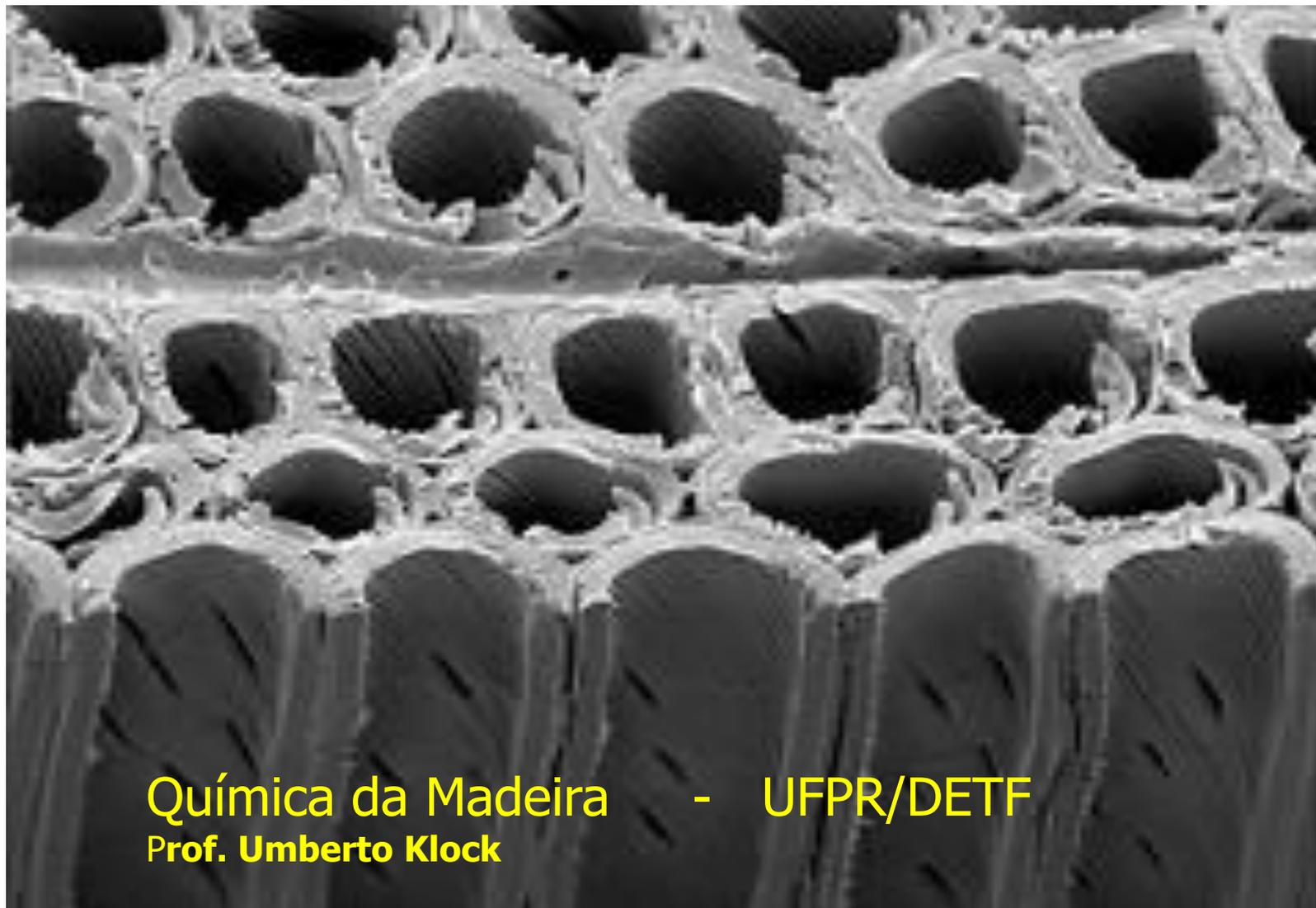


Ultraestrutura da Parede Celular



Química da Madeira - UFPR/DETF
Prof. Umberto Klock

- ***Ultraestrutura da Parede Celular***
- **Sob forte magnificência da luz visível, várias camadas podem ser reconhecidas nas paredes celulares da madeira.**
- **Uma demarcação clara entre as camadas individuais pode ser vista com microscópio eletrônico. Com a ajuda deste instrumento, o conhecimento atual da composição estrutural das paredes celulares da madeira foi obtido entre os anos 50 e 70.**

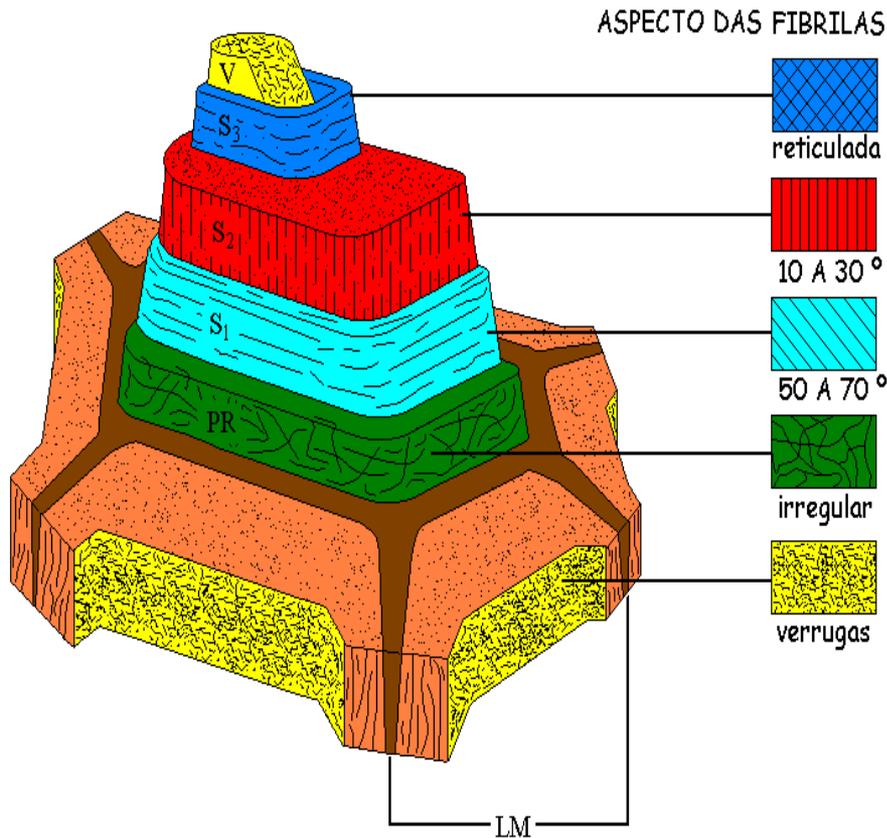
Ultraestrutura da Parede celular

- O arranjo concêntrico das camadas da parede celular é causado pelas diferenças na composição química e pela diferente orientação dos elementos estruturais.
- Nesta ordem de magnitude os componentes são subdivididos em:
- *Componente estrutural* → **CELULOSE**
- *Componentes sub-estruturais* → **POLIOSES**
→ **LIGNINA.**

Ultraestrutura da Parede celular

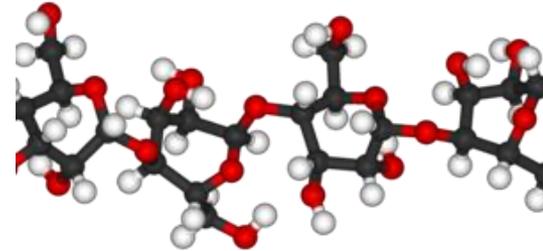
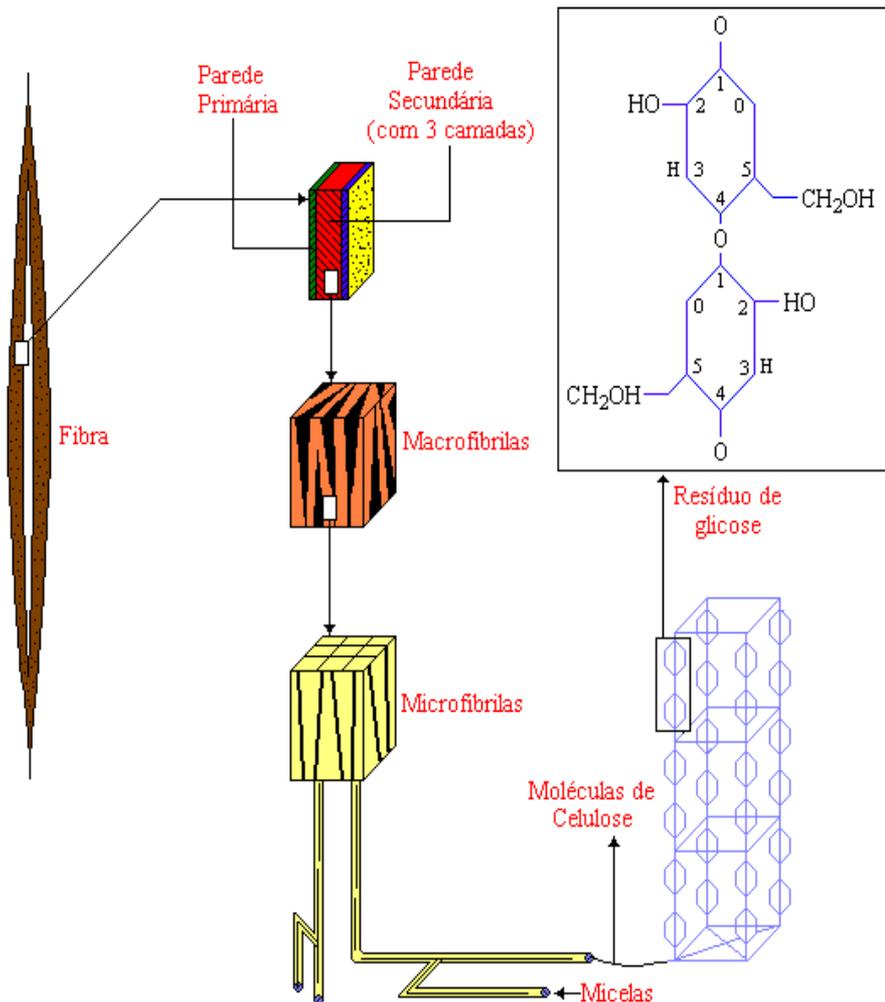
- Quando as polioses e lignina são removidos, a textura do elemento celulósico, chamado **fibrila**, é visível.
- Várias observações em microscópio eletrônico deram origem a um modelo de construção da parede celular da madeira:

Ultraestrutura da parede celular



LM = lamela Média
P = Parede Primária
S1 = Camada 1 da Parede Secundária
S2 = Camada 2 da Parede Secundária
S3 = Camada 3 da Parede Secundária
W = camada verrugosa (warts)

Formação da parede celular



- Molécula de glucose
- Celubiose
- Moléculas de celulose
- Fibrila elementar
- Microfibrila
- Macrofibrila
- Fibra ou célula

Ultraestrutura da Parede celular

DIMENSÕES

5 Å

Até 0,015 mm

Cerca de 75 Å de Ø

De 150 - 250 Å

Cerca de 400 Å Ø

S₂ = 70% áreas cristalinas

P = 45%

SUBSTÂNCIAS

Glucose

Moléculas de celulose

Fibrila elementar
(cerca de 40 moléculas)

Microfibrila
(de 10 a 20 fibrilas elementares)

Macrofibrila
(cerca de 20 microfibrilas)

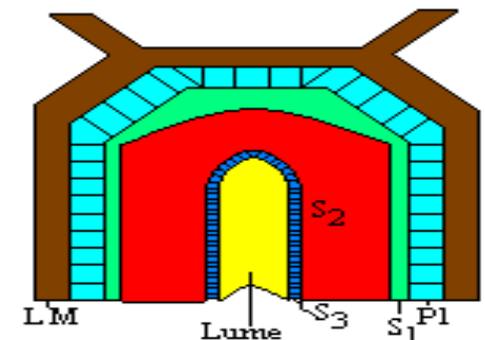
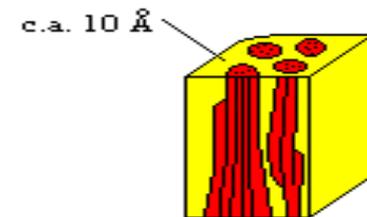
Lamelas
camadas da parede
celular

LM (P, S₁, S₂, S₃)
parede celular

REPRESENTAÇÕES

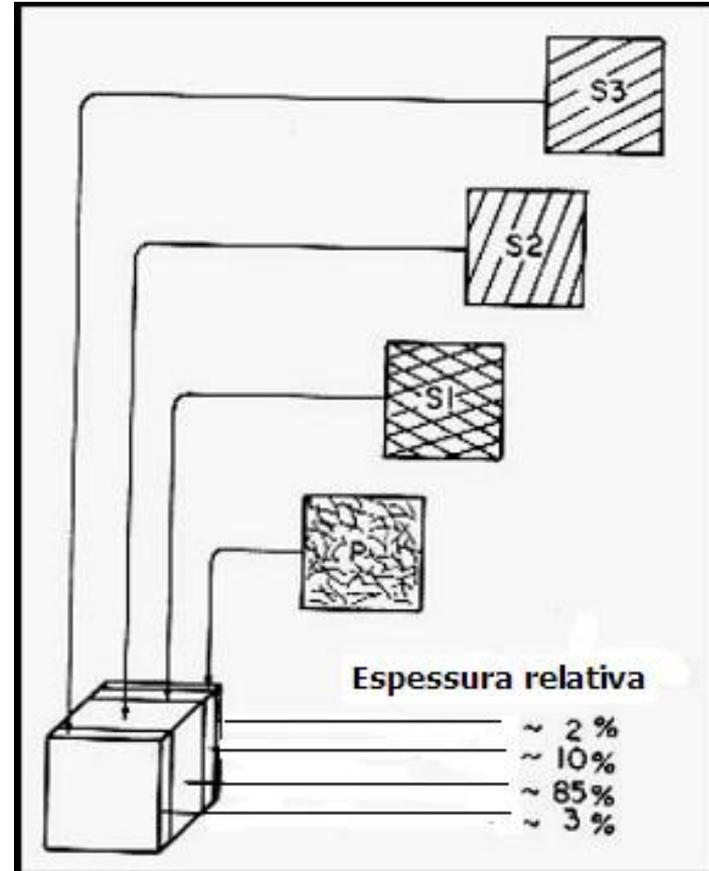
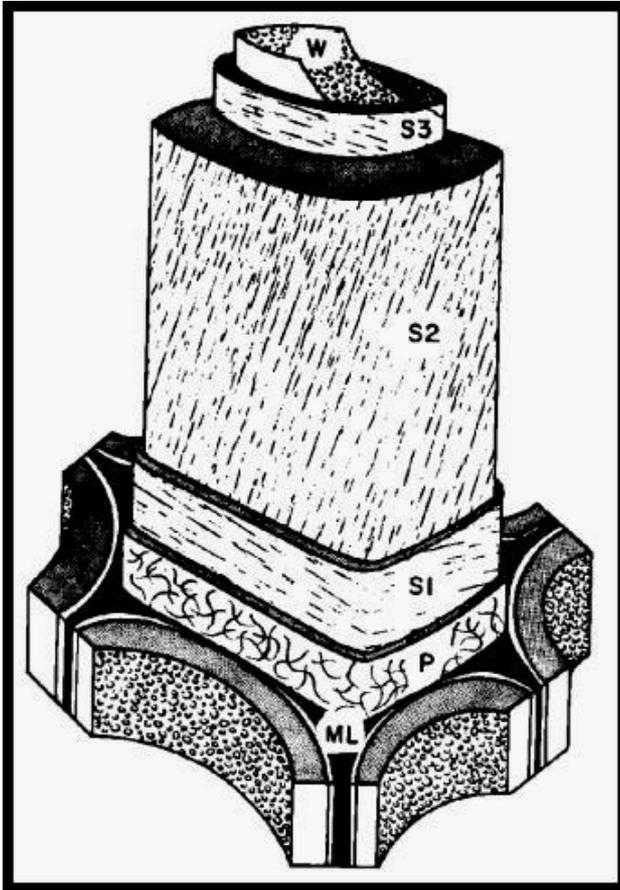


C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C

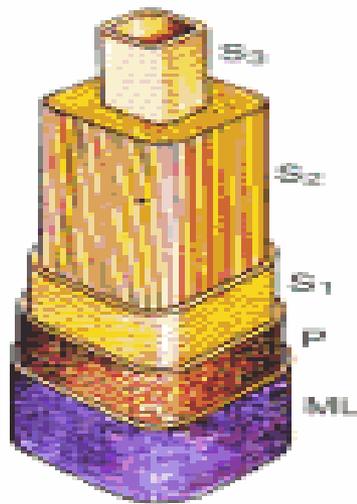


Ultraestrutura da Parede celular

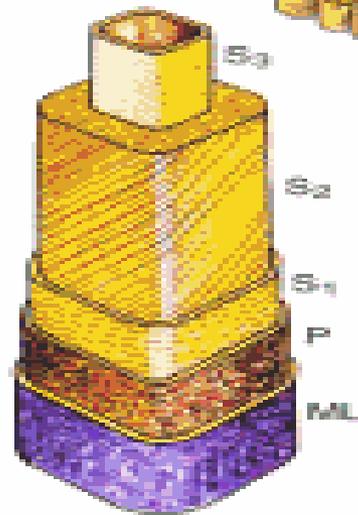
Ângulo microfibrilar



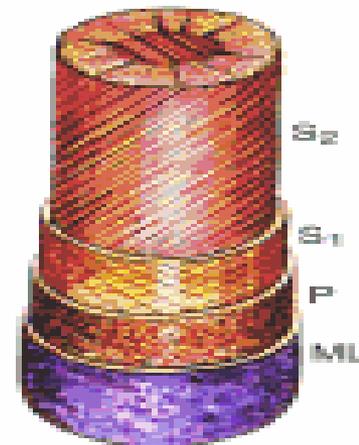
Diferenças na ultraestrutura das paredes celulares



Madeira adulta



Madeira juvenil

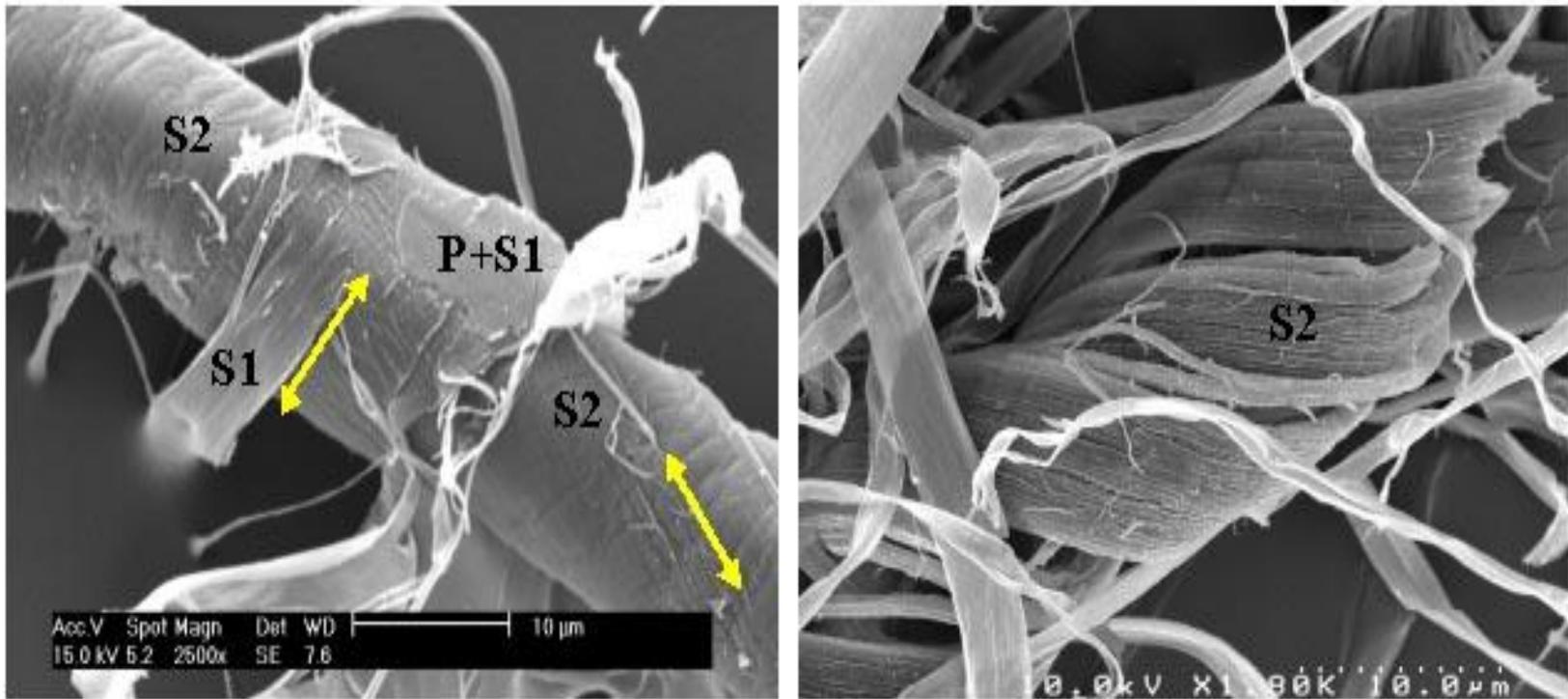


Madeira de reação

Camadas da Parede Celular

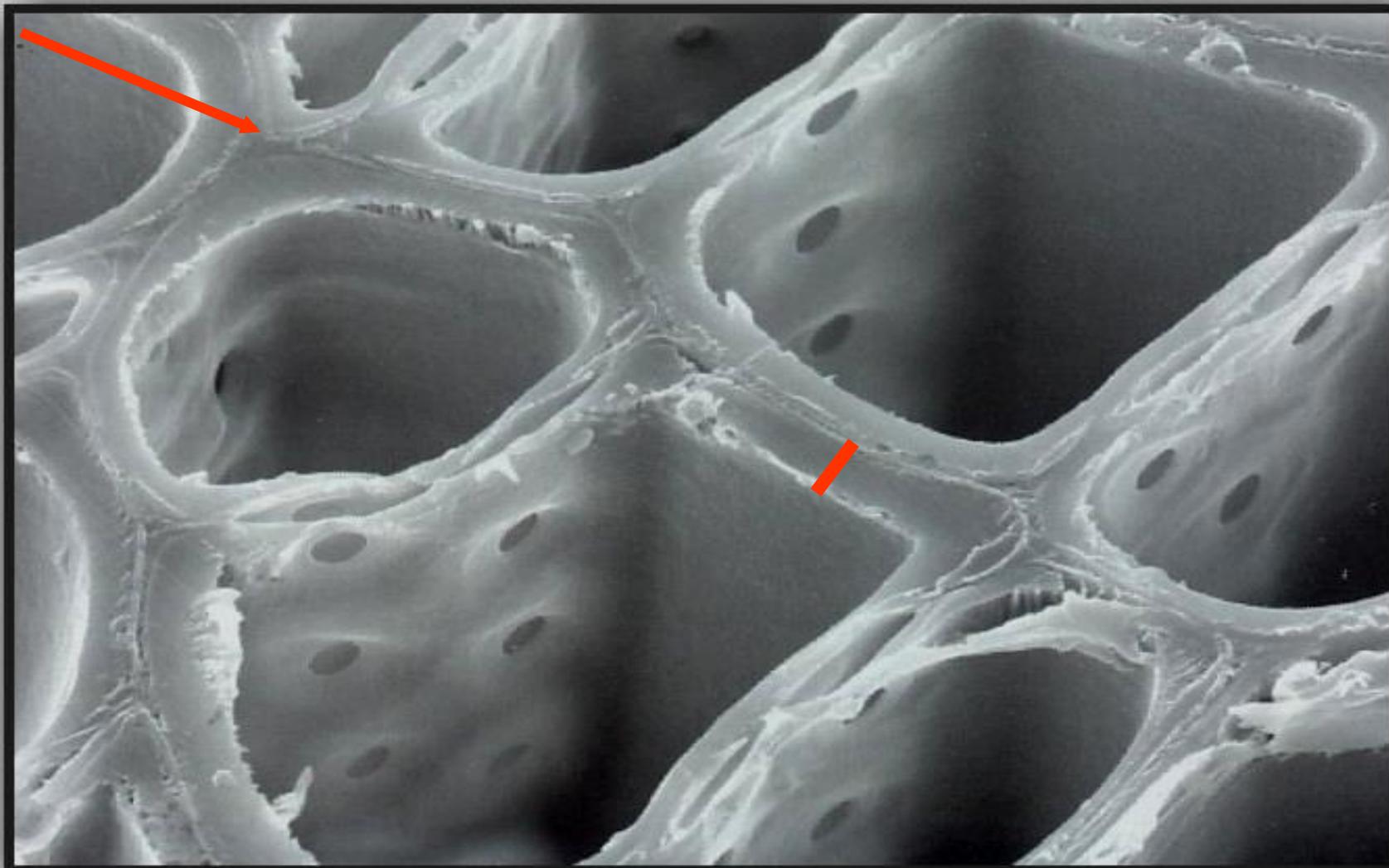
Camada	Espessura, μm	Composição
LM	0,2-1,0	lignina, pectinas
P	0,1-0,2	celulose, polioses, pectinas, proteínas
S1	0,2-0,3	Celulose, polioses, lignina
S2	1,0-5,0	celulose, polioses, lignina
S3	0,1	celulose, polioses, lignina

Camadas da parede celular



Fibras de pasta mecânica

Paredes celular



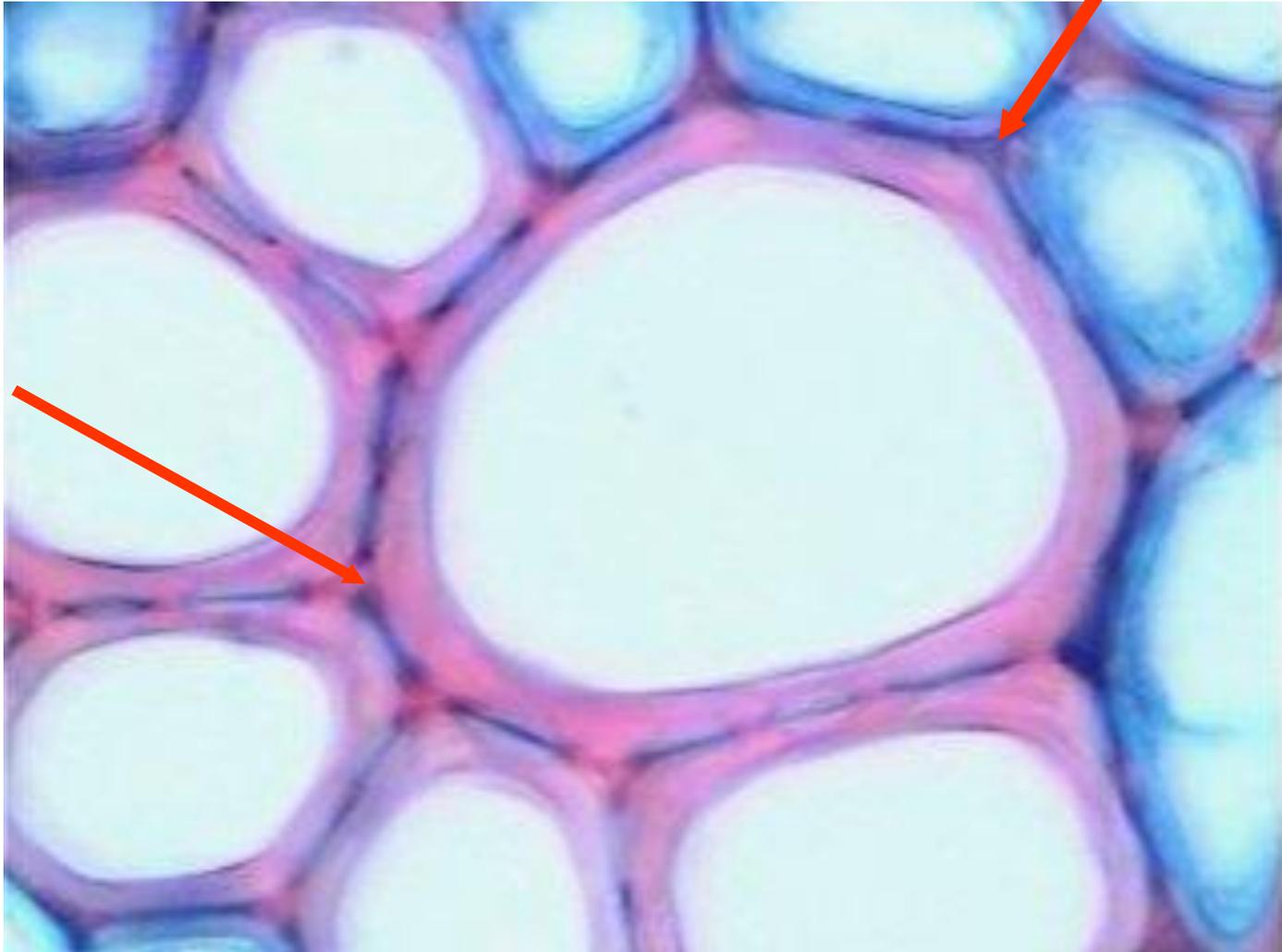
- **LAMELA MÉDIA**

- **Entre as células individuais há uma fina camada a *lamela média*, a qual une (cola) as células entre si, formando o tecido. Embora fibrilas simples possam cruzar a lamela média, esta camada é em princípio livre de celulose.**

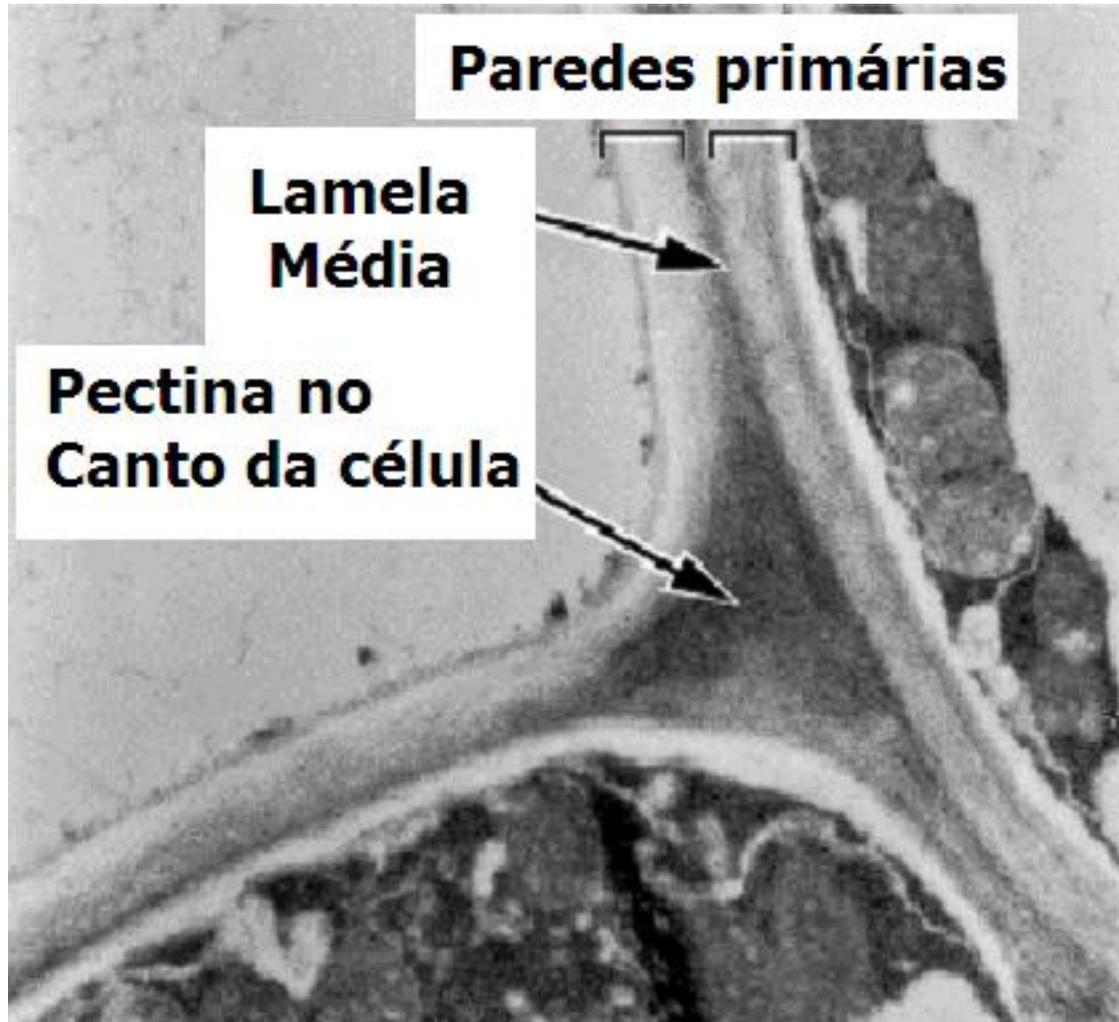
Ultraestrutura da Parede celular

- A transição da lamela média para a camada adjacente da parede celular não é muito clara, de tal forma, que para a lamela média e a camada adjacente (**parede primária**) é usado o termo **lamela média composta**.
- A **lamela média** é altamente lignificada, apresentando substâncias pécticas principalmente no estágio inicial de formação. Sua espessura com exceção dos cantos das células é de 0,2 a 1,0 μ m.

Lamela média



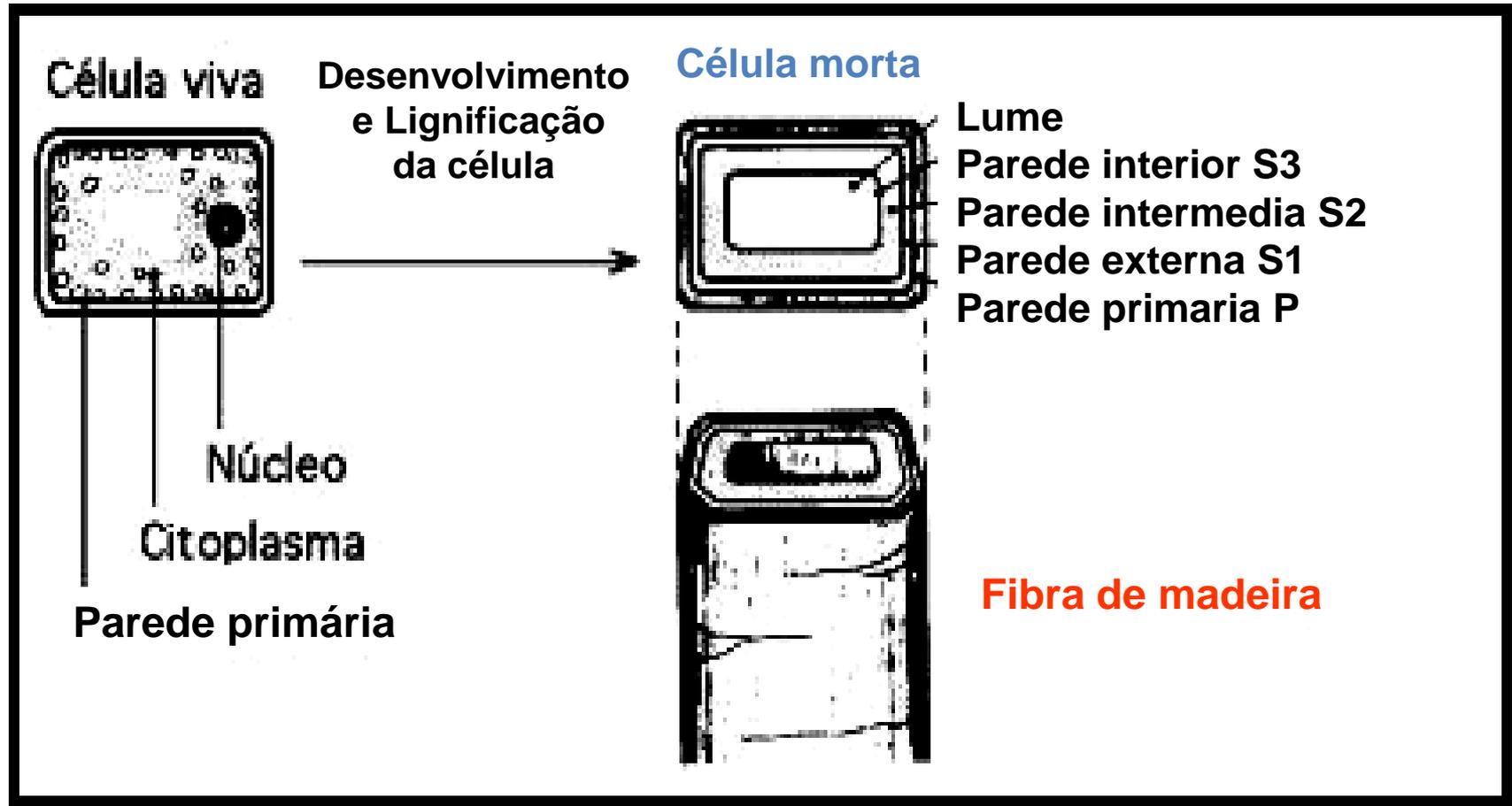
Ultraestrutura da Parede celular



PAREDE PRIMÁRIA

- Na **Parede Primária (P)** as fibrilas de celulose são arranjadas em delgadas camadas que se cruzam formando um aspecto de redes. A parede primária é a primeira camada depositada durante o desenvolvimento da célula, este sistema permite uma expansão (crescimento) da célula jovem. Por consequência, a orientação das fibrilas na camada mais externa é mais oblíqua.
- Ressalta-se que a quantidade de celulose na Parede Primária é muito limitada, contém também polioses (hemiceluloses), pectina e proteínas imersos numa matrix de lignina, sua espessura varia de 0,1 a 0,2 μ m.

Parede Primária



PAREDE SECUNDÁRIA

- A **Parede Secundária**, é a camada espessante da célula, depositada sobre a parede primária após seu crescimento superficial ter-se completado. Consiste de três camadas:
 - **externa - S1**
 - **média - S2**
 - **interna - S3**
- O espessamento da parede secundária é considerável, podendo variar de 1 a 10 μ m. A porcentagem de celulose podendo chegar a 90% ou mais, resultando num arranjo denso e paralelo dependendo das fibrilas.

PAREDE SECUNDÁRIA – S1

- Na **camada S1**, com espessura de 0,2 a 0,3 μm , as fibrilas de celulose se apresentam em orientação helicoidal suave. Existem várias subcamadas extremamente finas que se sobrepõe. Sendo as lamelas muito finas, o arranjo helicoidal (espiral) das fibrilas pode ser visível como um arranjo cruzado em certas espécies.
- O ângulo formado entre as fibrilas em relação ao eixo da célula considerada pode variar entre 50 e 70°. É mais lignificada, assemelhando-se neste sentido mais à parede primária, sendo também mais resistente ao ataque de fungos que a S2.

PAREDE SECUNDÁRIA – S1



PAREDE SECUNDÁRIA - S2



PAREDE SECUNDÁRIA – S2

- A **camada S2** é a mais espessa da parede celular, forma a porção principal da célula, com espessamento variando de 1 a 9 μ m. Nesta camada as fibrilas estão dispostas em ângulos que variam entre **10 e 30°** em relação ao eixo axial da célula, diminuindo com o aumento do comprimento da célula.

PAREDE SECUNDÁRIA – S2

- **A variação do ângulo formado pelas fibrilas de celulose em relação ao eixo axial das células é o resultado de um número de influências internas e externas, as quais são difíceis de identificar.**
- **Porém de maneira geral as variações existem dentro de um anel de crescimento onde o ângulo decresce do início do lenho inicial ao fim do lenho tardio, no sentido radial. Em anéis anuais sucessivos o ângulo decresce continuamente da medula para a casca, até um estado em que permanece constante, ou apenas sujeito a pequenas mudanças.**

PAREDE SECUNDÁRIA – S3

- A **camada interna S3**, considerada recentemente por alguns autores como parede terciária, por apresentar-se diferente das camadas S3 de células parenquimáticas (também fibras de monocotiledoneas, como bambus, que podem ter ainda quatro ou mais camadas). As fibrilas de celulose são arranjadas numa inclinação suave, porém não numa forma estritamente paralela. Possui uma concentração maior de substâncias não estruturais, o que confere a superfície do lume uma aparência mais ou menos lisa.

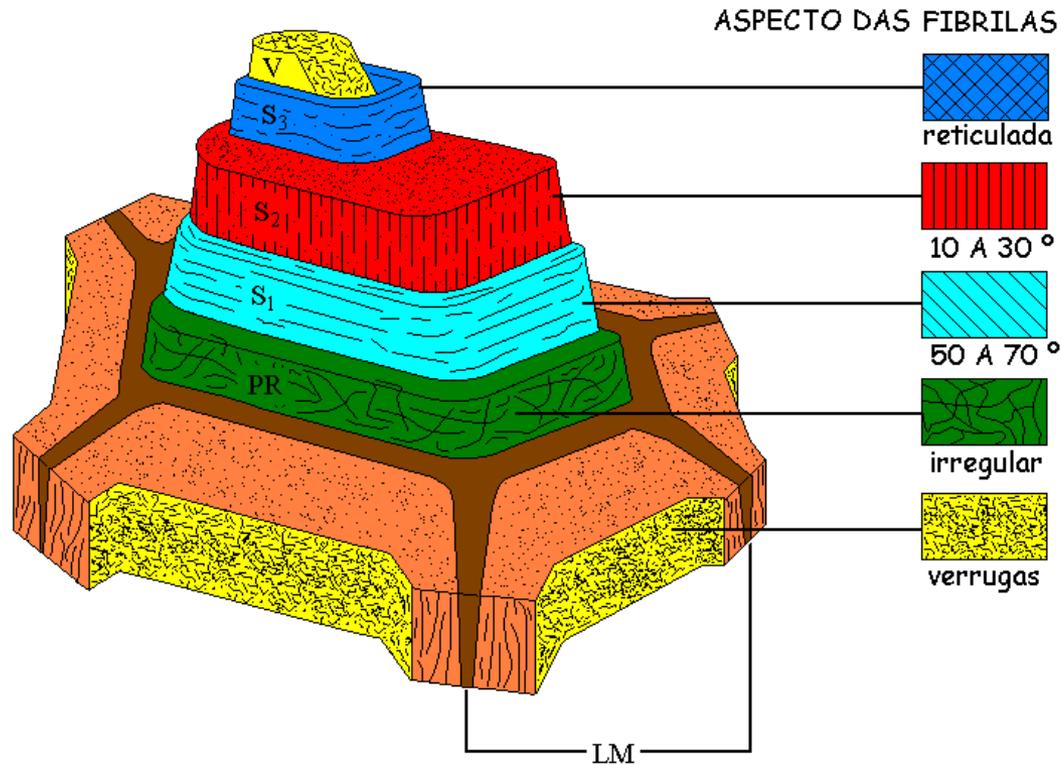
Ultraestrutura da Parede celular

- Finalmente, os traqueóides de coníferas e as fibras libriformes de folhosas mais primitivas apresentam quase sempre uma **camada ou zona verrugosa (warts)**, que é uma membrana delgada e amorfa, localizada na superfície interna da camada S3 ou parede terciária.
- É constituída de material semelhante a lignina em conjunto com pequenas quantidades de hidratos de carbono e substâncias pécticas.

Ultraestrutura da Parede celular

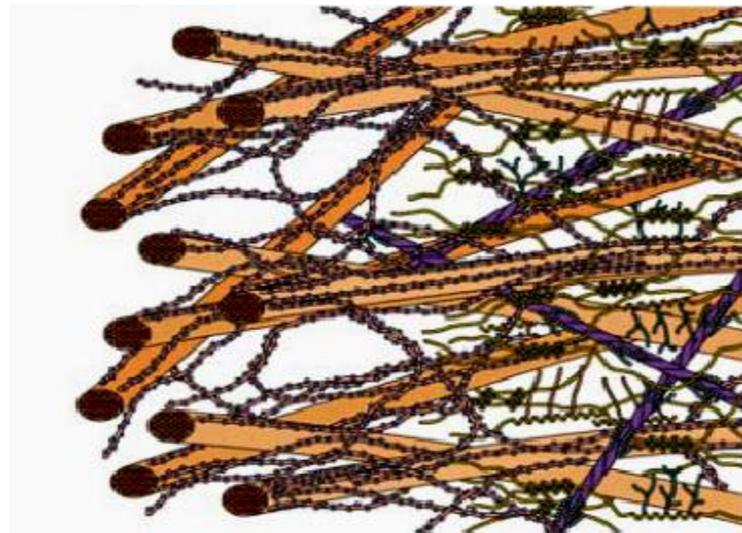
- **Em conjunto, o sistema de arranjo e disposição das fibrilas de celulose, em combinação com as substâncias solidificantes não estruturais conferem às células da madeira uma sólida mas não inflexível constituição, a qual resiste a uma grande gama de forças que nela atuam.**
- **Devido a pequena inclinação das fibrilas a S2 é provida de resistência à tração, enquanto que a S1, na qual as fibrilas bem inclinadas conferem resistência à compressão, ambas ao longo do eixo da célula.**

Ultraestrutura da Parede celular

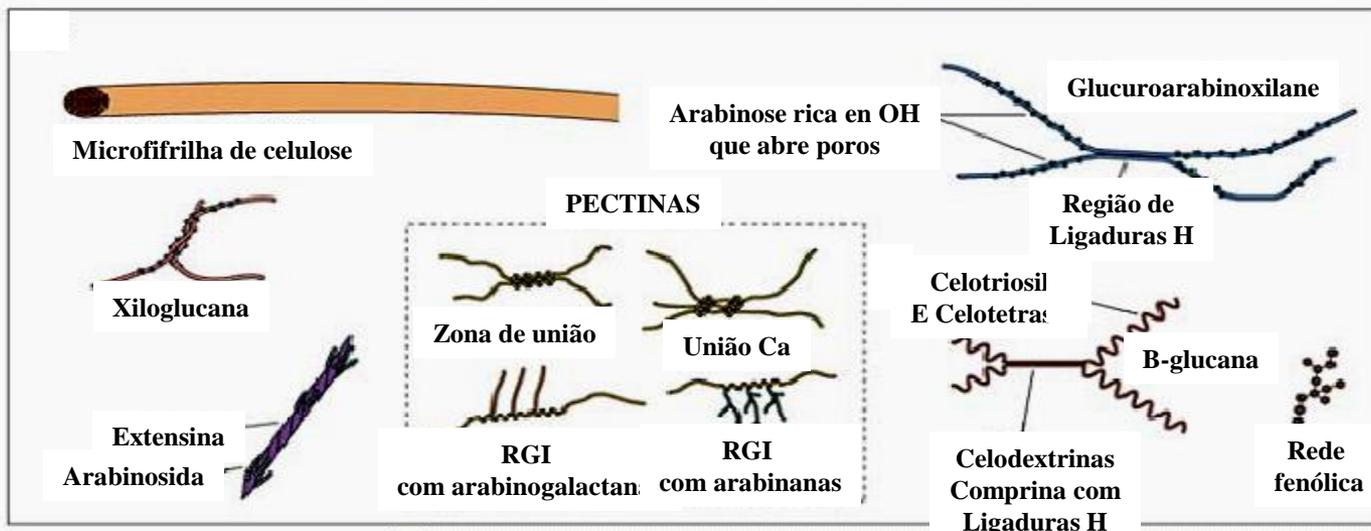
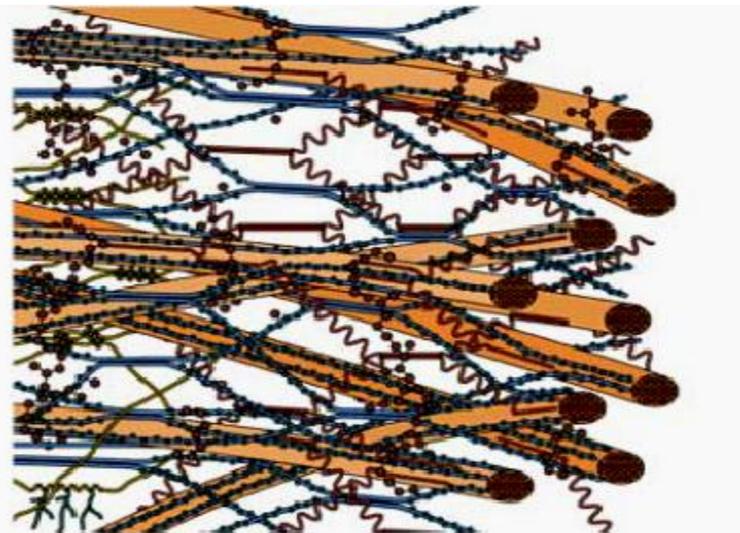


Ultraestrutura da Parede celular

Parede tipo I



Parede tipo II



Final – este material está
disponível na www.madeira.ufpr.br

Notas de aula – Química da Madeira

Trabalho 3: O que é?

1. Microfibrila?
2. Ângulo microfibrilar?
3. Camada S2?
4. Celubiose?
5. Componentes subestruturais?