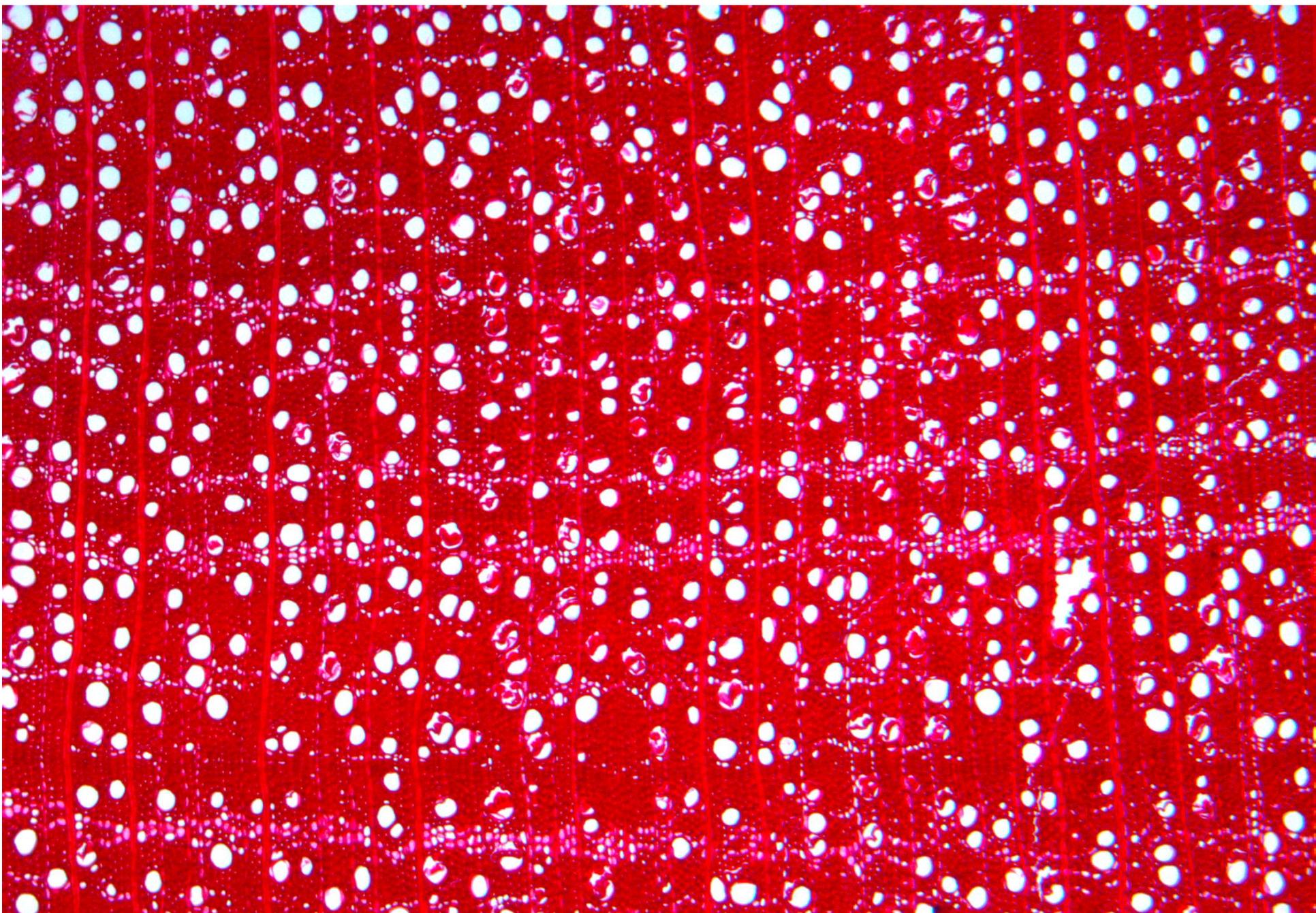
Corte longitudinal tangencial da madeira (=xilema secundário) da Araucária, mostrando raios parenquimáticos perpendiculares em relação às traqueídes, vistos de frente. Nesse caso os raios são vistos como unisseriados





Eugenia (pitangueira, Myrtaceae,
uma Angiosperma
Eudicotiledônea

Corte transversal da madeira (=xilema secundário) da pitangueira, mostrando lenho heterogêneo

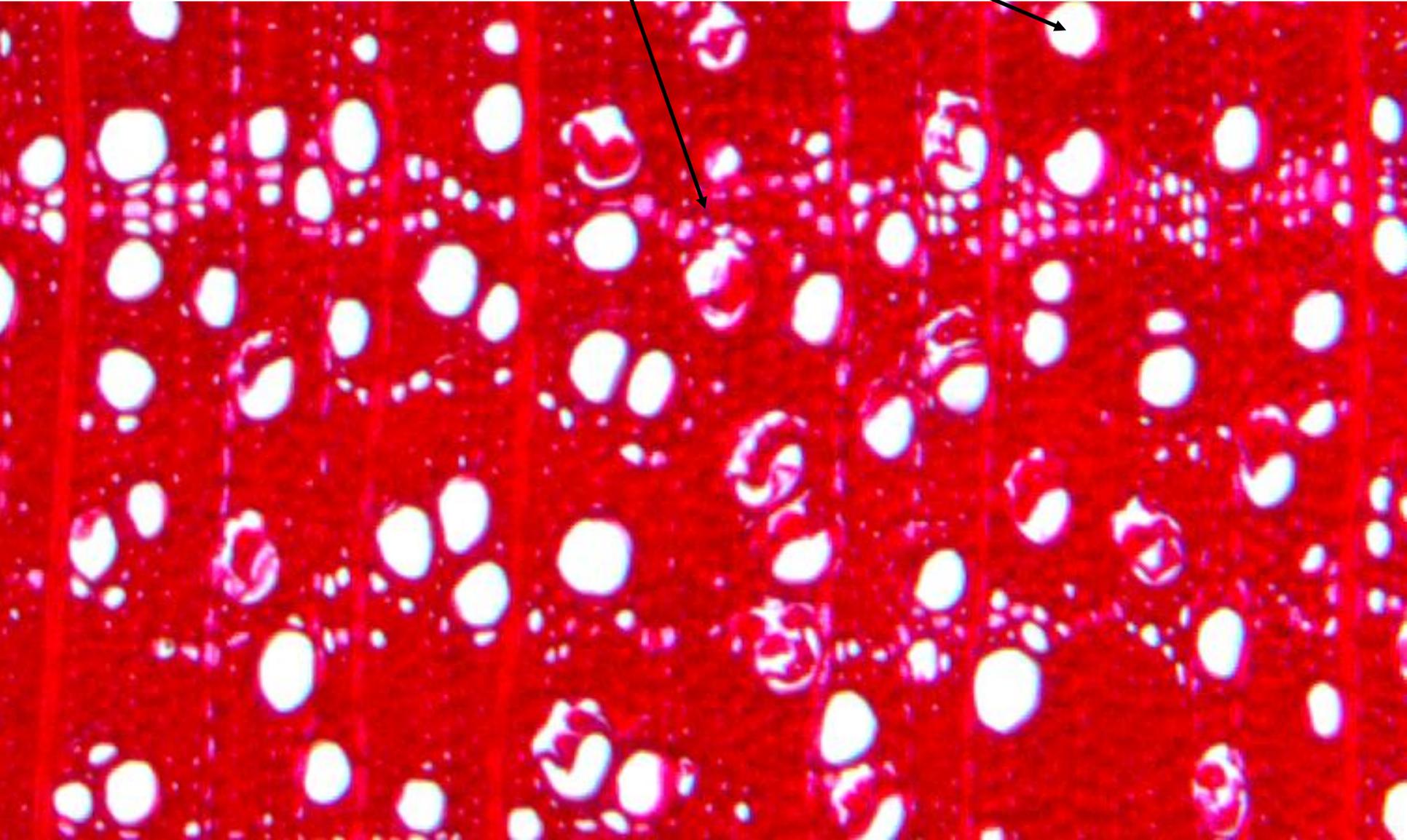


Raios
parenquimáticos

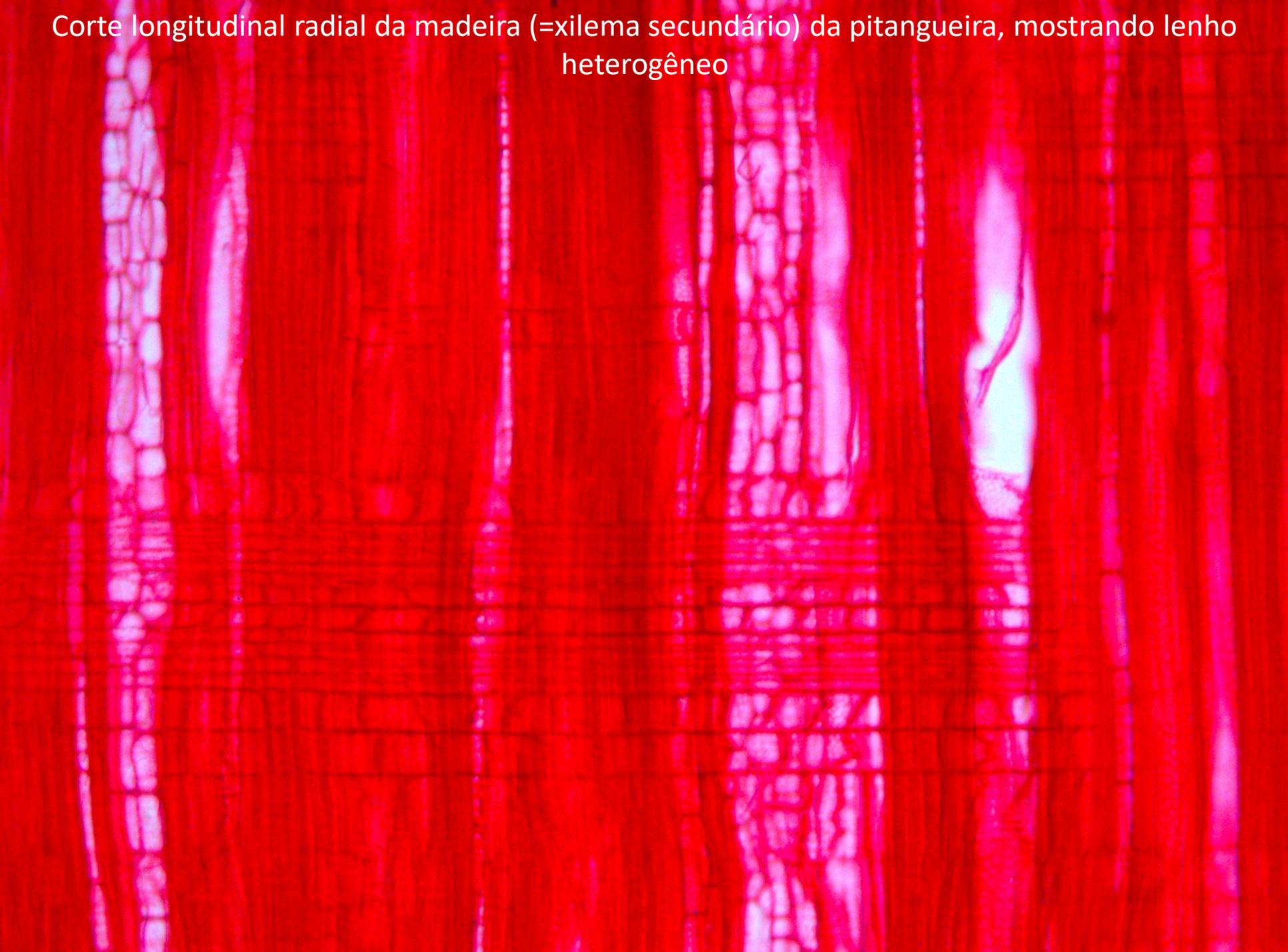
Faixas de
parênquima
axial

Elementos de
vasos

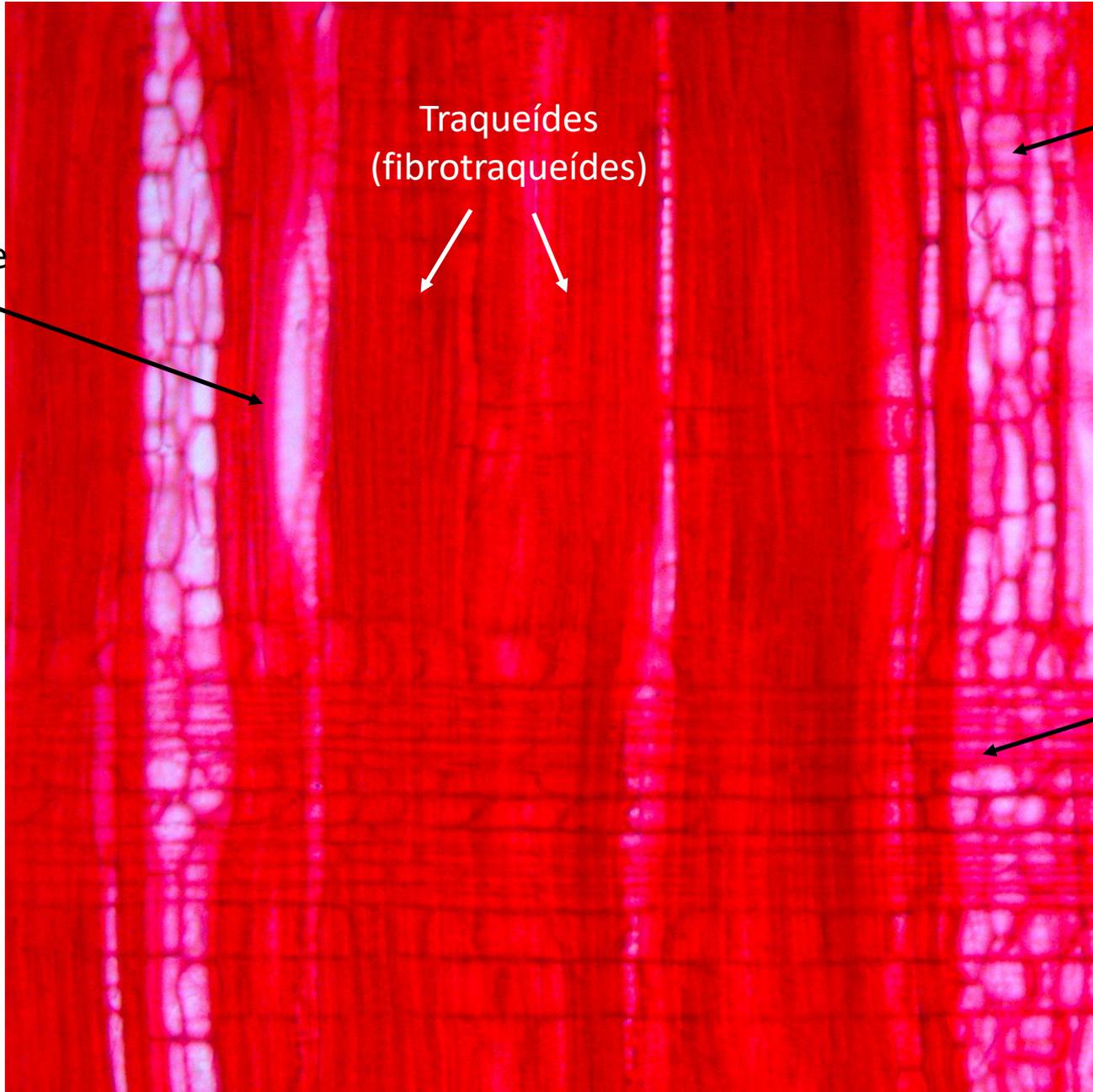
Traqueídes
(fibrotraqueídes)



Corte longitudinal radial da madeira (=xilema secundário) da pitangueira, mostrando lenho heterogêneo



Corte longitudinal radial da madeira (=xilema secundário) da pitangueira, mostrando lenho heterogêneo



Traqueídes
(fibrotraqueídes)



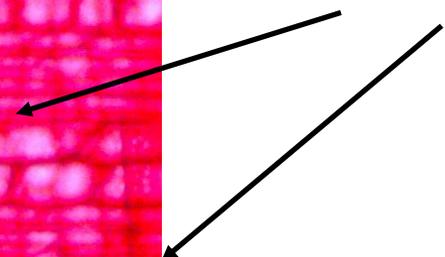
Faixa de
parênquima
axial



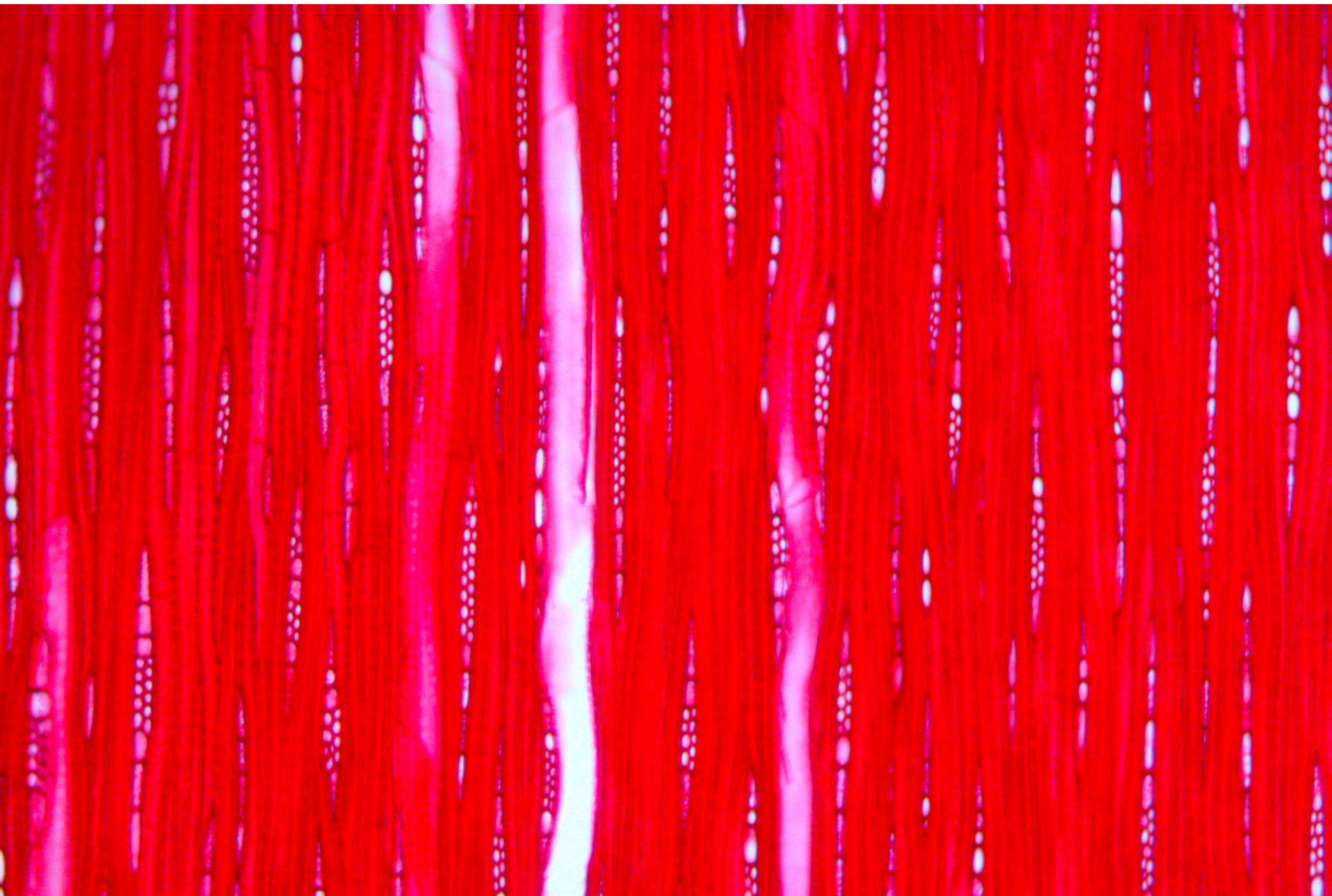
Elementos de
vasos



Raios
parenquimáticos



Corte longitudinal tangencial da madeira (=xilema secundário) da pitangueira, mostrando lenho heterogêneo



Corte longitudinal tangencial da madeira (=xilema secundário) da pitangueira, mostrando lenho heterogêneo





Ocotea porosa (Imbuia,
Lauraceae, uma Angiosperma do
clado das Magnoliídeas)



Ocotea porosa

Seção
Longitudinal Tangencial

Pontoações

Células oleíferas

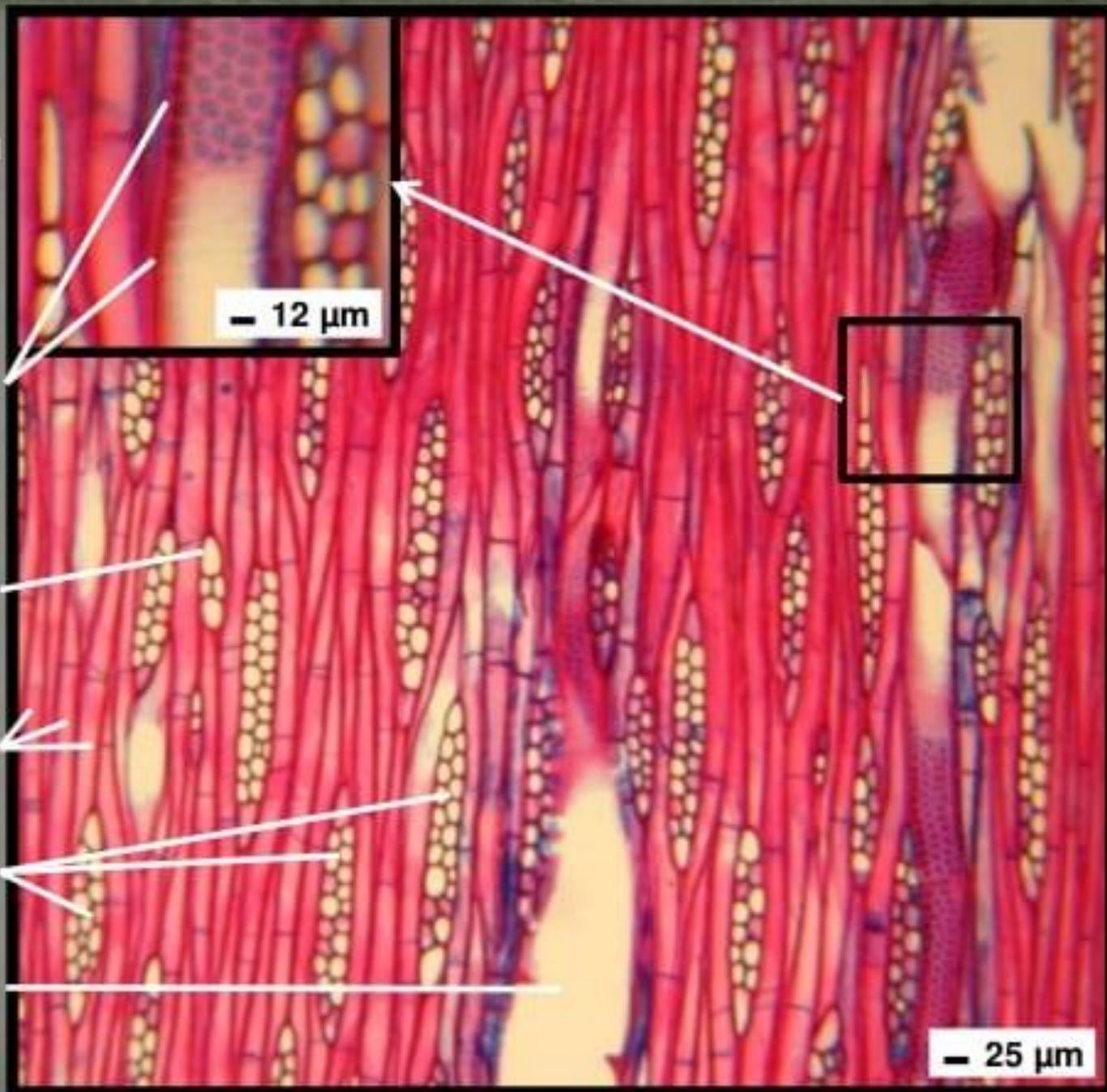
Fibras

Raios Multisseriado
Heterogêneo

Vaso

— 12 μ m

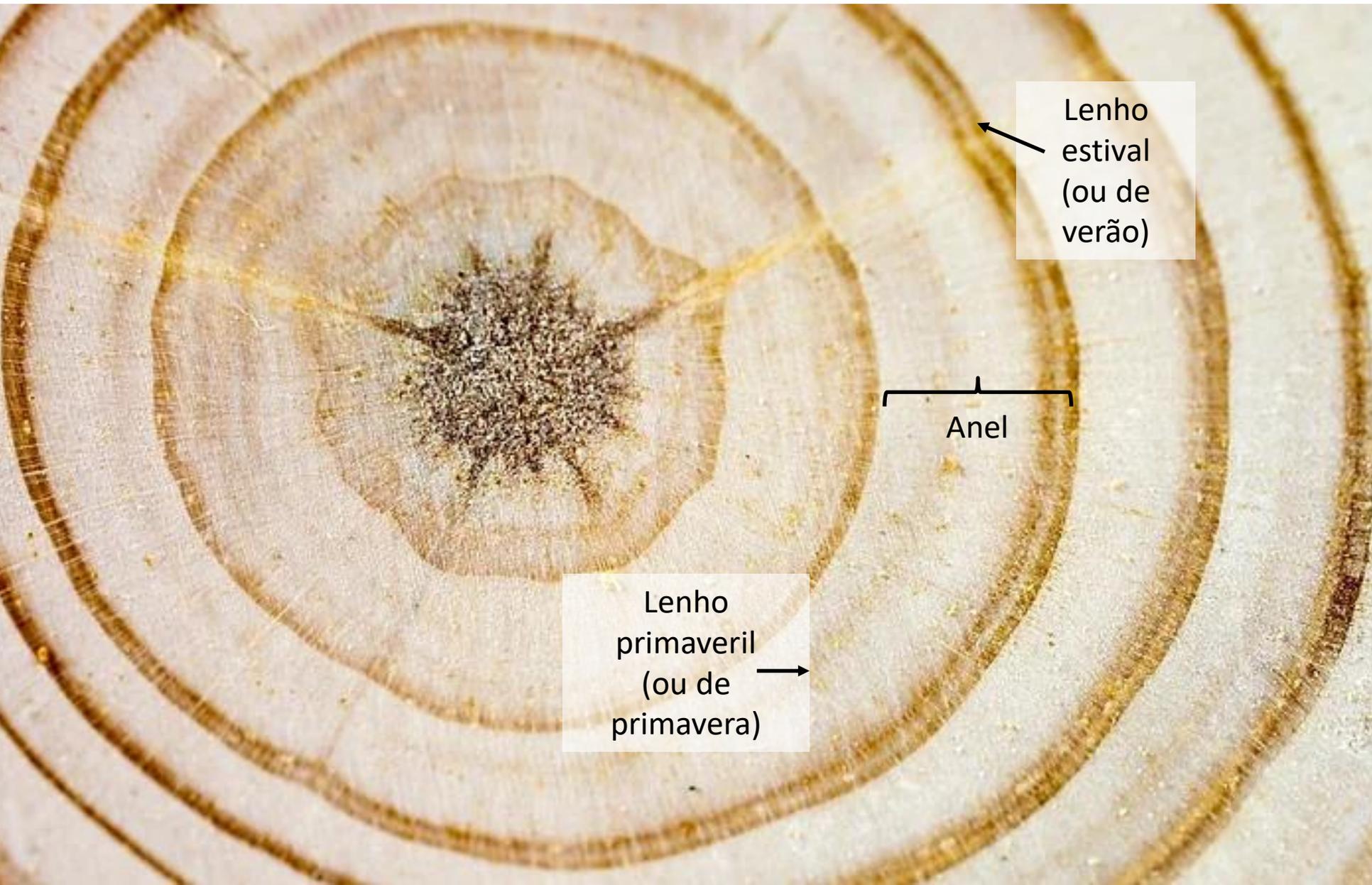
— 25 μ m



Anéis de crescimento



Anéis de crescimento

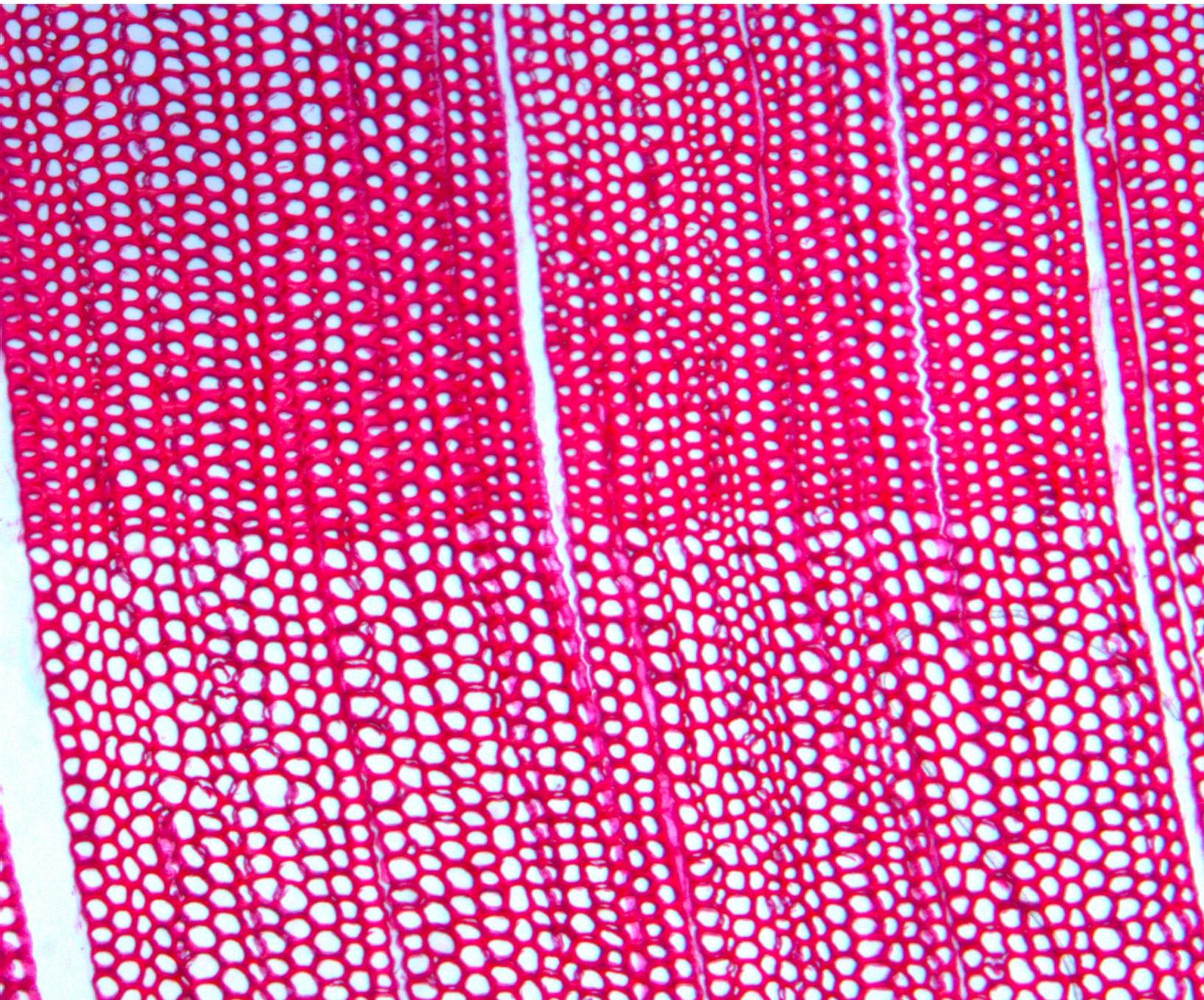


Lenho estival
(ou de verão)

Anel

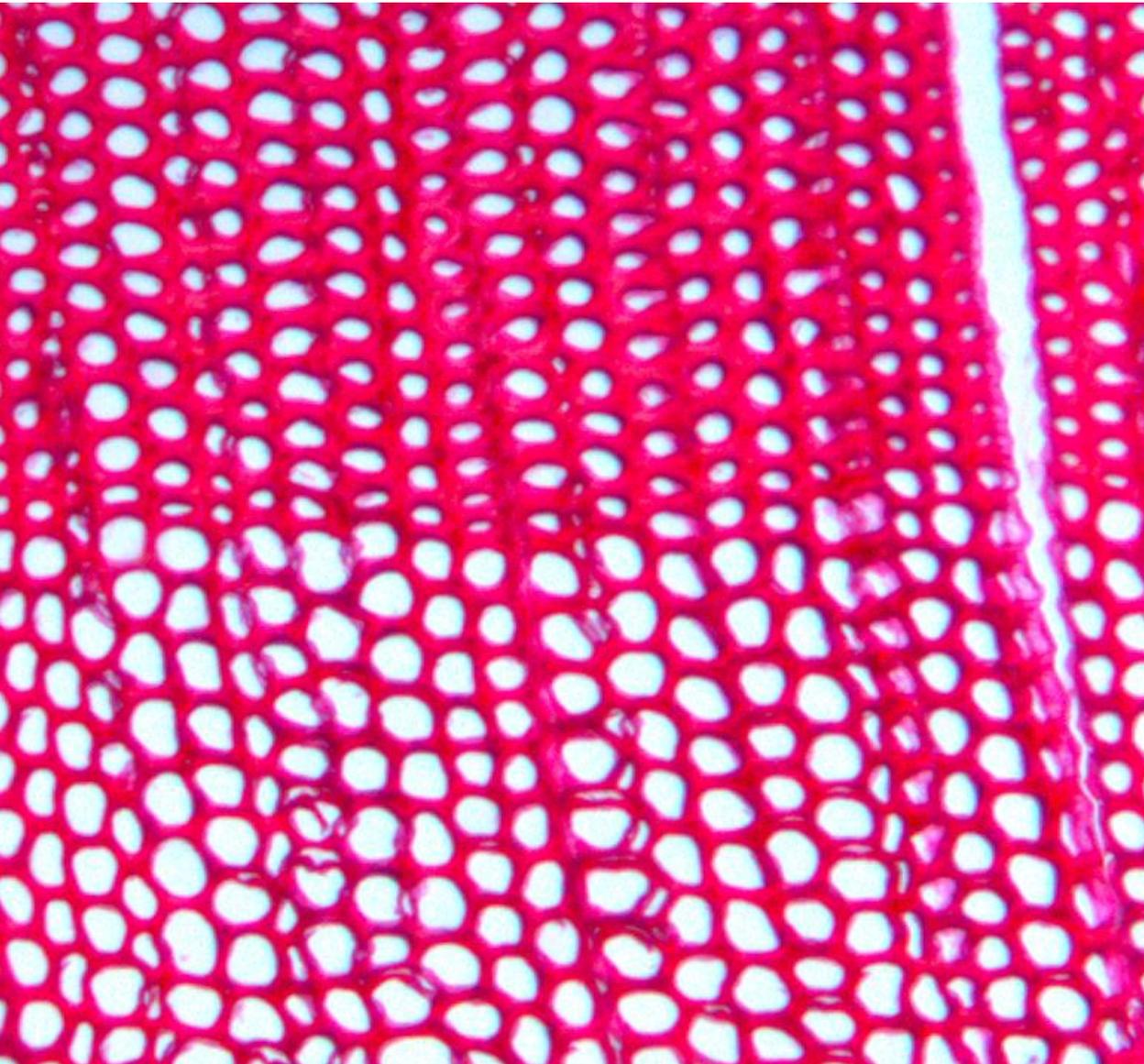
Lenho primaveril
(ou de primavera)

Corte transversal madeira (=xilema secundário) da Araucária, mostrando lenho homogêneo)



Lenho estival (ou de verão)

Lenho primaveril (ou de primavera)



Lenho
estival
(ou de
verão)



Cresce durante
verão e início do
outono – período
mais seco,
traqueídes com
paredes mais
espessas,
crescimento
menor

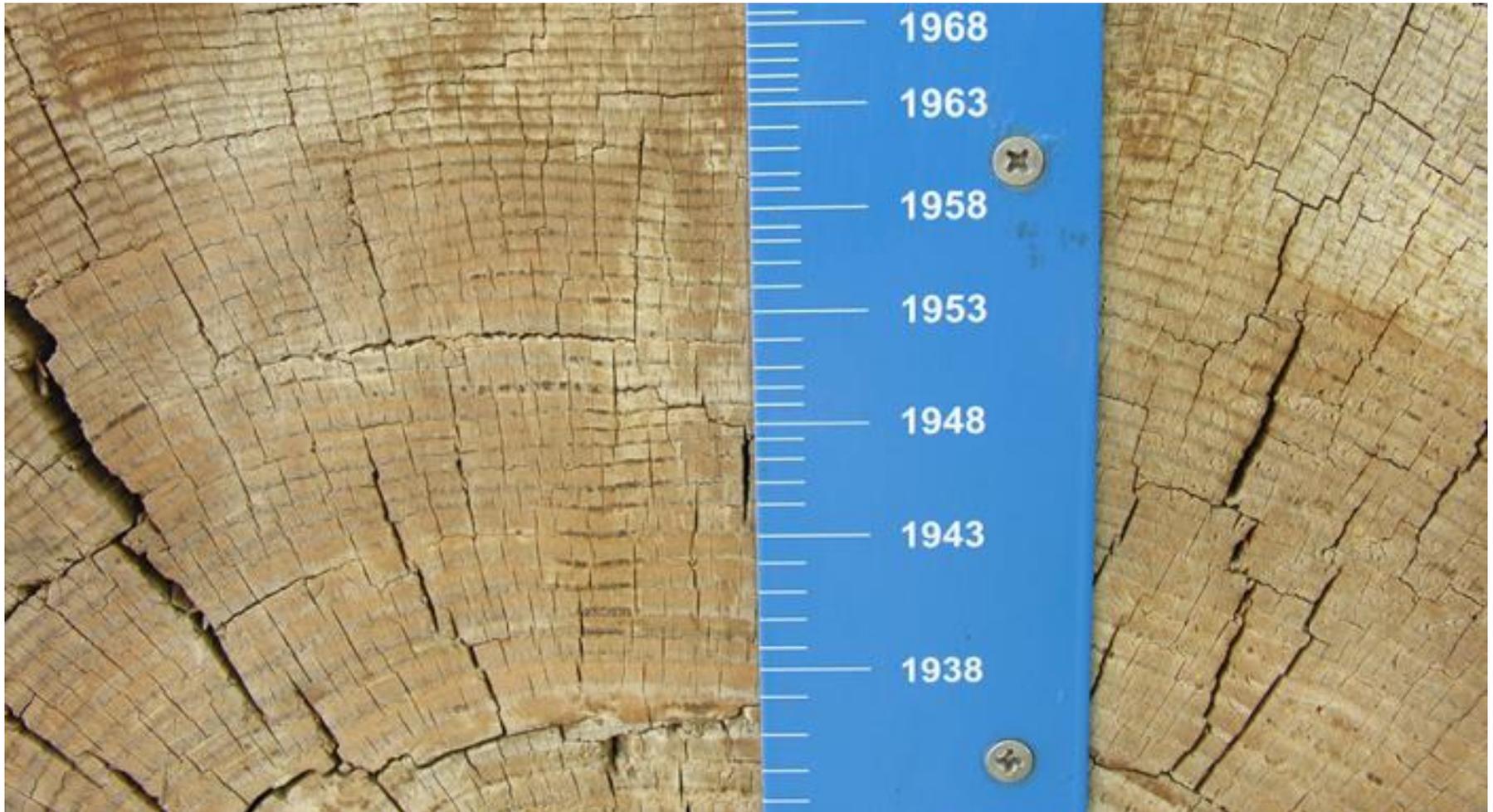
Lenho
primaveril
(ou de
primavera)



Cresce durante
primavera e
início do verão –
período mais
chuvoso,
traqueídes com
paredes mais
finas,
crescimento
maior

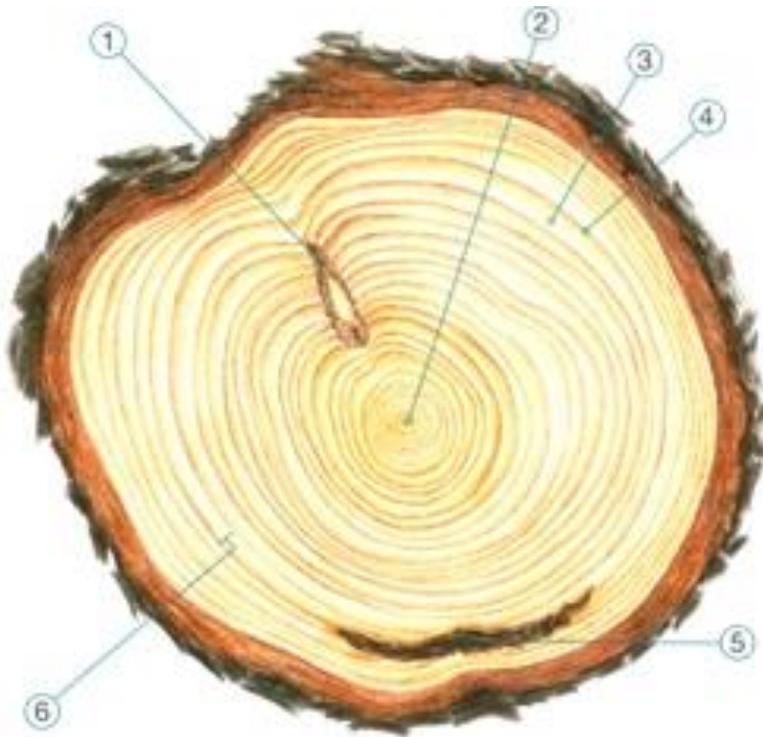
Dendrocronologia

- Contagem da formação do lenho (inclusive fósseis) com auxílio dos anéis de crescimento
- Detecção de eventos passados com secas, incêndios ou poluição



Dendrocronologia

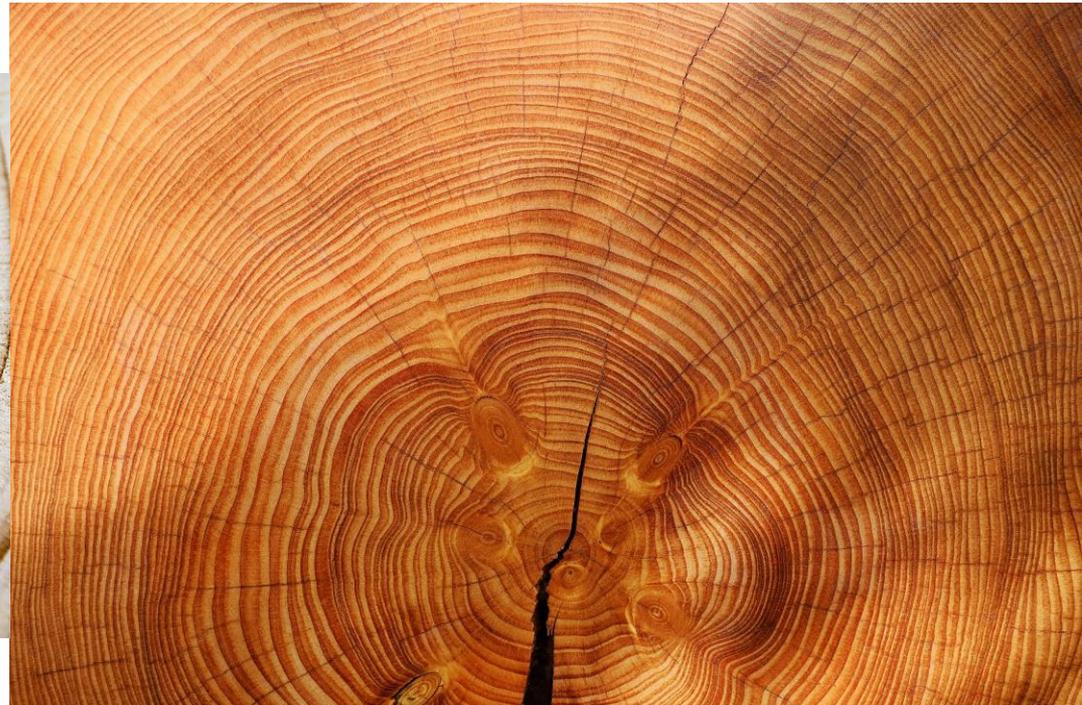
- Contagem da formação do lenho (inclusive fósseis) com auxílio dos anéis de crescimento
- Detecção de eventos passados com secas, incêndios ou poluição



1. Nó criado por ramo antigo;
2. Primeiro ano de crescimento;
3. Crescimento de primavera-verão, quanto mais espesso melhor foram as condições climáticas;
4. Crescimento de outono - inverno;
5. Cicatriz registro de incêndio no ano relativo ao crescimento;
6. Anel de crescimento anual.

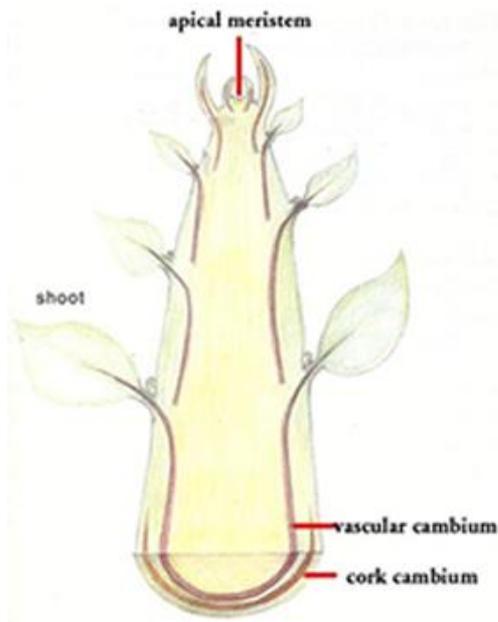
Importante!

- O padrão lenho primaveral e lenho estival é mais evidente em plantas de clima temperado, já que o câmbio entra em dormência no outono e inverno
- Em plantas tropicais e subtropicais o câmbio possui atividade o ano todo (mas diminuída nos períodos mais secos), dificultando a contagem de anos da planta pelos anéis.

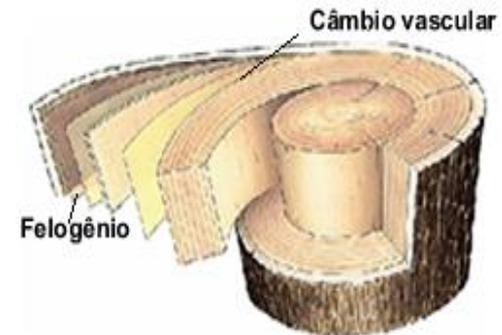


PERIDERME

- ocorre em caules/ raízes que crescem em espessura
- substitui a epiderme
- formada pelo felogênio (meristema lateral)



Esquema mostrando a posição do meristema apical do caule e dos meristemas laterais. Capturado na internet

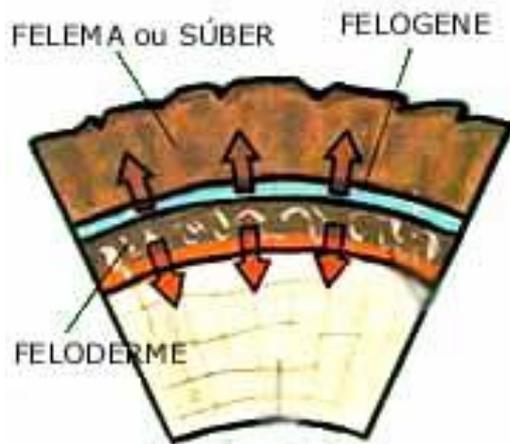


Esquema tridimensional do caule em estrutura secundária, mostrando a posição dos meristemas laterais. Amabis & Martho (2002).

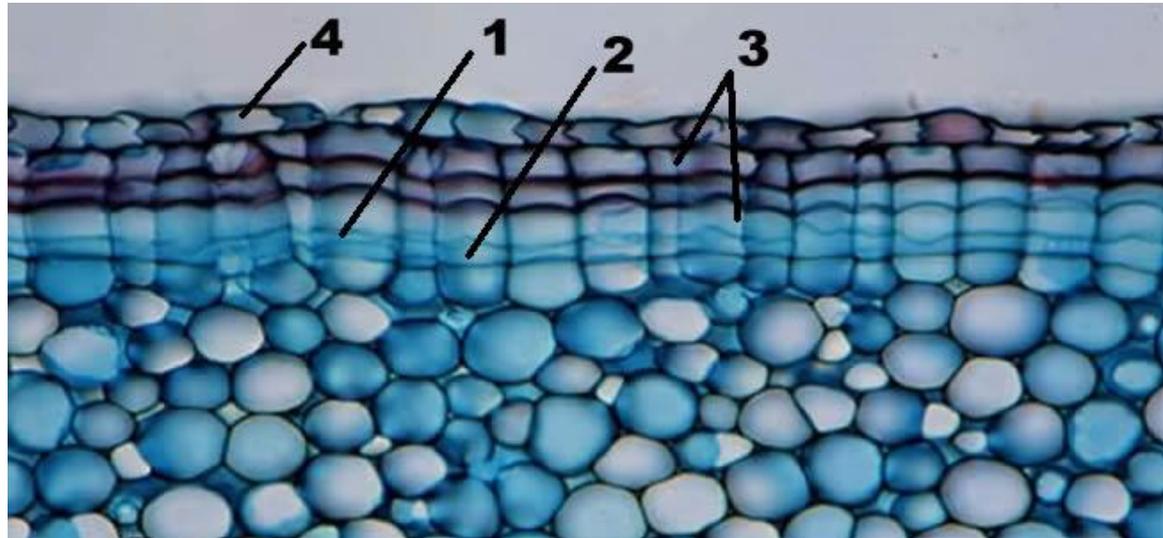
felogênio

externamente: súber (tecido morto, com
suberina) – popular “casca morta”

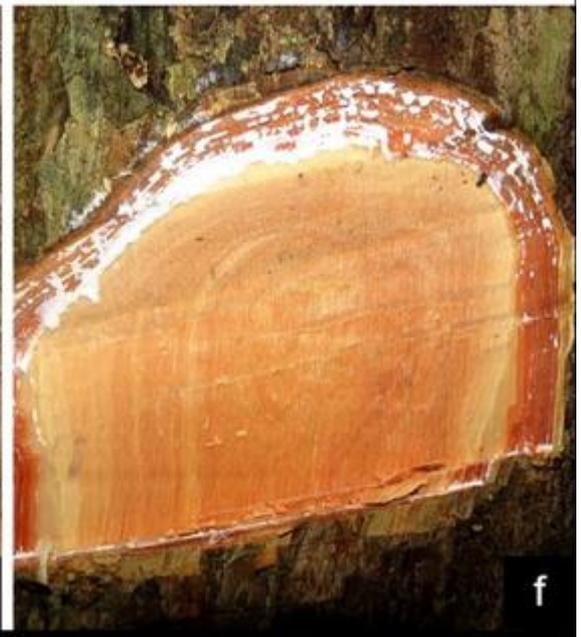
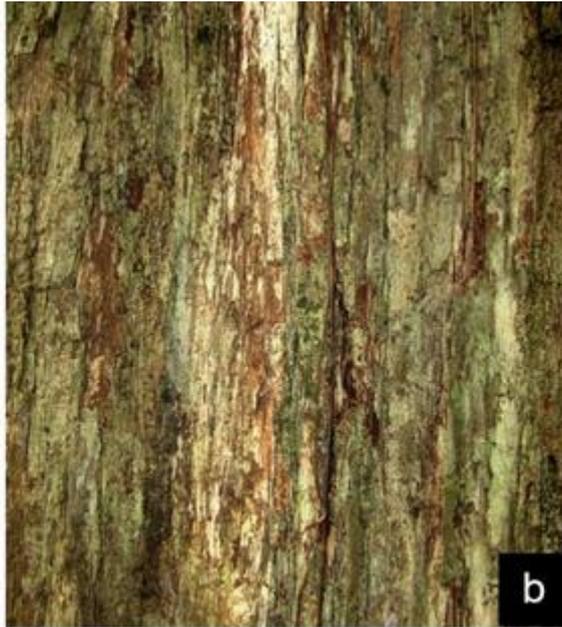
internamente: feloderme (tecido vivo) –
popular “casca viva”



naturlink.sapo.pt



1. Felogênio; 2. Felema; 3. Feloderme; 4. Epiderme estirada.
<http://www.anatomiavegetal.ib.ufu.br/atlas/Perid.fig2.htm>



Pouteria fimbriata (Sapotaceae) - Vasconcelos (2015)



Sobreiro – *Quercus suber* (nativa do Sul da Europa)

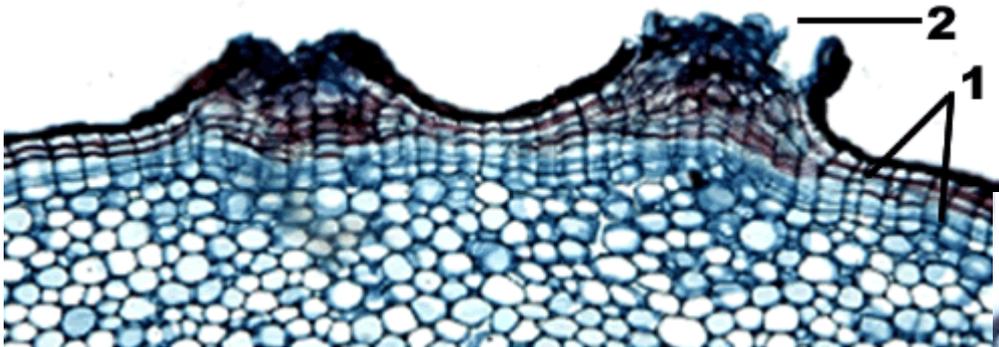


- com o aumento das camadas, a epiderme é pressionada e se rompe
- trocas gasosas por lenticelas



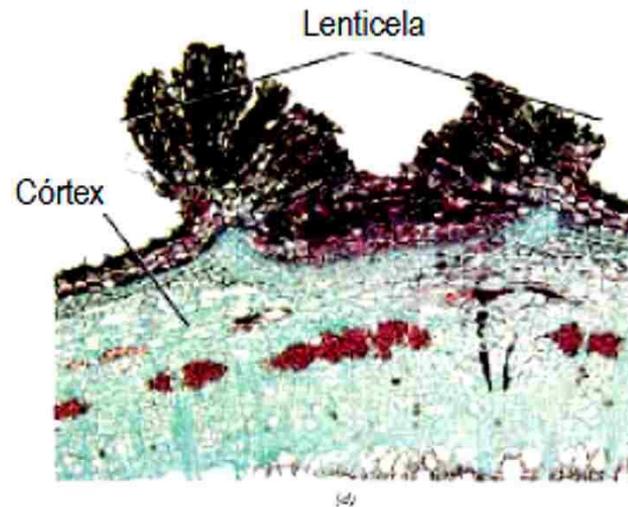
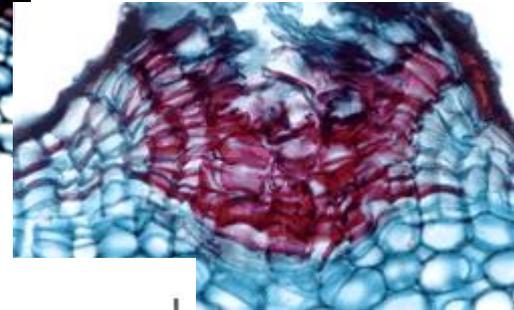
Lenticelas do caule de *Cryptostegia grandiflora*. Corte **transversal**
(Asclepiadaceae) Foto de Castro, N. M
1. Lenticelas; 2. Córtex.
<http://www.anatomiavegetal.ib.ufu.br/atlas/>

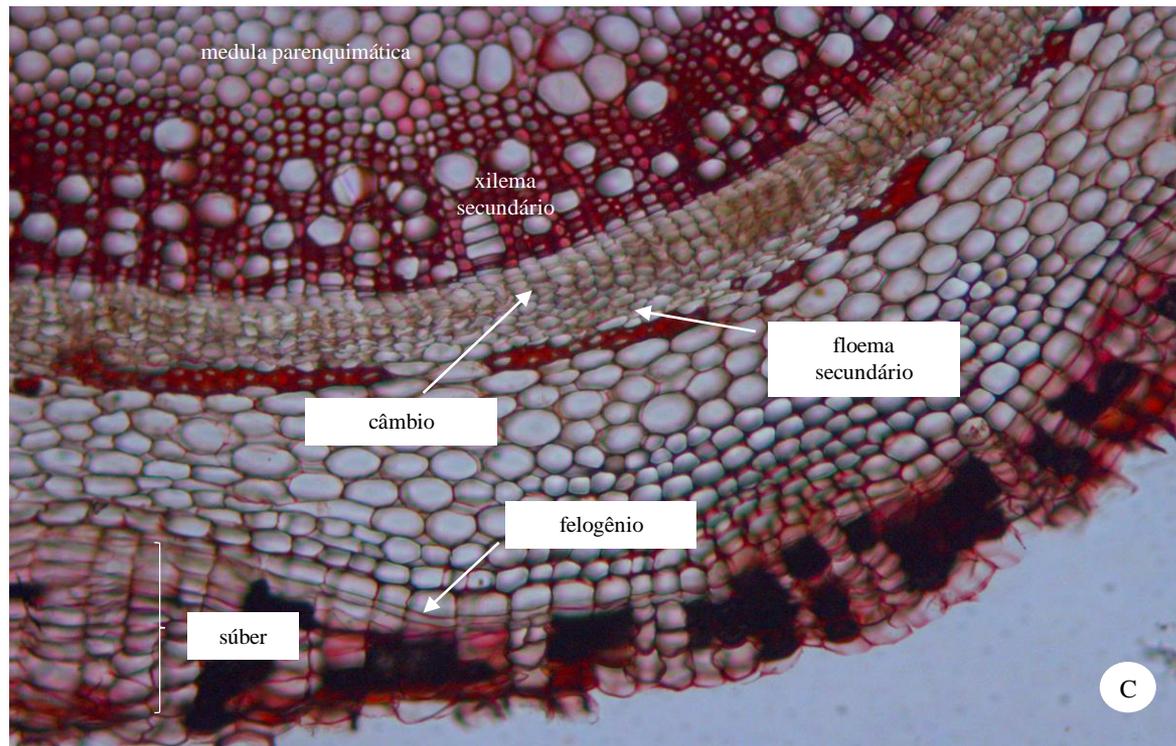
- com o aumento das camadas, a epiderme é pressionada e se rompe
- trocas gasosas por lenticelas



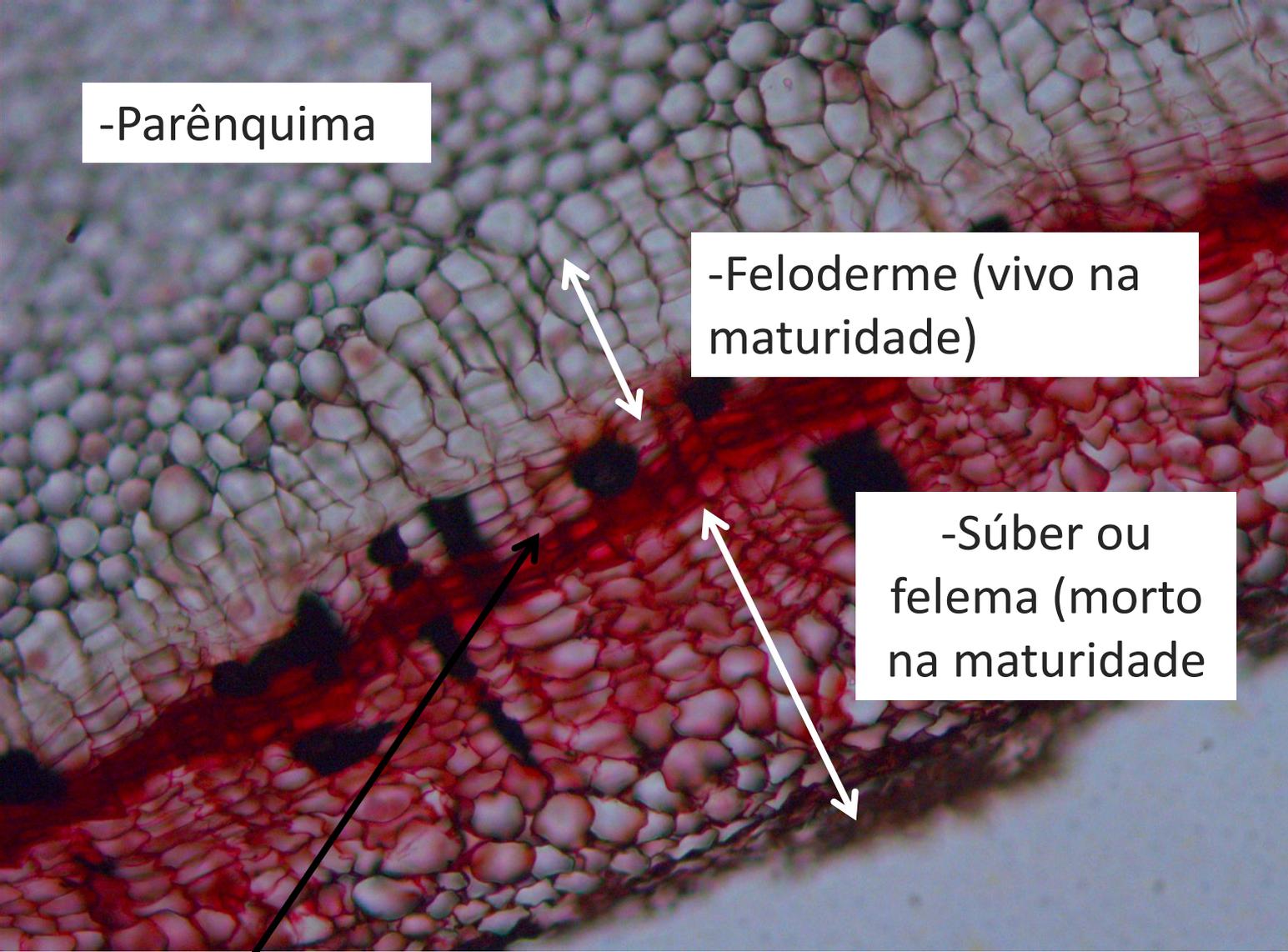
Lenticelas do caule de *Sterculia* sp. Corte transversal. Fotos de Castro, N.M. 1. Córtex; 2. Lenticela.

<http://www.anatomiavegetal.ib.ufu.br/atlas>





Sambucus (Angiosperma, sabugueiro) -
Detalhe do caule, estelo e dos meristemas (câmbio e felogênio)



-Parênquima

-Feloderme (vivo na maturidade)

-Súber ou felema (morto na maturidade)

-Periderme

-Felogênio (meristema)

Sambucus (Angiosperma, sabugueiro)



Anadenanthera falcata (angico-do-cerrado, Leguminosae uma Angiosperma Eucotiledônea)

Crescimentos secundários cambiais
“fora do padrão” (“anômalos”)



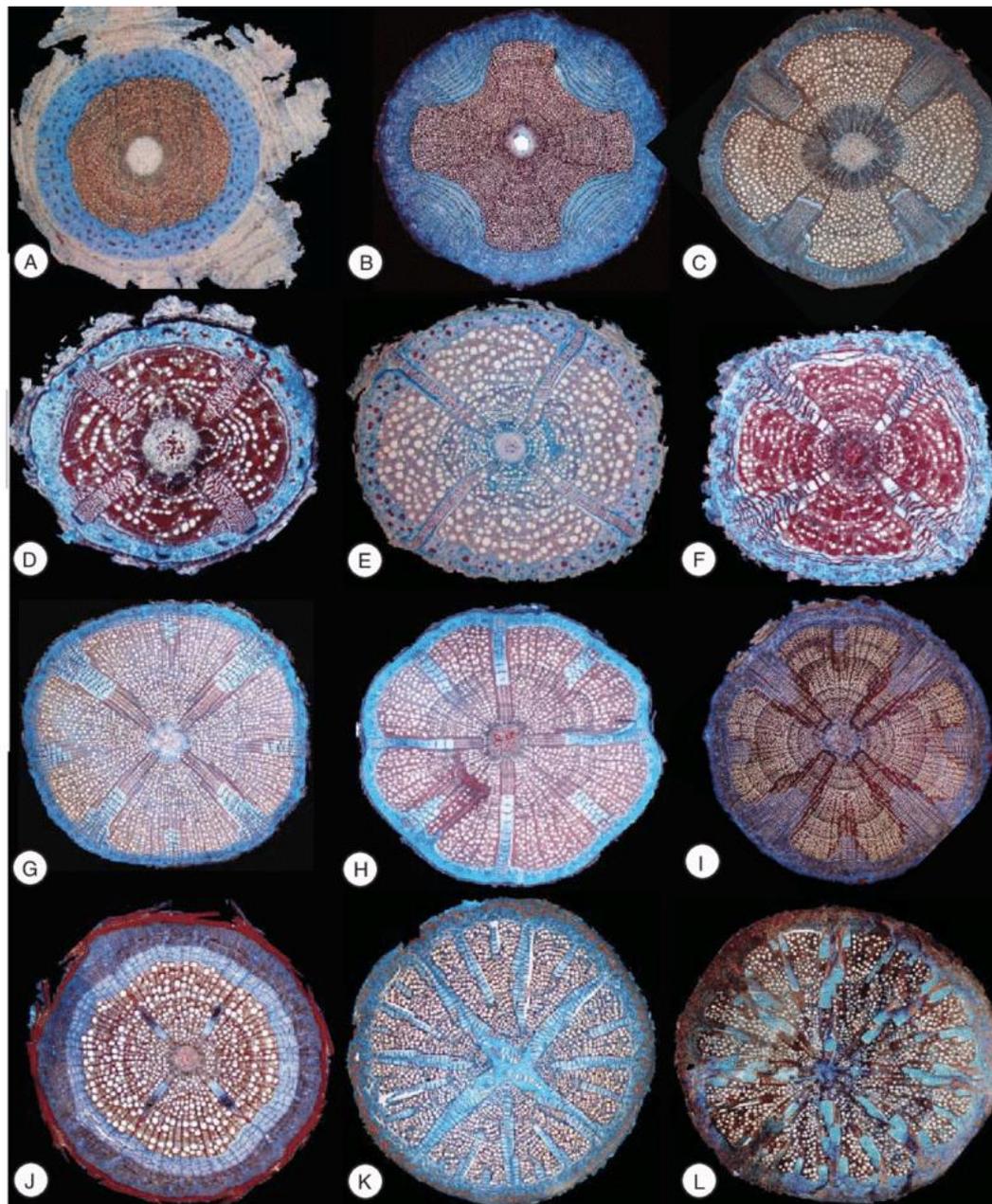
Arrabidaea chica (Bignoniaceae) – crajiru

<http://www.srflores.com.br/produto.aspx?CategoriaID=16&ProdutoID=336&Page=8>





Caule com estrutura em cruz (cipó-cruz)



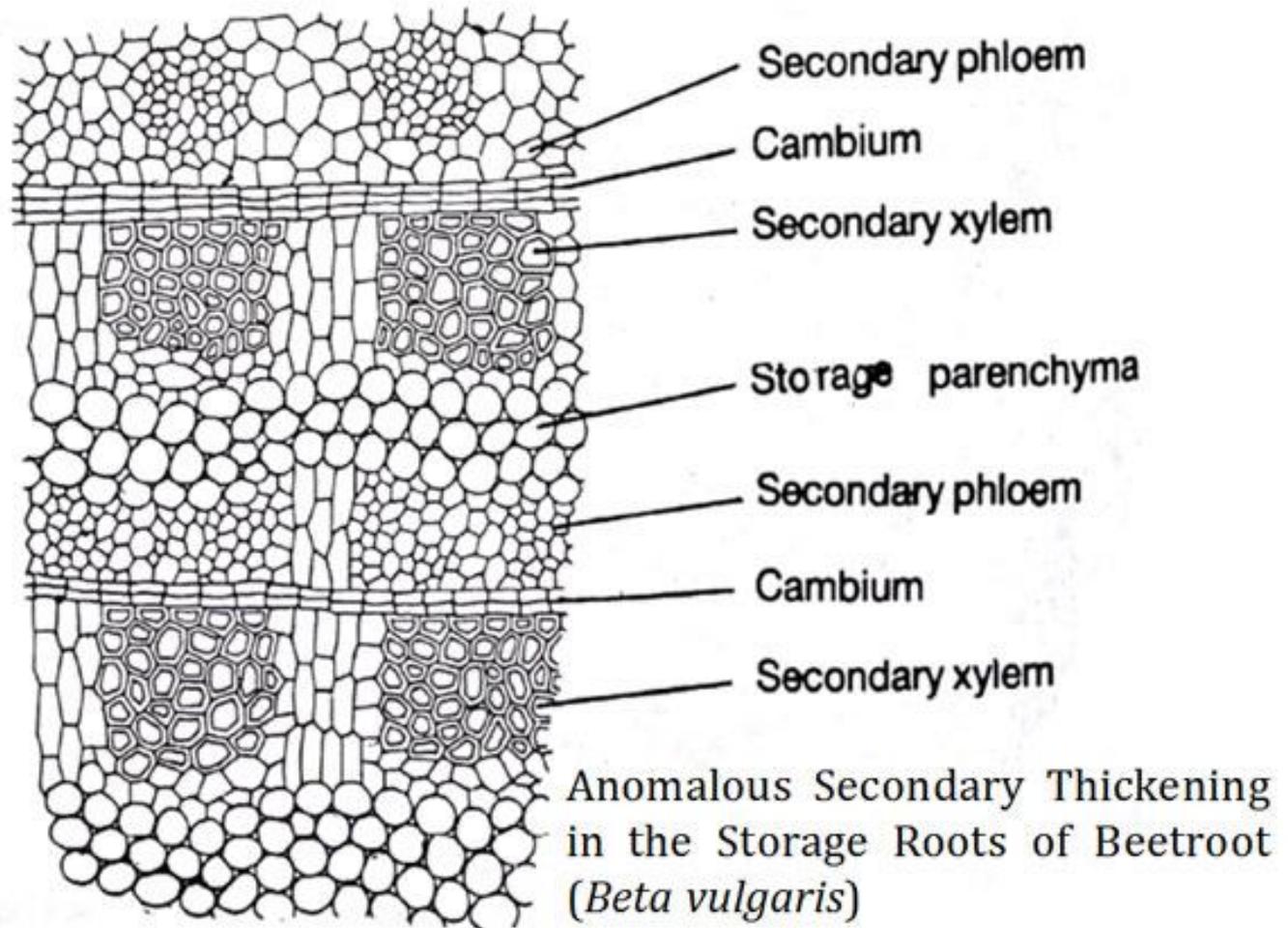
Liana anatomy: a broad perspective on structural evolution of the vascular system

[Veronica Angyalossy, Marcelo R. Pace, André C. Lima,](#)



Beta vulgaris - beterraba (raiz)





<https://br.pinterest.com/pin/295056213087277995/>

Beta vulgaris - beterraba (raiz) – crescimento em
espessura por atividades de faixas cambiais
concêntricas



Serjania lethalis (Sapindaceae) – timbó





Before

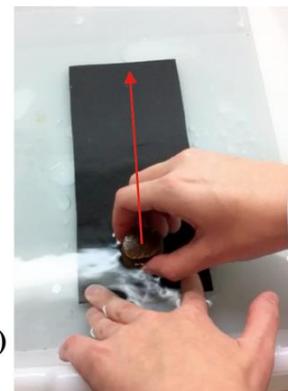
Cross sections of the sample are trimmed with a sharp cutter



Start with the most abrasive sandpaper (P600; ISO77)



Sliding movements (50 times)



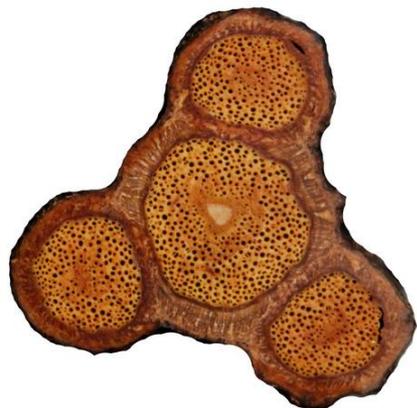
Medium polish (P1200; ISO77)

Sliding movements (50 times)



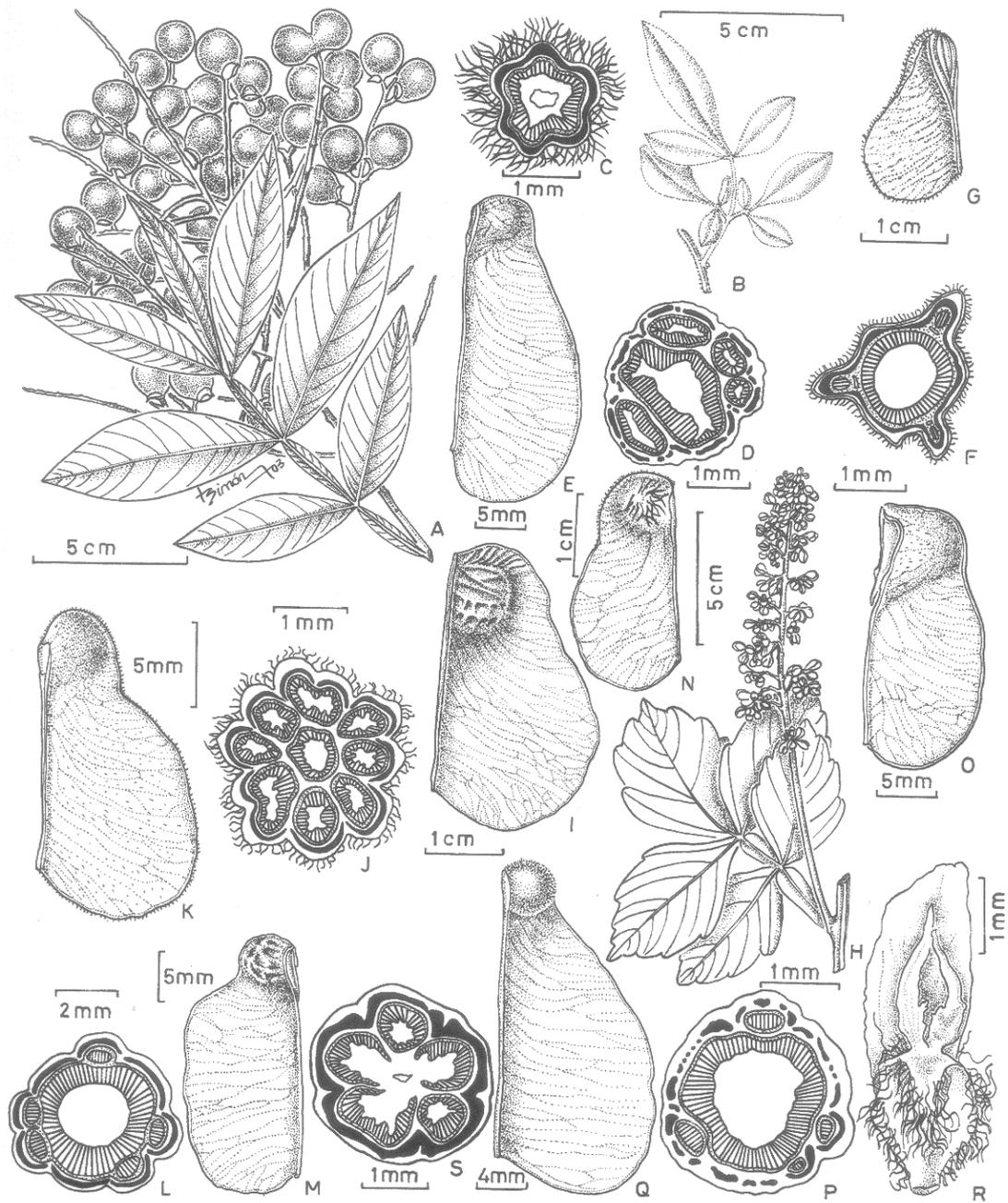
Finer polish (P2000; ISO77)

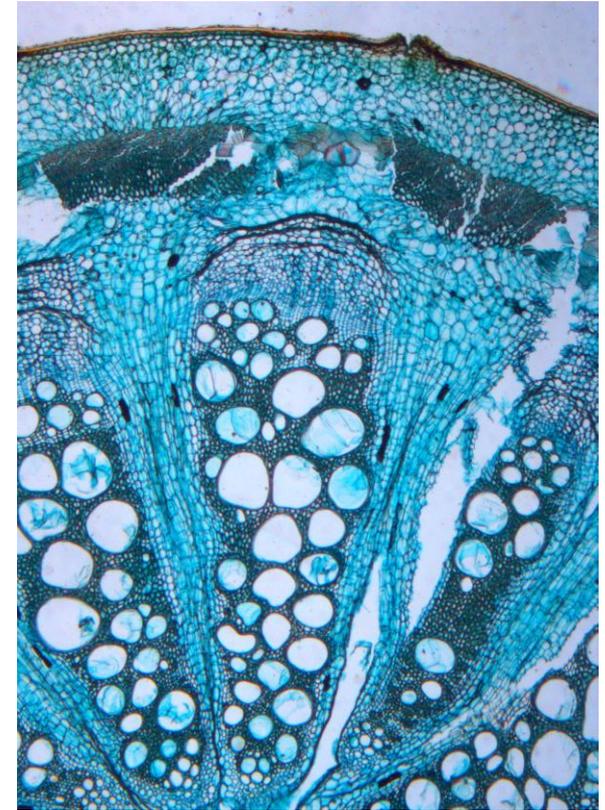
Sliding movements (50 times)



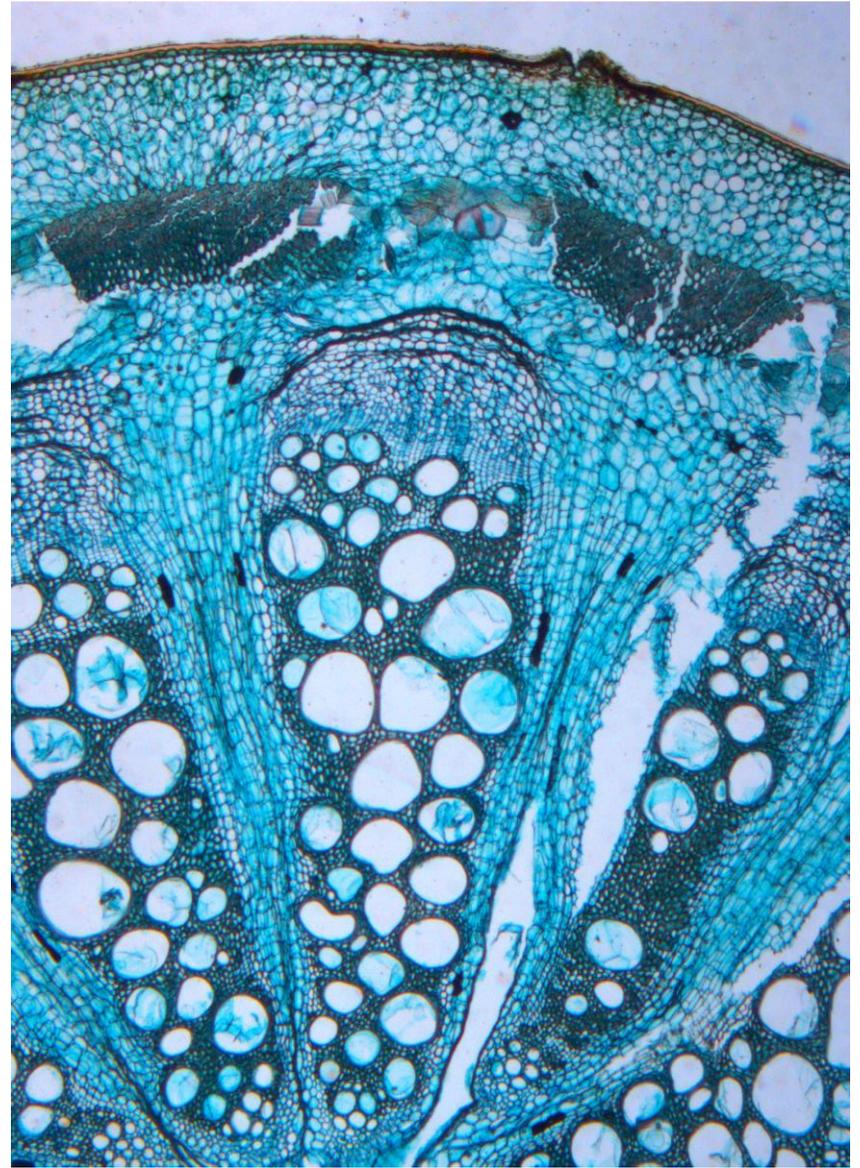
After







Aristolochia galeata (Aristolochiaceae) – buta, cipó-mil-homens, papo-de-peru



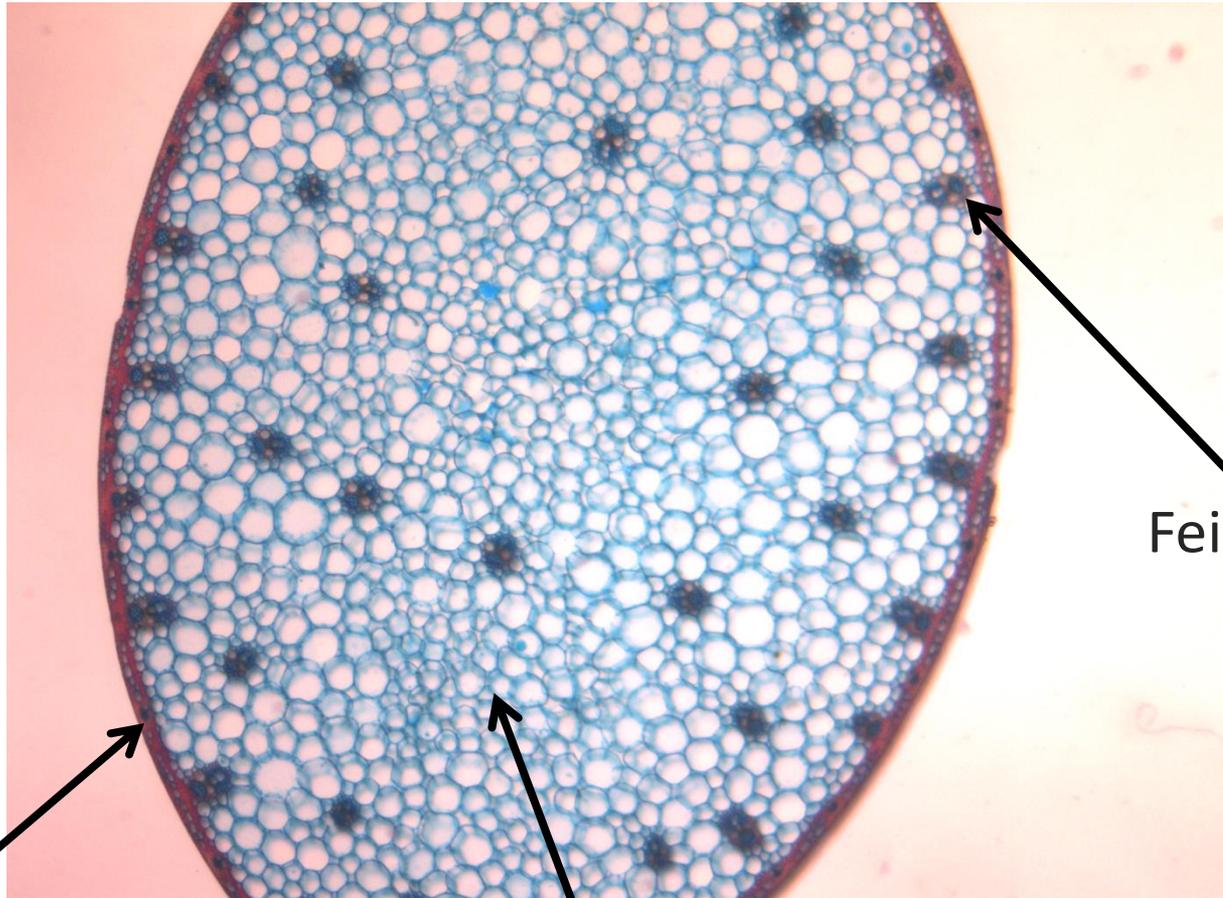
Aristolochia galeata (Aristolochiaceae) – buta, cipó-mil-homens, papo-de-peru

Crescimento em espessura em monocotiledôneas



Paspalum notatum (Poaceae ou Gramineae, Monocotiledônea)

-Caule de *Paspalum notatum* (Poaceae ou Gramineae)



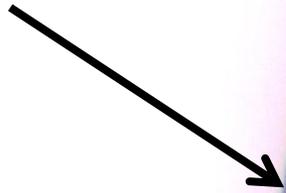
Feixe vascular

-epiderme

-parênquima

-Sinuostelo-atactostelo – sem crescimento secundário

-Epiderme
(note a
cutícula)

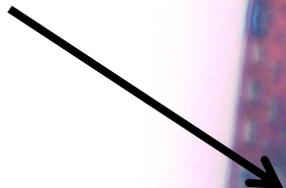


-Feixe
vascular

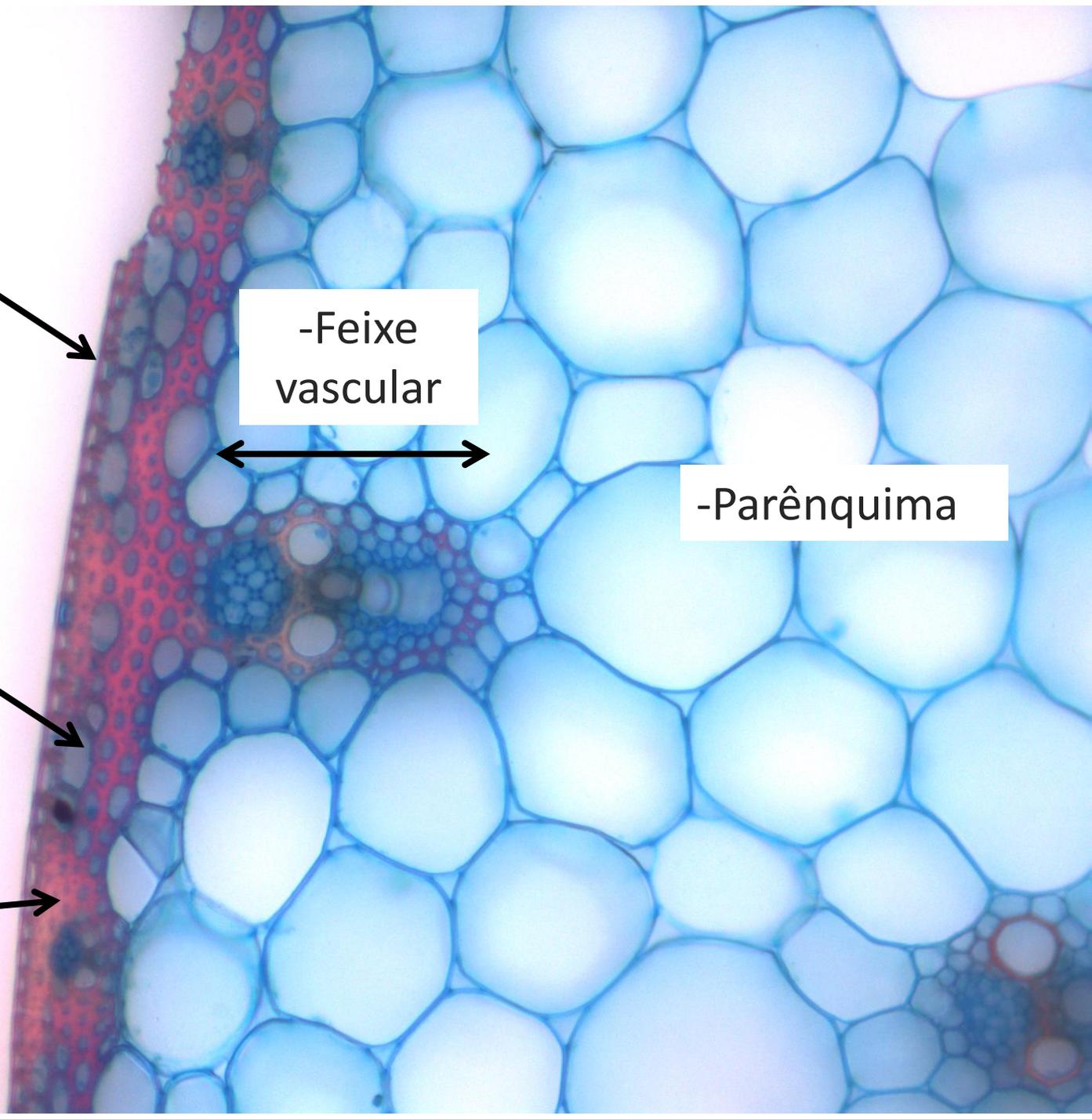


-Parênquima

-Hipoderme
(parênquima um
pouco mais
diferenciado)



-Esclerênquima
(parede
lignificada)





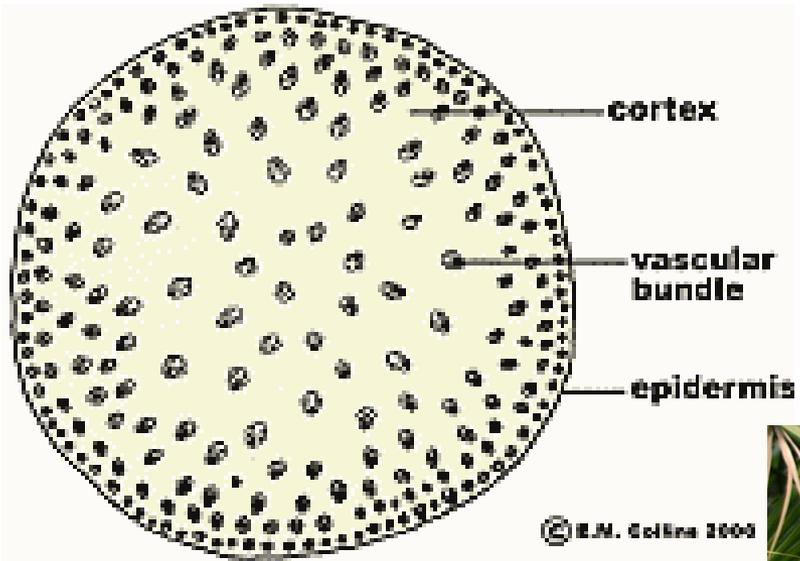


Palm Trunk



Tree Trunk

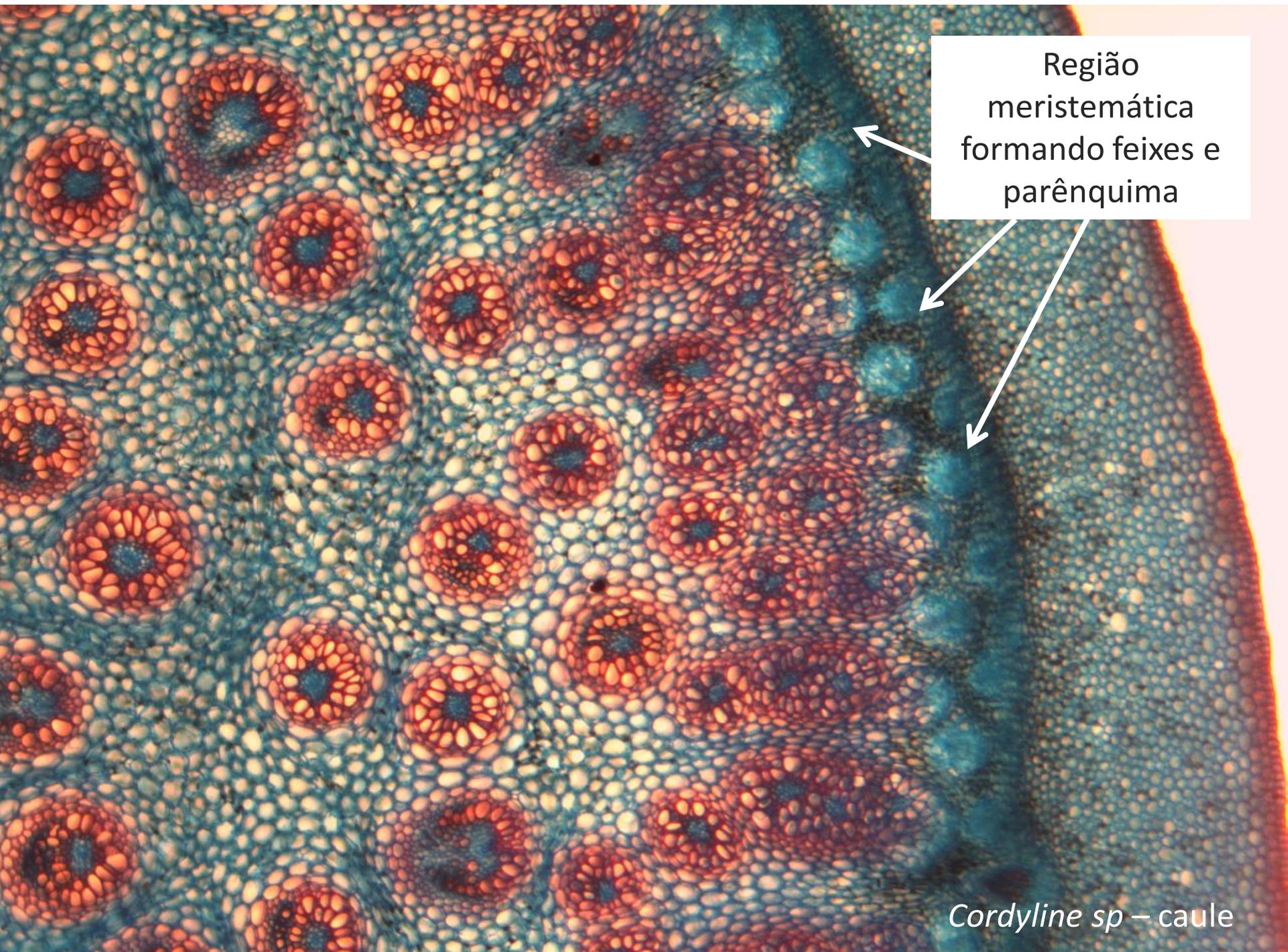






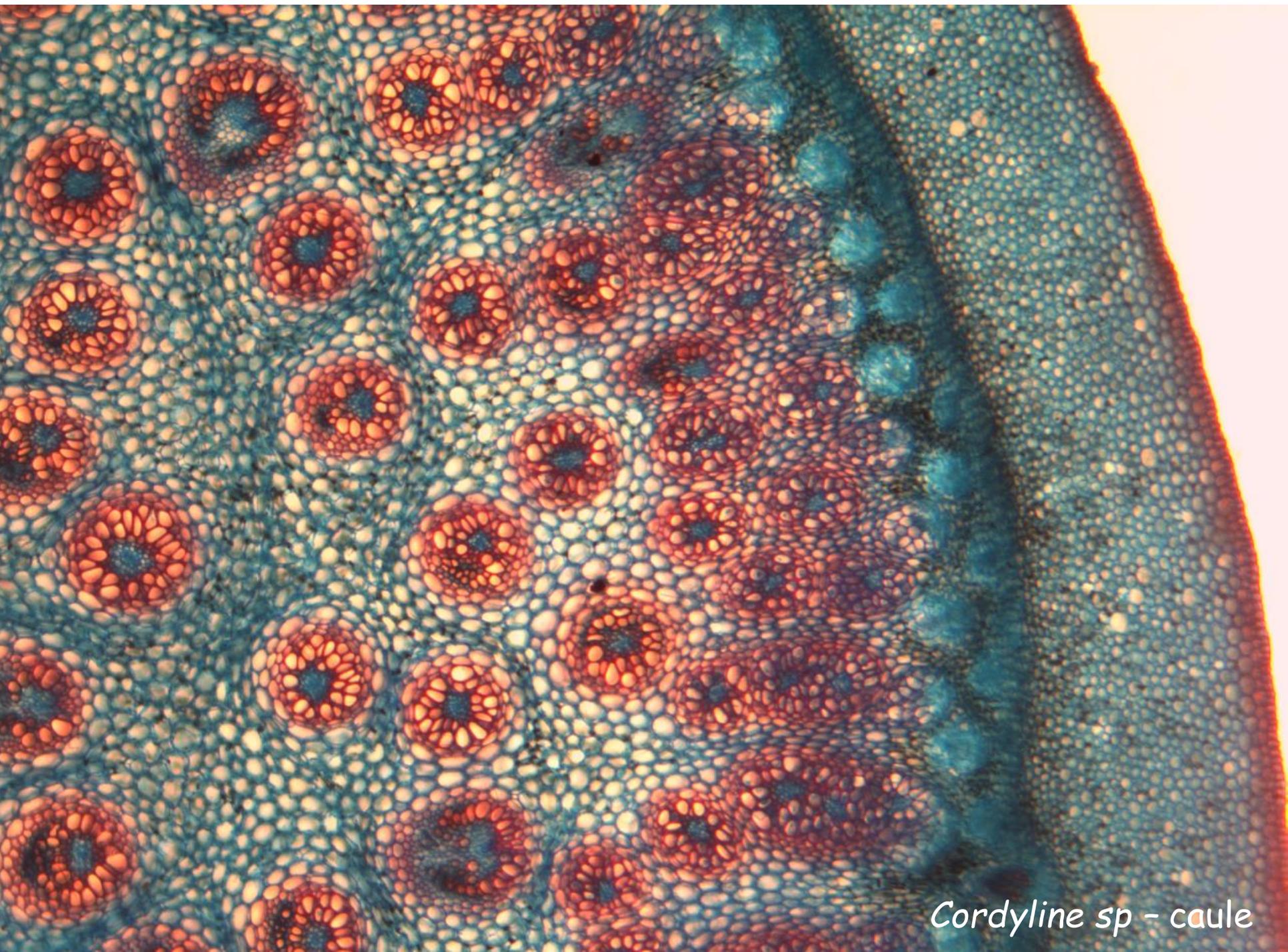
Cordyline sp –
dracena
vermelha



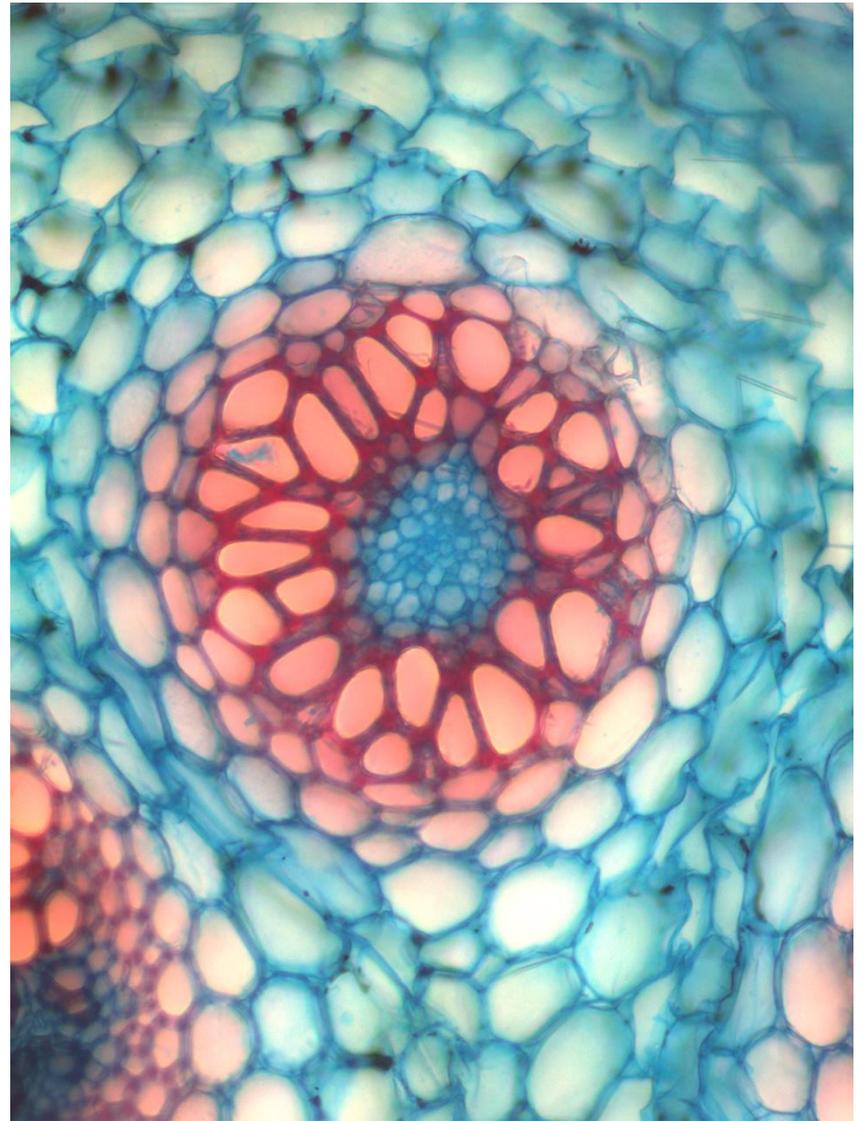
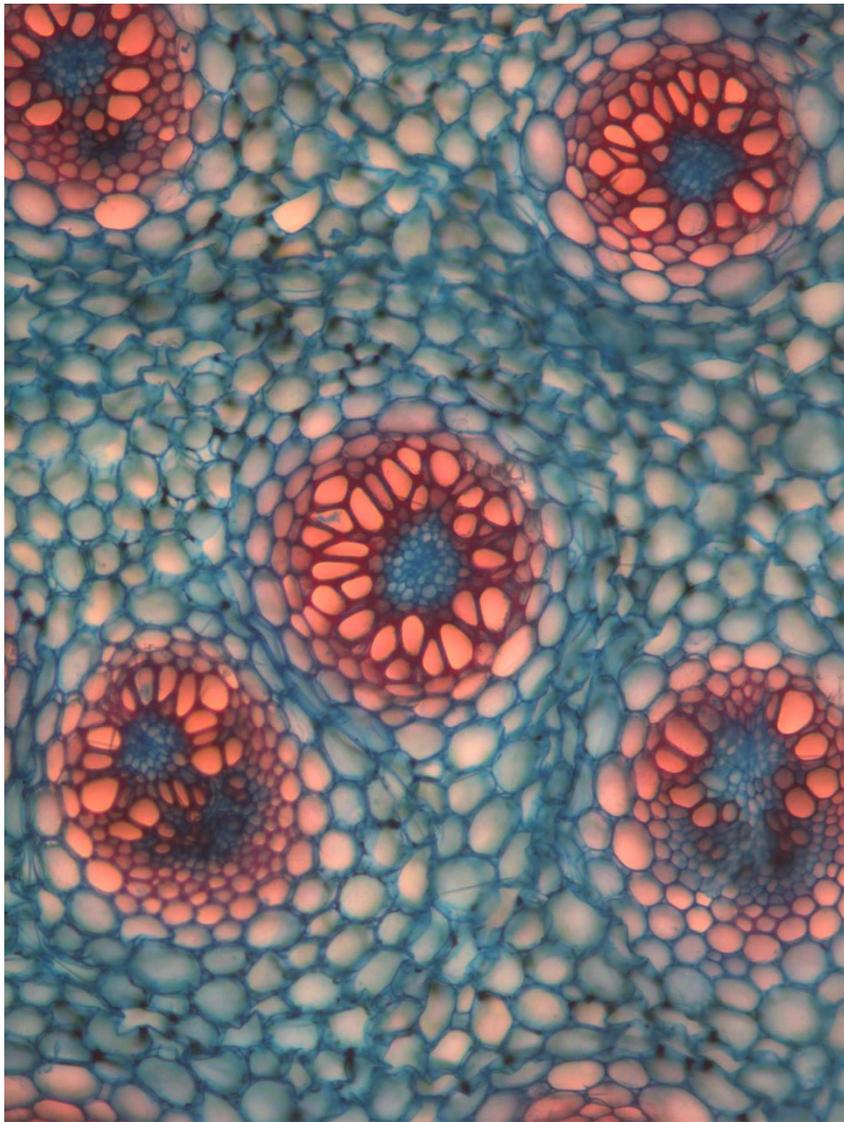


Região
meristemática
formando feixes e
parênquima

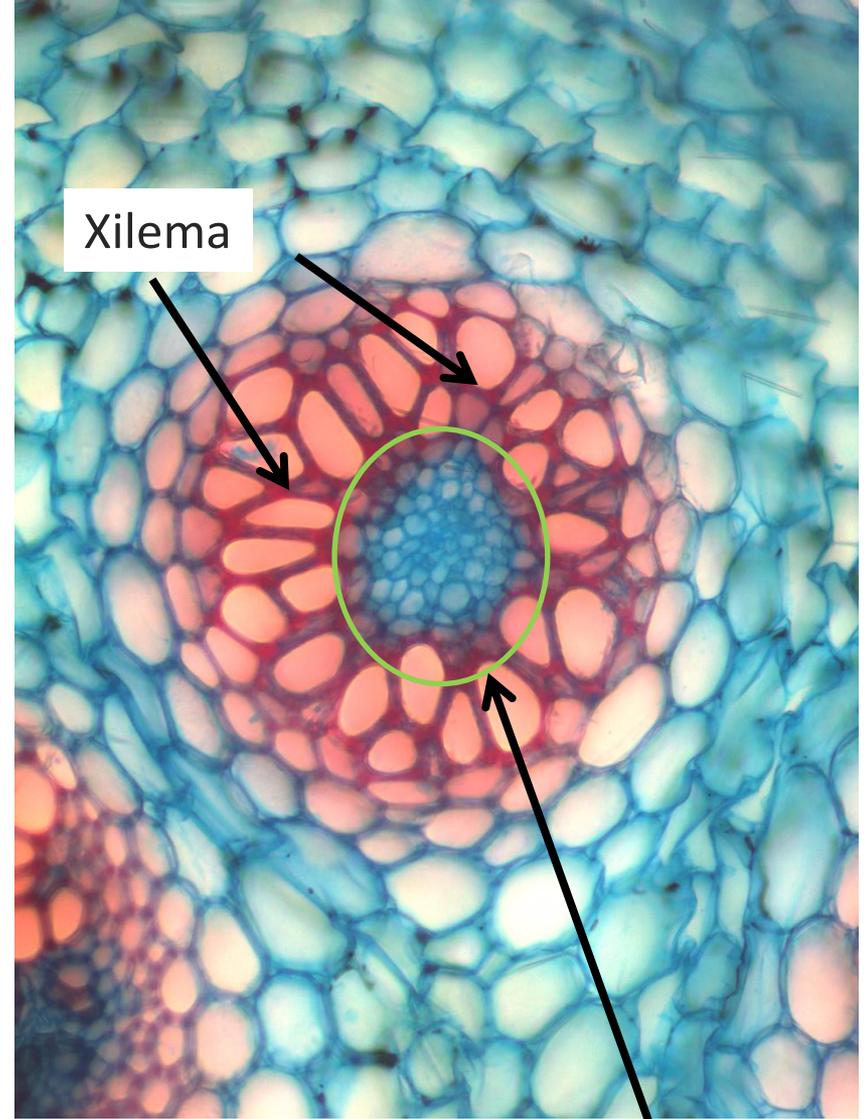
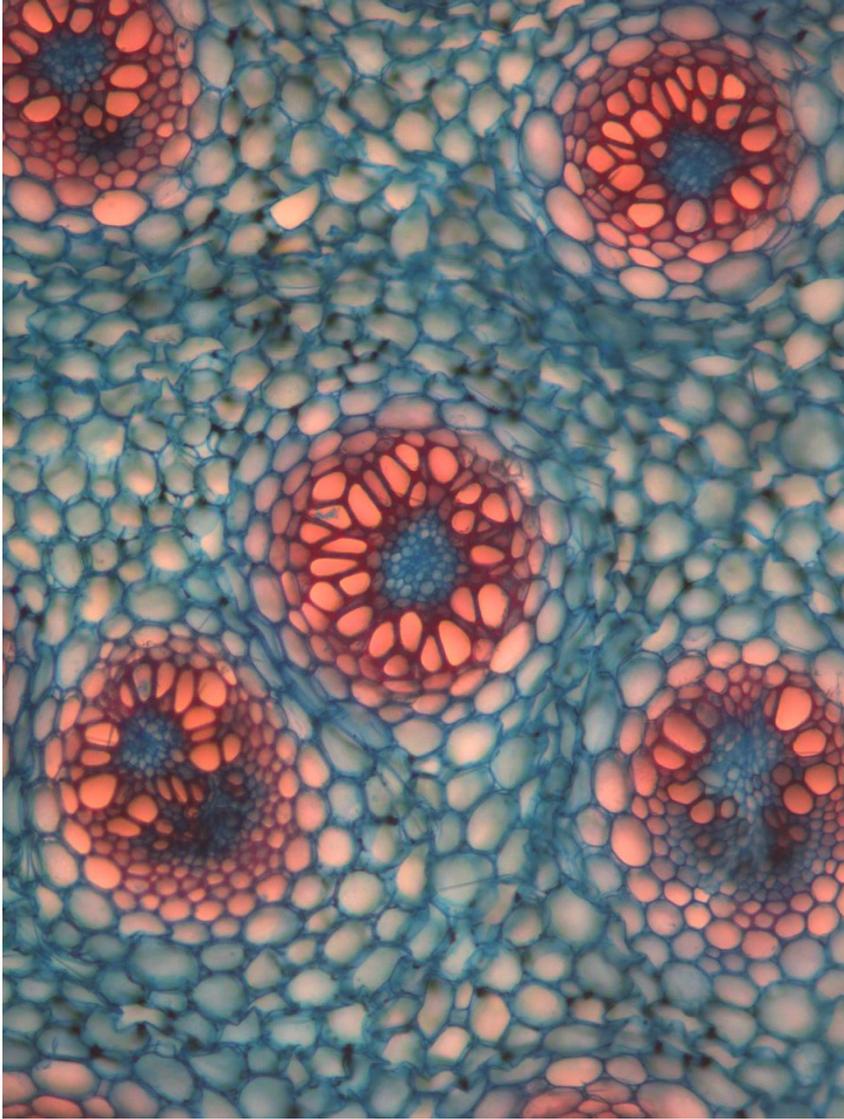
Cordyline sp – caule



Cordyline sp - caule



Cordyline sp – caule – detalhe dos feixes anfigvasais



Cordyline sp – caule – detalhe dos feixes

Floema