

11 ESTRUTURA ANATÔMICA DE CONÍFERAS

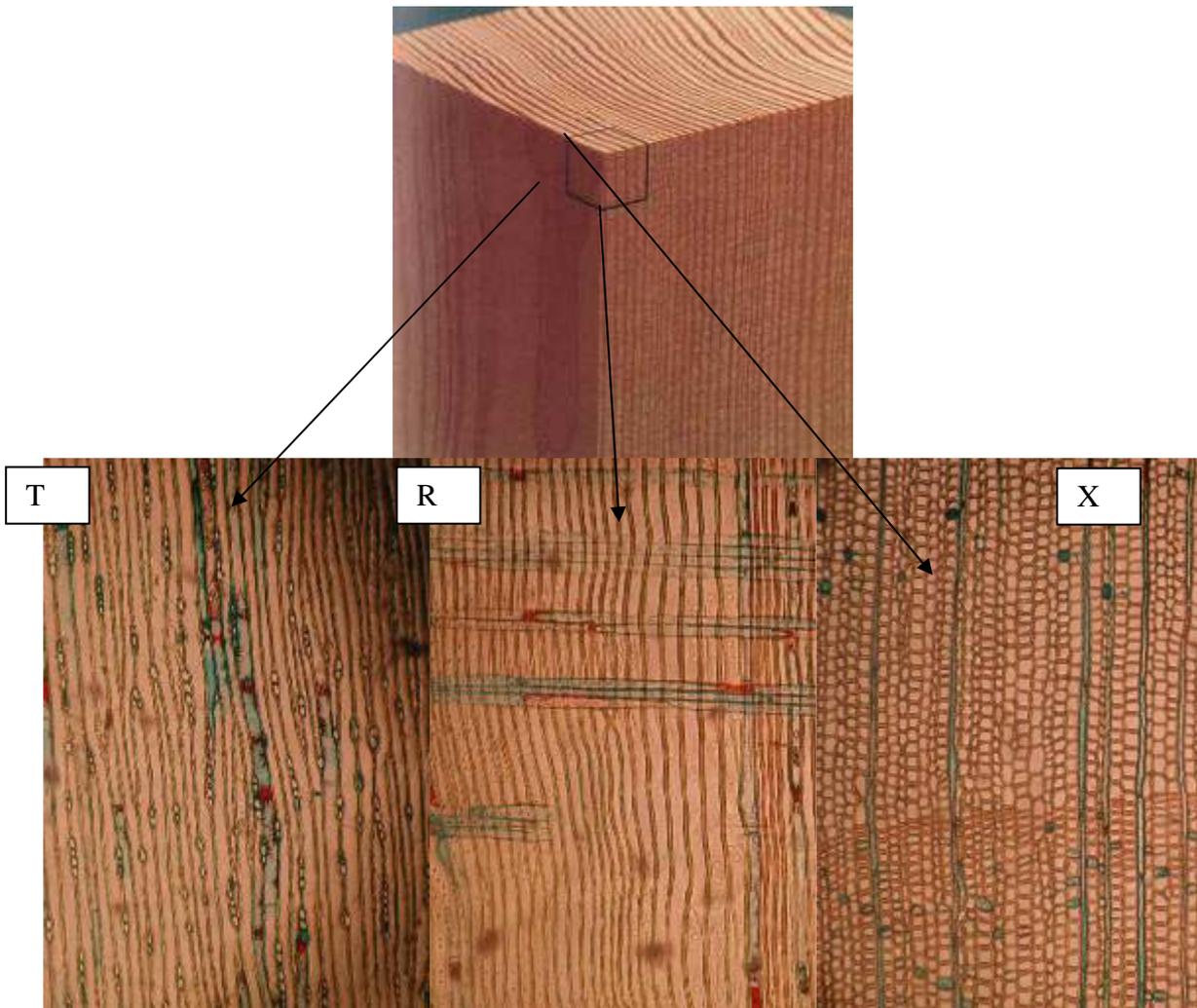


Figura 61: Visão macroscópica da madeira de coníferas (Fonte: Hoadley 2000) Imagens microscópicas de pinheiro bravo (transversal (X), radial (R) e tangencial (T) (Fonte: LANAQM, 2012).

11.1 TRAQUEOIDES AXIAIS

Células alongadas e estreitas, mais ou menos pontiagudas, que ocupam até 95% do volume da madeira (Figura 62). Uma vez formados pelo câmbio, estes elementos celulares têm uma longevidade muito curta, perdem o conteúdo celular, tornando-se tubos ocos de paredes lignificadas, que desempenham as funções de condução e sustentação no lenho. Para que ele realize a circulação de líquidos extraídos do solo pelas raízes nas regiões periféricas do alburno, as paredes destas células apresentam pontoações areoladas, pelas quais os líquidos passam de célula para célula. Estas pontoações podem estar dispostas como: unisseriadas, multisseriadas opostas ou multisseriadas alternas (Figura 63).

Regra geral: as pontoações areoladas se localizam nas paredes radiais dos traqueoides axiais, e menos frequentemente nas tangenciais, por isso o plano de corte radial é o mais indicado para sua visualização.

O comprimento médio dos traqueoides axiais oscila entre 2-5 mm. Além de variar com a espécie, varia com a idade da árvore e localização das células no tronco.

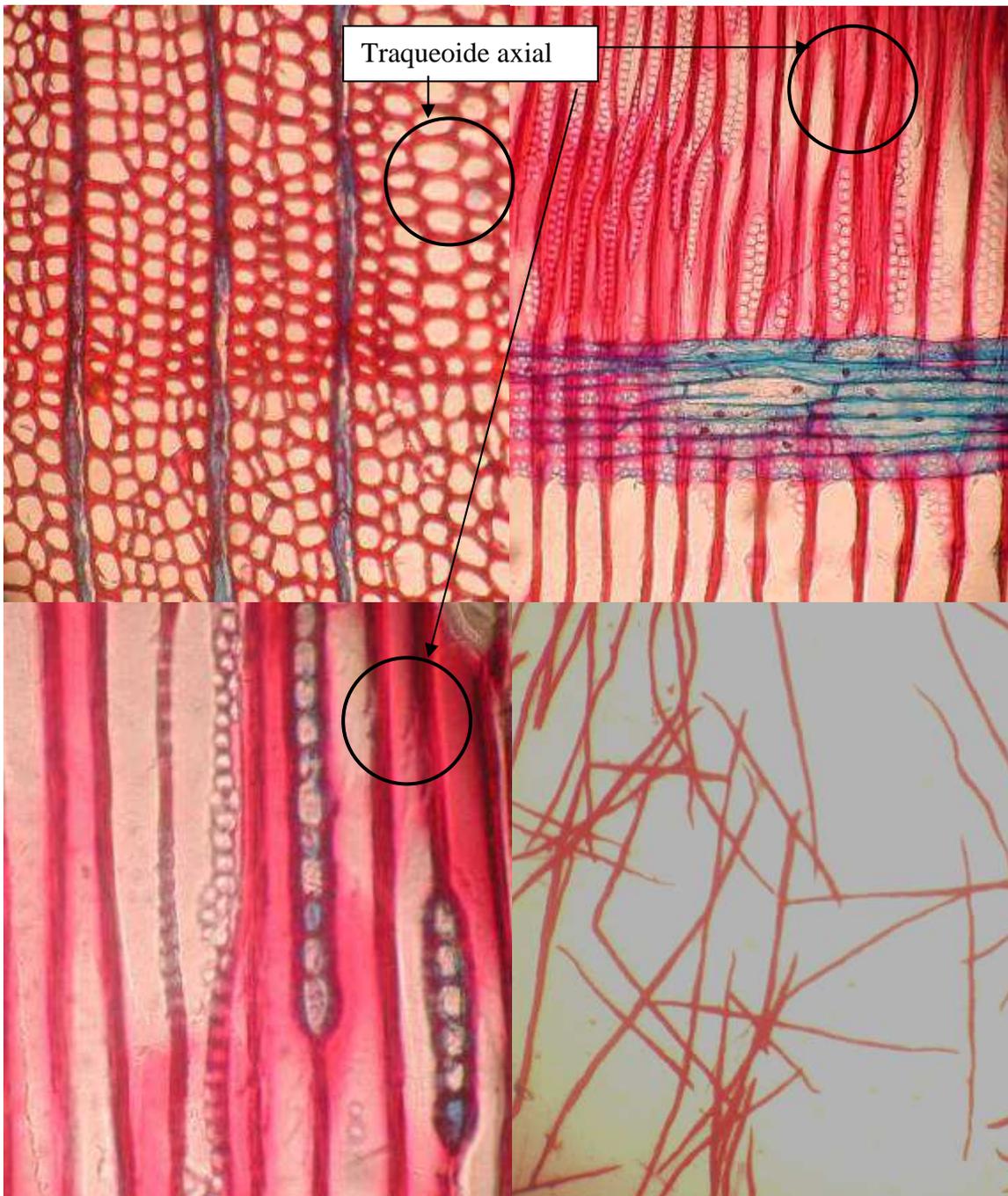
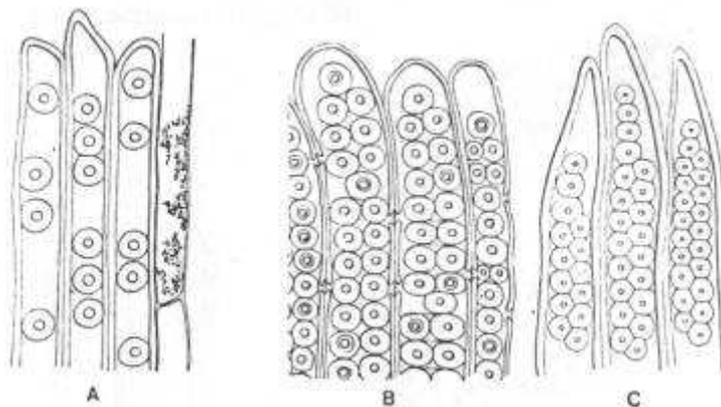


Figura 62: Traqueoides axiais em araucária. (corte transversal, radial, tangencial e isoladamente). (Fonte: LANAQM, 2012).



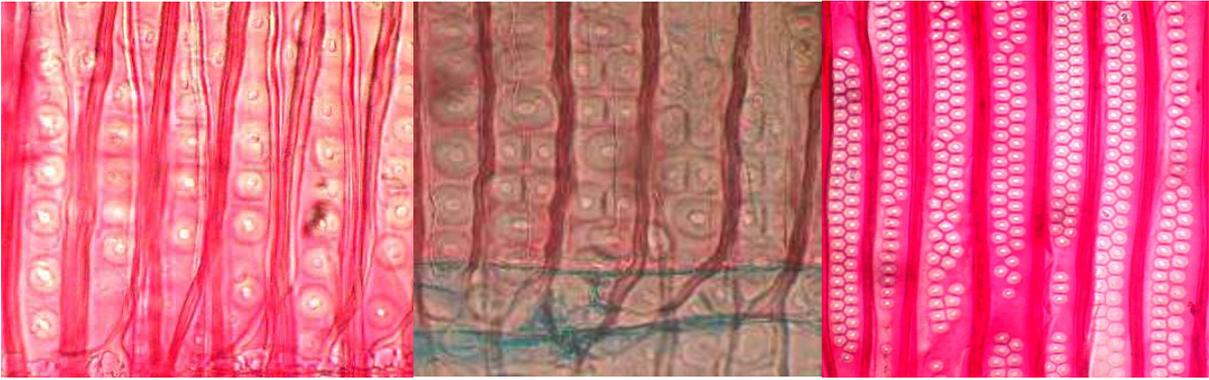


Figura 63: Esquema da disposição das pontoações areoladas nas paredes radiais dos traqueoides axiais: A: unisseriadas; B: multisseriadas opostas; C: multisseriadas alternas. (Fonte: BURGER e RICHTER, 1991). Pontoações em *Podocarpus* sp.; *Pinus elliotii*; *Araucaria angustifolia* (Fonte: LANAQM, 2012).

Em algumas espécies ocorrem espessamentos diferenciados como espiralado ou helicoidal, crássulas ou barras de sânio.



Figura 64: Espessamento espiralado em *Taxus baccata* (Fonte: LANAQM, 2015); crássulas (seta) em *Picea mexicana* (Fonte: Siegloch e Marchiori, 2015).

11.2 PARÊNQUIMA RADIAL (TRANSVERSAL OU RAIOS)

Faixas de células parenquimáticas de altura, largura e comprimento variáveis, que se estendem radialmente no lenho, em sentido perpendicular ao dos traqueoides axiais, cuja função é armazenar, transformar e conduzir transversalmente substâncias nutritivas. Células parenquimáticas caracterizam-se por apresentar paredes relativamente finas, na maioria dos casos, não lignificadas, e pontoações simples.

Podem ser constituídos unicamente de células parenquimáticas (**raios homogêneos**), como em *Podocarpus* e *Araucaria*; ou apresentar traqueóides radiais em suas margens (**raios heterogêneos**) como em *Cedrus* e *Cupressus* (Figuras 65-66).

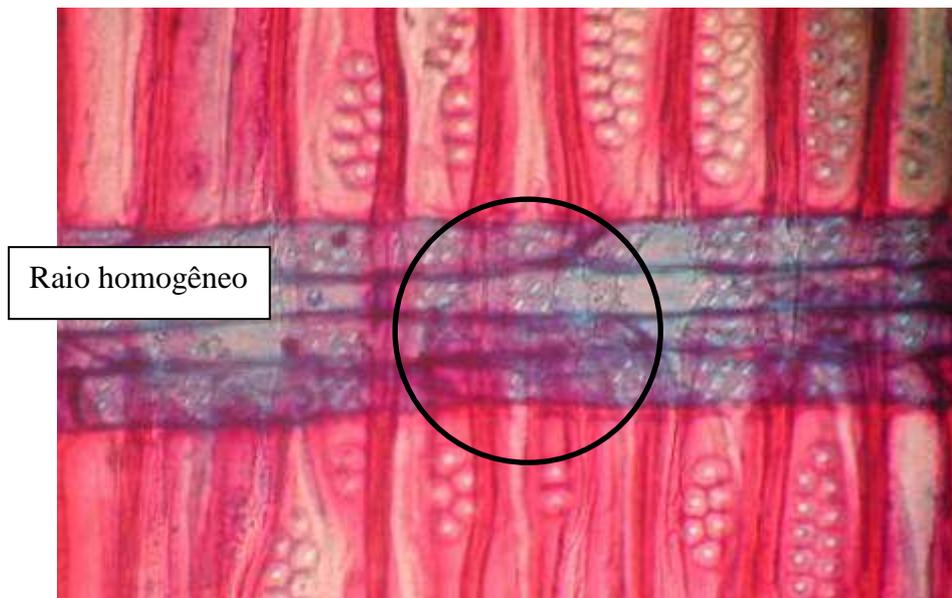


Figura 65: Raio homogêneo em araucária (Fonte: LANAQM, 2012).

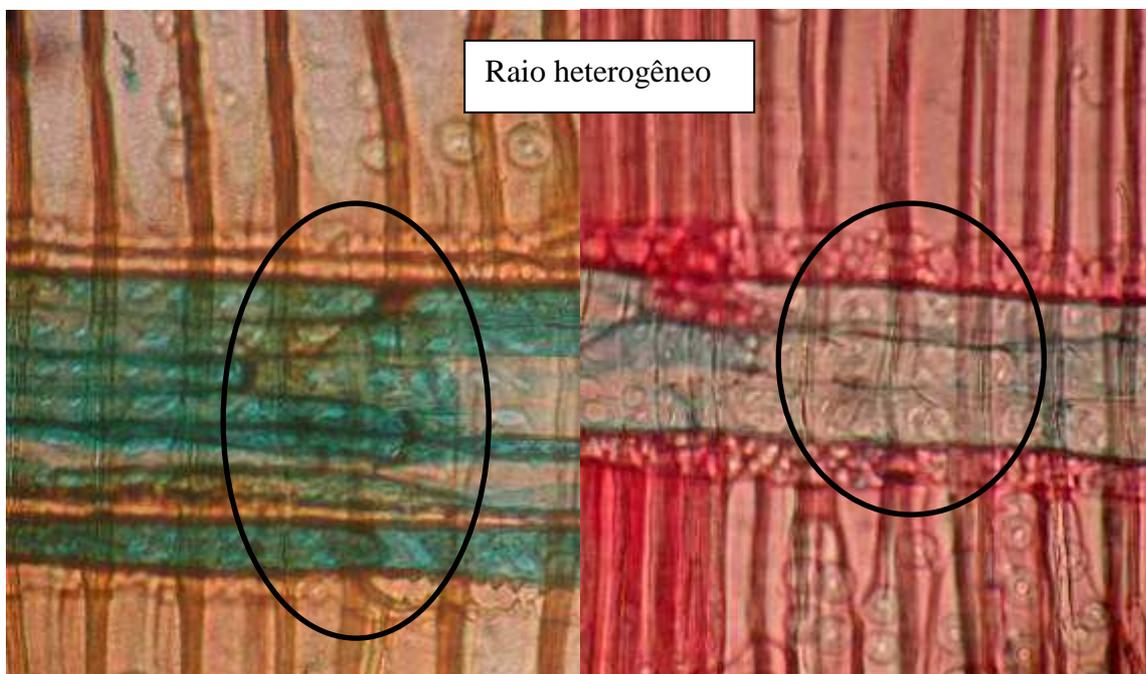


Figura 66: Raios heterogêneos em pinus (Fonte: LANAQM, 2012).

Nos gêneros *Pinus*, *Picea*, *Larix* e *Pseudotsuga*, os raios heterogêneos, além de células parenquimáticas comuns e traqueoides radiais, podem apresentar canais resiníferos delimitados por células parenquimáticas epiteliais produtoras de resina. Neste caso, são mais alargados, recebendo o nome especial de **raios fusiformes**. Os raios das coníferas são finos, normalmente unisseriados, isto é, possuem apenas uma fiada de células quando vistos em seção tangencial, e menos freqüentemente, bi ou trisseriados (Figura 67).



Figura 67: Raios unisseriados e fusiformes em pinus (Fonte: LANAQM, 2012).

Pontoações do campo de cruzamento (área de contato entre as células parenquimáticas dos raios e os traqueoides axiais.).

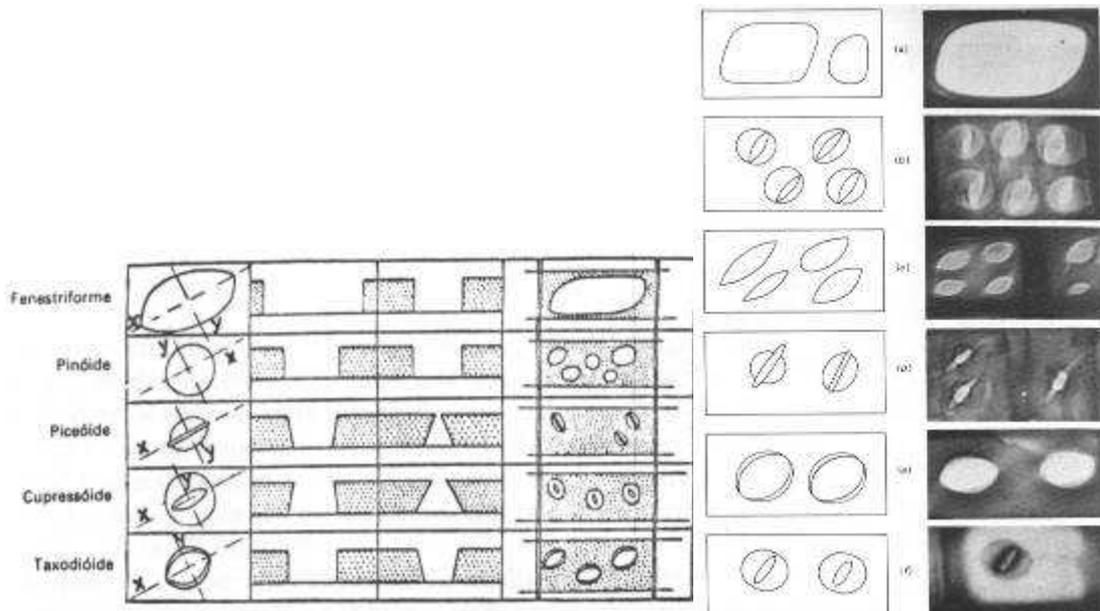


Figura 68: Pontoações do campo de cruzamento (Fonte: BURGER e RICHTER, 1991; IAWA).

11.3 TRAQUEOIDES DOS RAIOS (TRAQUEOIDES RADIAIS)

São células da mesma natureza dos traqueoides axiais, portanto caracterizadas pela presença de pontoações areoladas em suas paredes, porém bem menor que aqueles. Dispõem-se horizontalmente e ocorrem associados aos raios, normalmente formando sua margem superior e inferior, e só raramente, encontram-se no seu interior ou independente deles.

Sua presença é característica em alguns gêneros como em *Pinus* e *Picea*, ao passo que em outros estão sempre ausentes (*Araucária*). Têm como função a condução transversal de nutrientes no lenho e a sustentação do vegetal. Frequentemente, suas paredes internas

apresentam espessamentos denteados ou identuras, e, em algumas espécies, espessamentos espiralados de importância taxonômica.

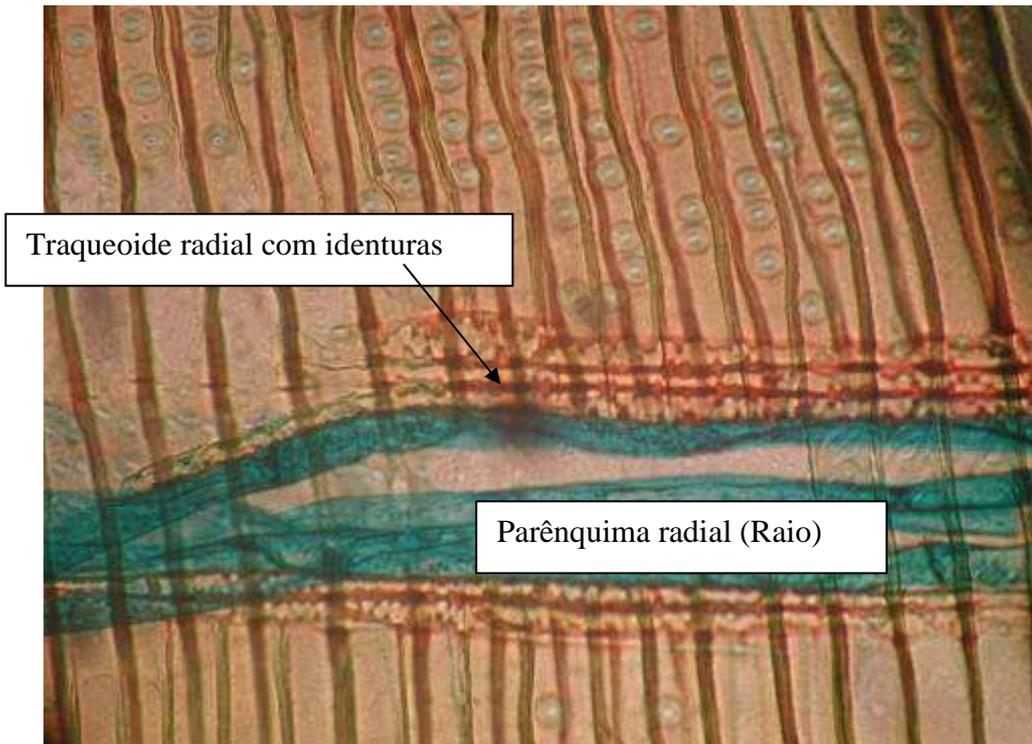


Figura 69: Traqueoides radiais em pinus (Fonte: LANAQM, 2012).

11.4 PARÊNQUIMA AXIAL

São células de forma retangular e paredes normalmente finas e não lignificadas, bem mais curtas do que os traqueoides axiais, que têm por função o armazenamento de substâncias nutritivas no lenho.

Nem sempre ocorre nas coníferas. Está presente, por exemplo, nas podocarpáceas, pináceas e cupressáceas, e ausente nas araucariáceas. Quando existentes, podem estar dispersas pelo lenho (*difuso – Podocarpus*), formando faixas junto aos limites dos anéis de crescimento (*marginal – Cedrus*) ou associado aos canais resiníferos (*Pinus*) (Figura 70). Apresentam grande longevidade e pontoações simples.

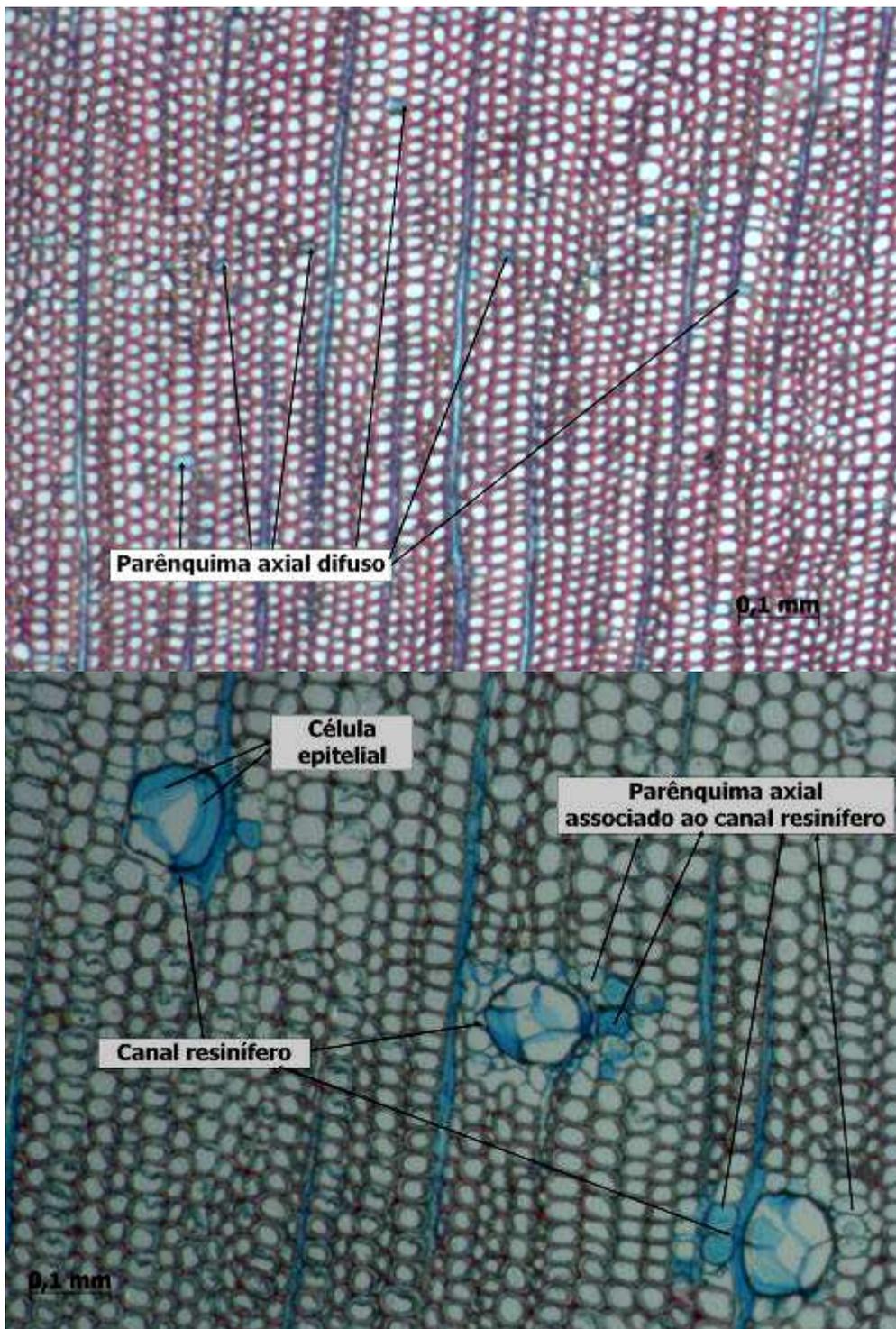


Figura 70: Parênquima difuso em *Podocarpus* sp. e associado ao canal resinífero em *Pinus* sp. (Fonte: LANAQM, 2015).

11.5 CÉLULAS EPITELIAIS

Células de parênquima axial, especializadas na produção de resina, que delimitam os canais resiníferos formando um epitélio. Morfologicamente, distingue-se dos elementos de parênquima axial normal por serem mais curtas e hexagonais, e conterem um núcleo grande e denso citoplasma enquanto vivas.

Podem apresentar paredes espessas e lignificadas, como em *Picea*, *Larix* e *Pseudotsuga*, ou paredes finas, não lignificadas, como em *Pinus*.

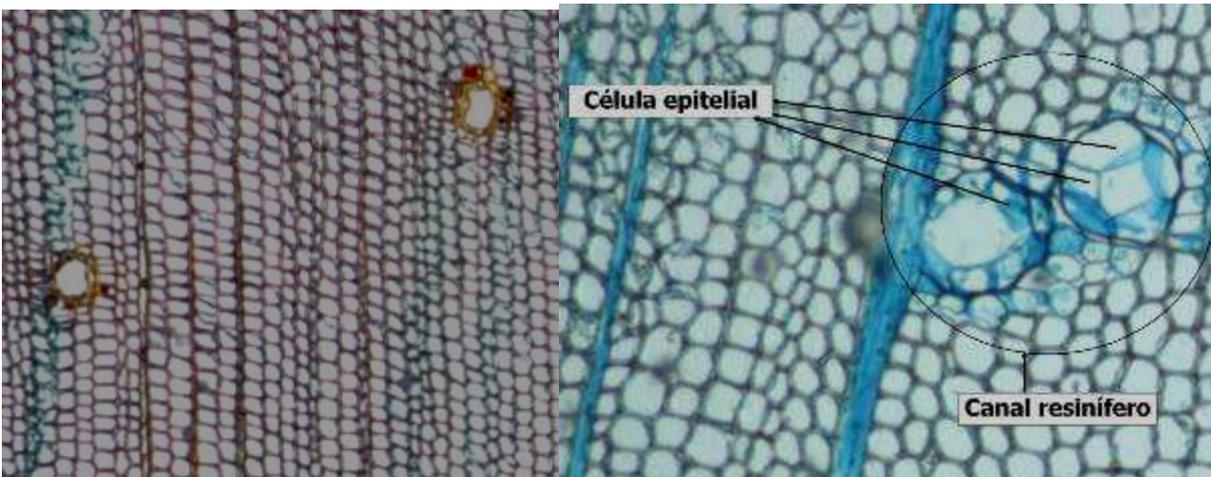


Figura 71: Célula epitelial de parede espessa em *Pseudotsuga* e parede fina em *Pinus* (Fonte: LANAQM, 2015).

11.6 CANAIS RESINÍFEROS

São espaços intercelulares, delimitados por células epiteliais, que neles vertem a resina. Podem ocupar no lenho a porção vertical (canais resiníferos axiais ou longitudinais) (Figura 72) ou horizontal (canais resiníferos radiais ou transversais), sendo que neste caso ocorrem sempre dentro de um raio (raio fusiforme) (Figura 73).

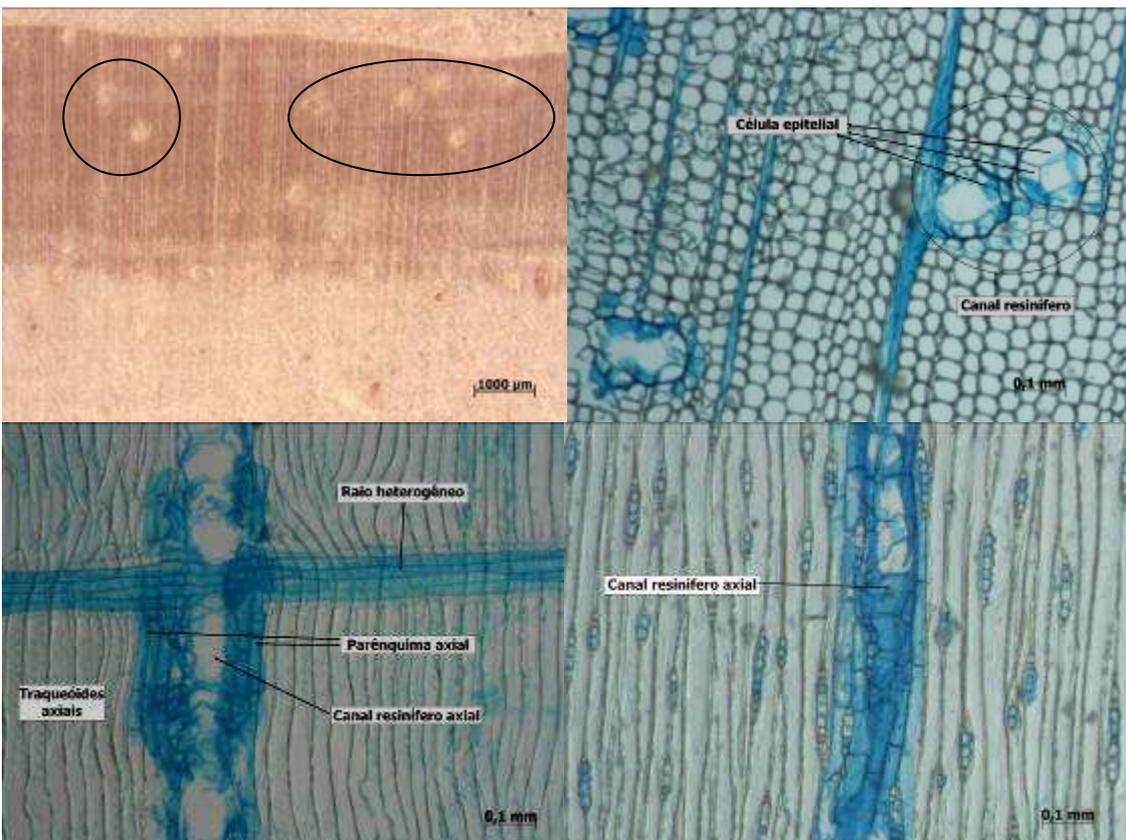


Figura 72: Canal resinífero vertical (axial) em *Pinus elliotii* (Fonte: LANAQM, 2015).

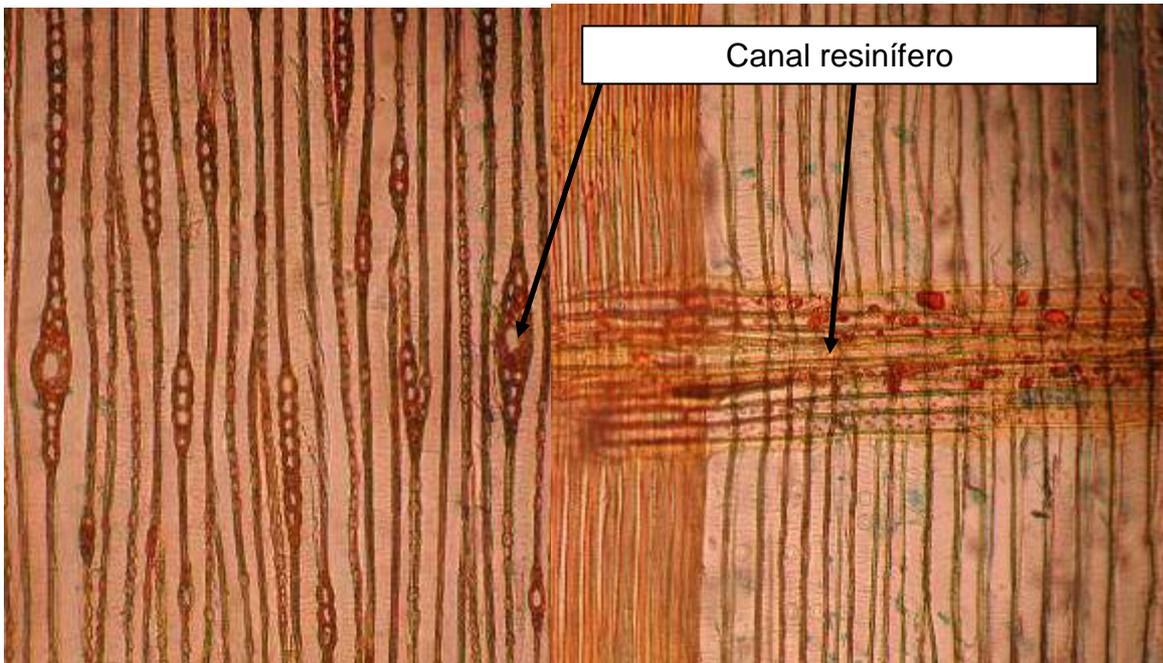


Figura 73: Canal resinífero radial em *Pseudotsuga macrolepis* (Fonte: LANAQM, 2012).

Podem surgir em consequência de ferimentos provocados na árvore, mesmo em madeiras em que são normalmente ausentes (*Tsuga* e *Abies*), e são designados *canais resiníferos traumáticos* (Figura 74). Estes canais apresentam uma distribuição em faixas tangenciais regulares, correspondente à época em que foram originados, enquanto os normais estão difusos no lenho.

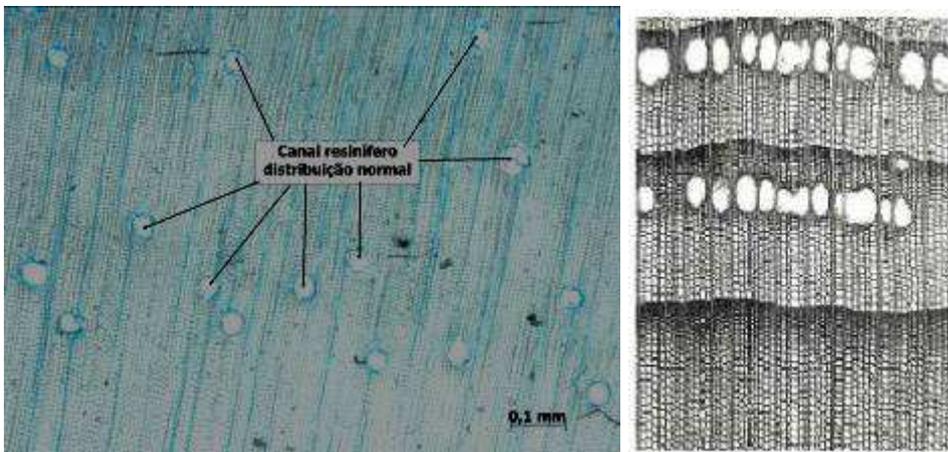


Figura 74: Canal resinífero normal (Fonte: LANAQM, 2015) e traumático (Fonte: internet).

11.7 TRAQUEOIDES EM SÉRIE VERTICAIS

Tipo especial de traqueoide, mais curto e de extremidade reta, muito semelhante morfológicamente às células de parênquima axial, das quais se distingue pela presença de pontoações areoladas e paredes relativamente espessas e lignificadas. Têm como função a condução de líquidos e a sustentação da árvore. Ocorrem principalmente associados aos canais resiníferos, junto com as células de parênquima axial.

12 ESTRUTURA ANATÔMICA DE FOLHOSAS

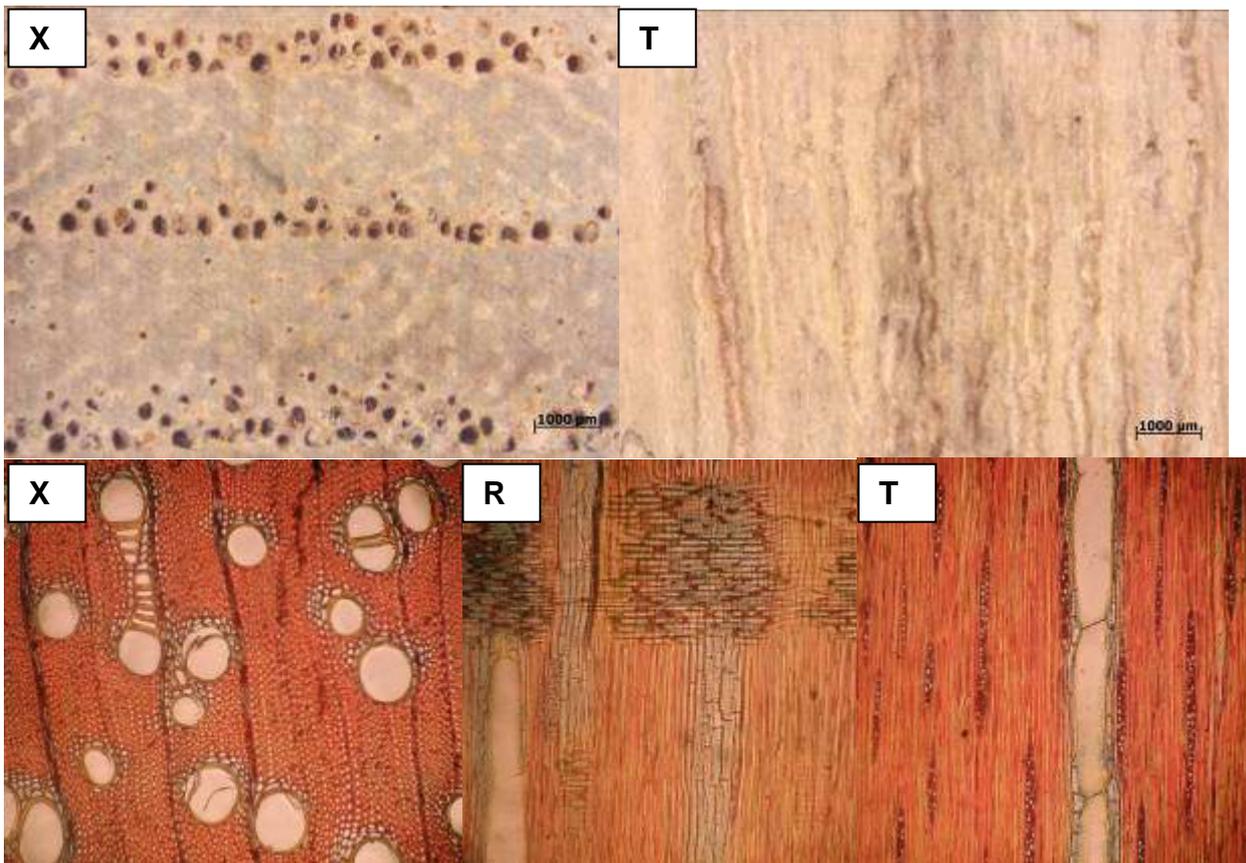


Figura 75: Visão macroscópica da madeira de cinamomo e microscópica de acácia (transversal (X), radial (R) e tangencial (T)) (Fonte: LANAQM, 2012).

12.1 VASOS (POROS)

São estruturas que ocorrem, salvo raras exceções, em todas as folhosas e constituem, por isso, o principal elemento de diferenciação entre estas e as coníferas. Vaso é um conjunto normalmente axial de células sobrepostas (elementos vasculares) formando uma estrutura tubiforme contínua, de comprimento indeterminado, que tem por função a condução ascendente de líquidos na árvore (Figura 76).



Figura 76: Elementos de vaso em *Acrocarpus fraxinifolius* (Fonte: LANAQM, 2012).

Na seção transversal recebem o nome de poros, e sua distribuição, abundância, tamanho e agrupamentos são características valiosas para a identificação das espécies e propriedades tecnológicas da madeira.

Quanto à disposição e diâmetro em relação aos anéis de crescimento, a porosidade (Figura 77) da madeira pode ser:

- Difusa: poros dispersos pelo lenho, independentemente dos anéis de crescimento,
- Em anel poroso ou circular: poros de diâmetro maior no lenho inicial e brusca diminuição no lenho tardio (ex: carvalho, *Quercus* sp.);
- Em anel semiporoso ou semicircular: poros de diâmetro maior no lenho inicial e diminuição gradativa no lenho tardio, como, por exemplo, no cedro (*Cedrela fissilis* Vell. - Meliaceae).

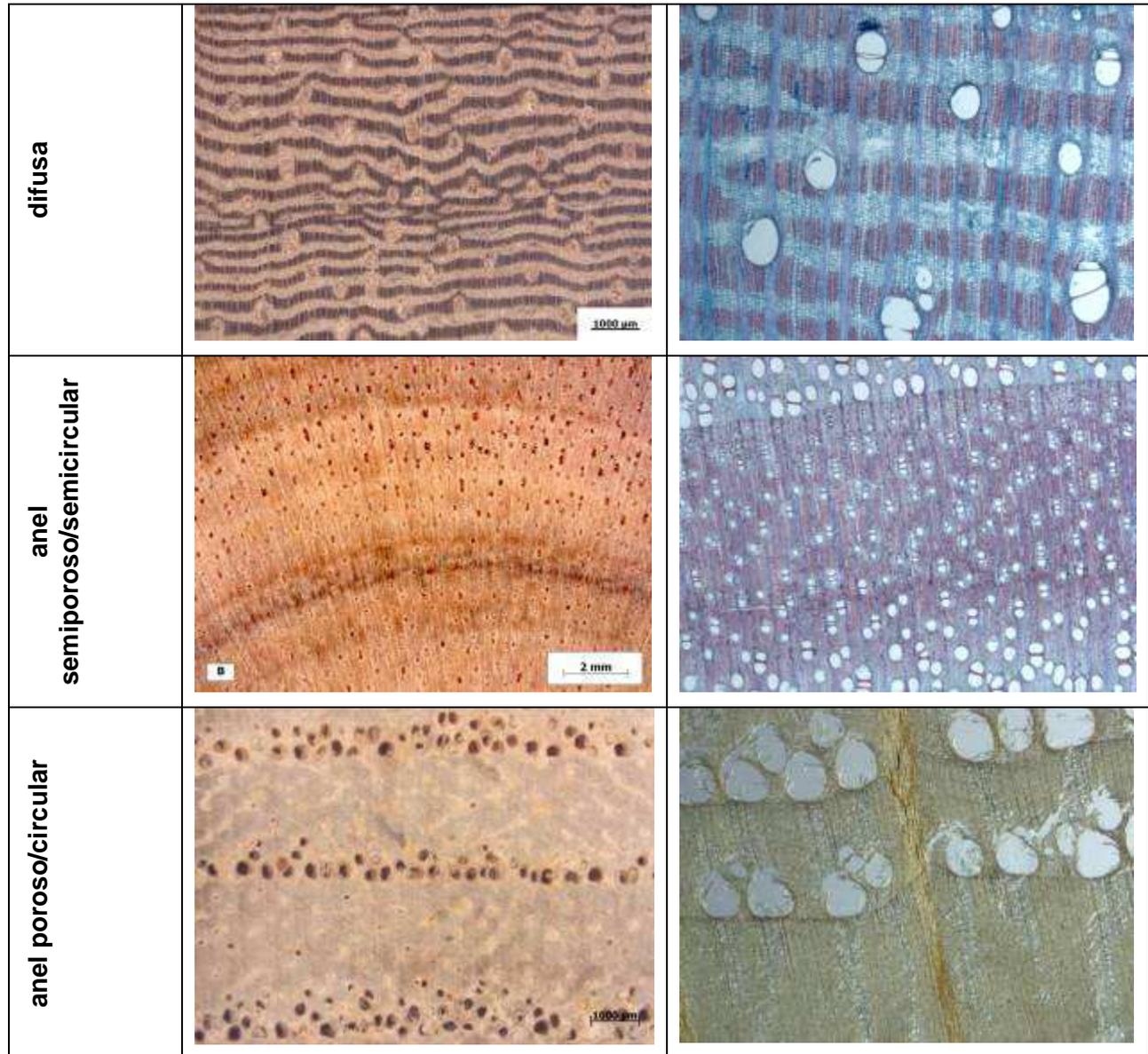


Figura 77: Tipos de porosidade da madeira.

Quanto ao agrupamento, os vasos podem ser solitários e múltiplos (radiais ou tangenciais) e em cachos (grupos) (Figura 78)

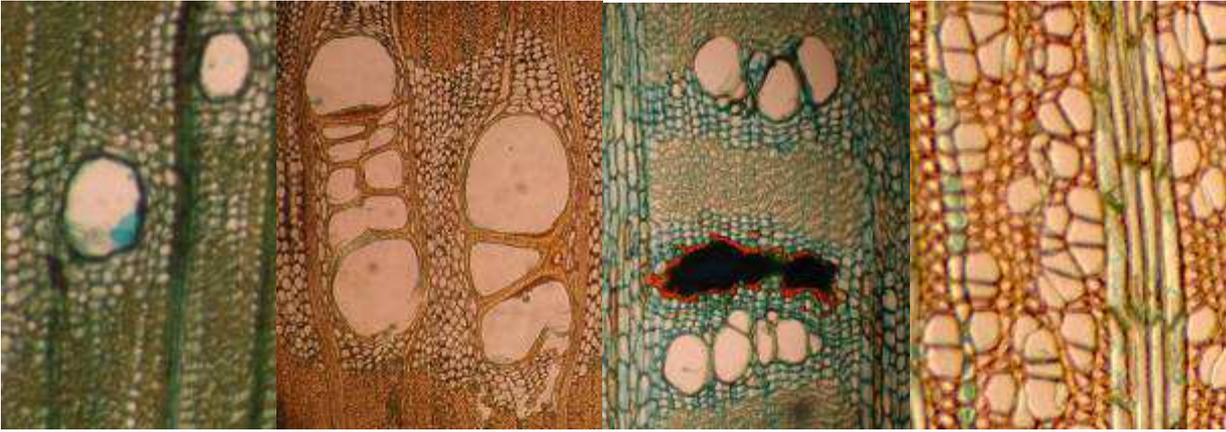


Figura 78: Vasos solitários, múltiplos radiais, múltiplos tangenciais e cachos (Fonte: LANAQM, 2015).

Para permitir a circulação de substâncias líquidas, os elementos vasculares possuem extremidades perfuradas denominadas *placas de perfuração* (Figura 79), que podem ser dos seguintes tipos:

- simples;
- múltipla: escalariforme, reticulada ou foraminada

Além da placa de perfuração, os vasos apresentam pontoações (Figura 80) em suas paredes laterais para comunicação com as células vizinhas, cuja disposição, aspecto tamanho e forma são características de algumas madeiras:

- Pontoações intervasculares: estabelecem contato de vaso para vaso;
- Pontoações parênquimo-vasculares: vaso para parênquima axial;
- Pontoações raio-vasculares: vaso para raio.
- Nas áreas de vaso e fibra existe rara ou nenhuma pontoação.

Quanto à disposição, as pontoações intervasculares podem ser alternas, opostas ou escalariformes.

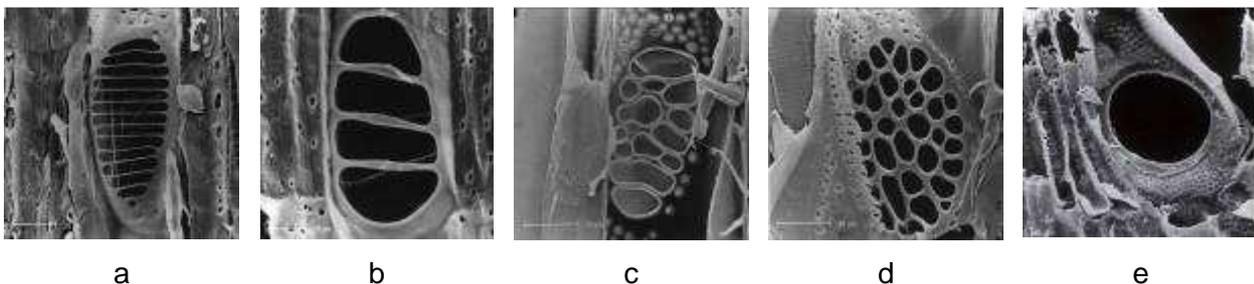
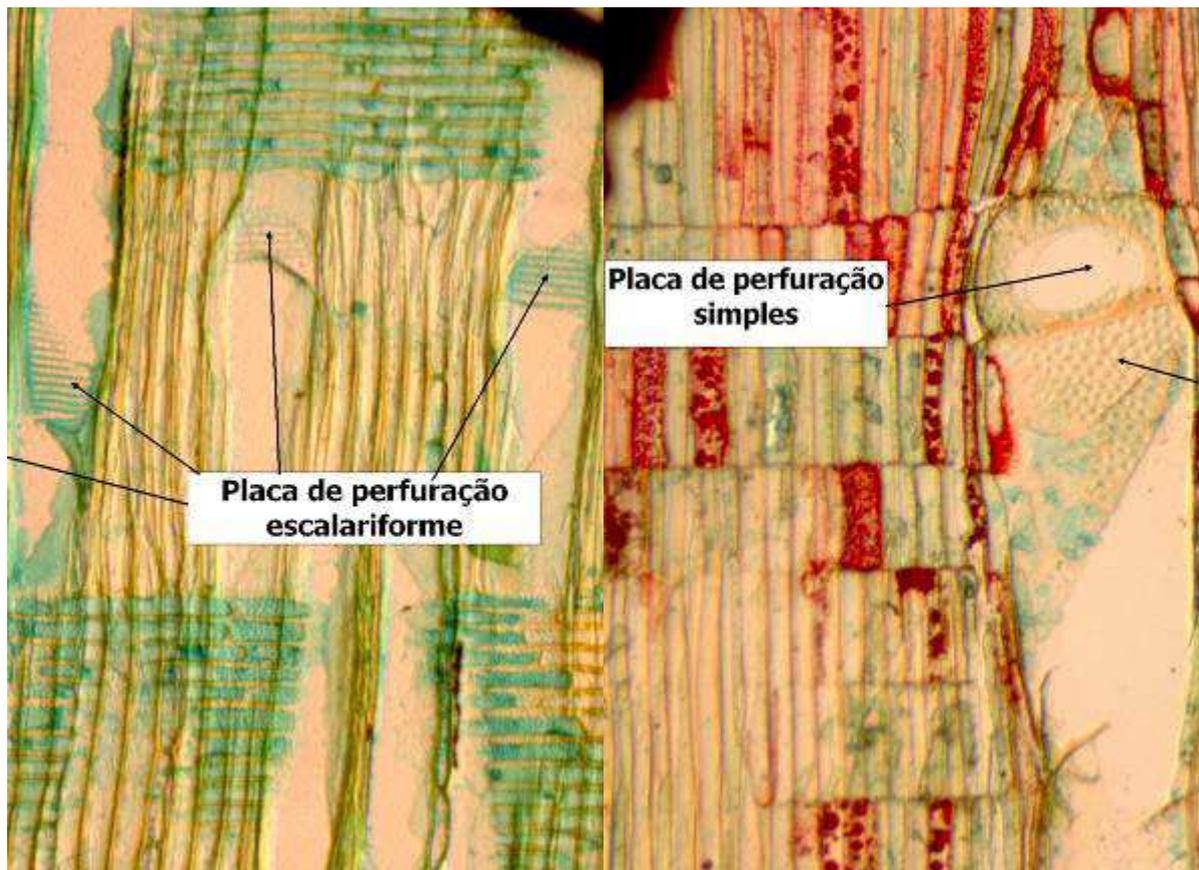
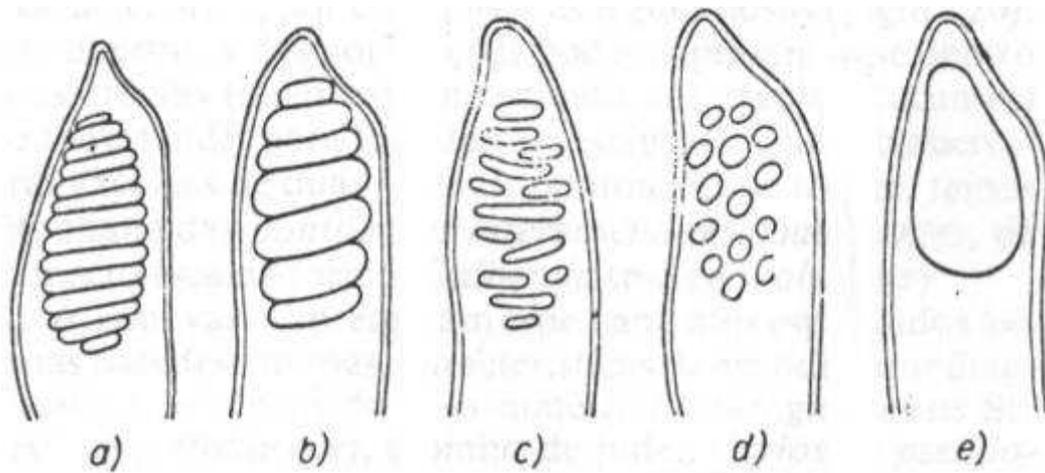


Figura 79: Esquema tipos de placa de perfuração (Fonte: Burger e Richter, 1991). Imagens em microscopia óptica: placa escalariforme em *Alnus glutinosa*; placa simples em *Alchornea triplinerva*. Imagens em microscopia eletrônica de varredura. A e B: múltiplas escalariformes; C: múltipla reticulada; D: múltipla foraminada; E: simples (Fonte: LANAQM, 2015).

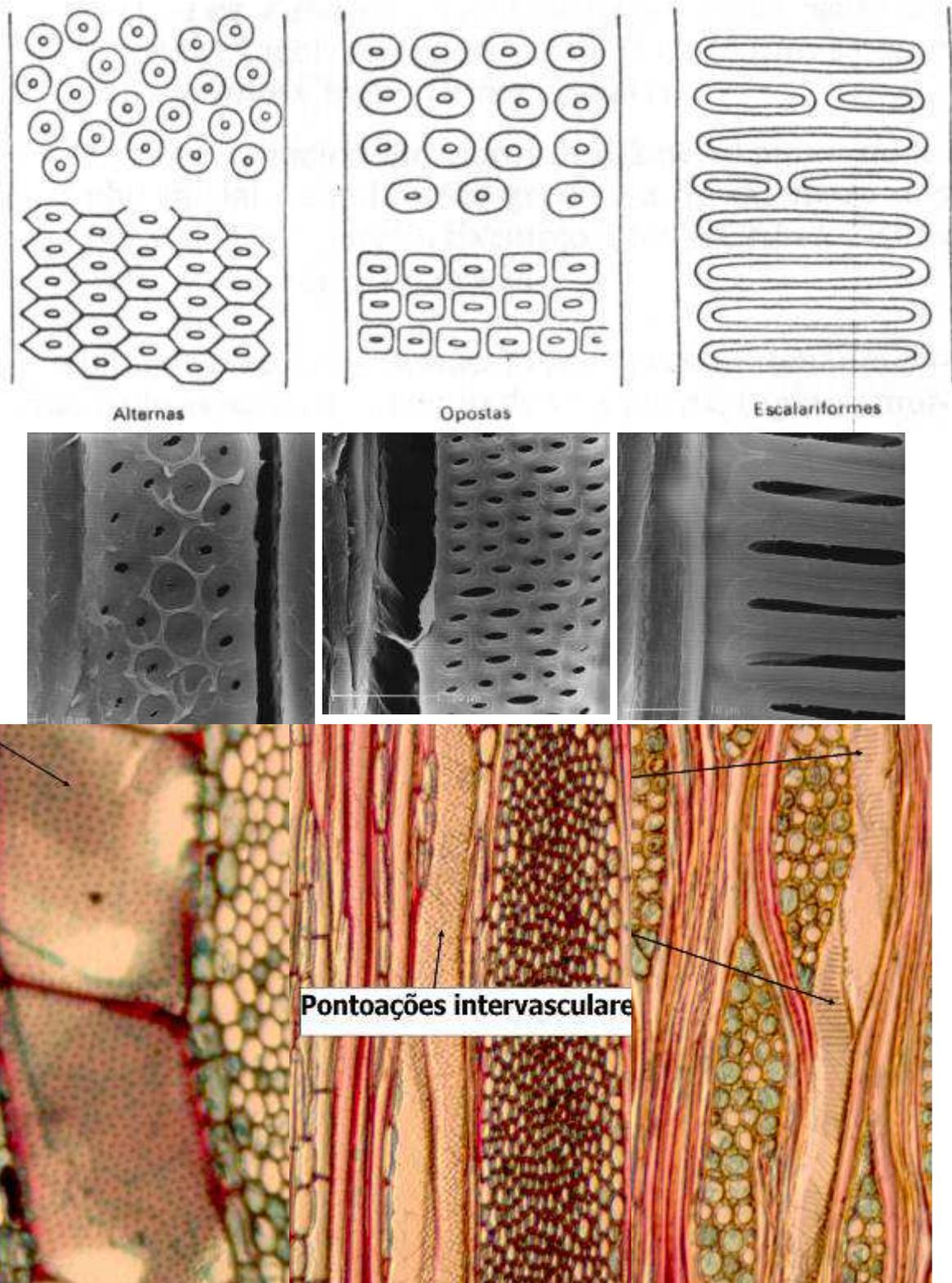


Figura 80: Esquema das pontoações intervasculares (Fonte: Burger e Richter, 1991). Imagens em microscopia eletrônica de varredura (Fonte: LANAQM, 2009). Imagens em microscopia óptica das pontoações intervasculares opostas em *Ilex* sp.; alternas em *Ceiba pentandra*; escalariforme em *Magnolia grandiflora* (Fonte: LANAQM, 2015).

As pontoações intervasculares variam na sua forma (arredondadas, poligonais e ovaladas) e aspecto. As aberturas podem estar dentro das aréolas (inclusas), encostando nas aréolas (tocantes) ou se estender para fora delas (exclusas) (Figura 81). Quando aberturas exclusas de

duas ou mais pontoações se tocam, temos as chamadas *pontoações intervasculares coalescentes*, de aspecto escalariforme (*Dalbergia sp.* –Fabaceae).

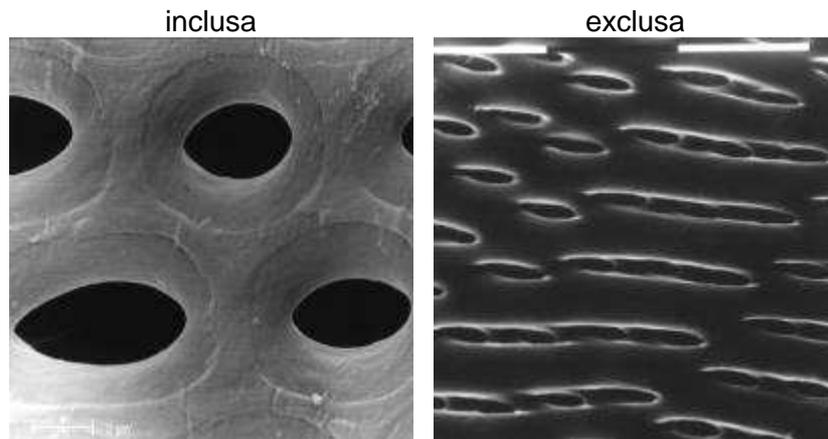


Figura 81: Abertura das pontoações em microscopia eletrônica de varredura (Fonte; LANAQM)

Alguns vasos apresentam espessamentos espiralados nas suas paredes internas, características de grande valor diagnóstico (Figura 82).

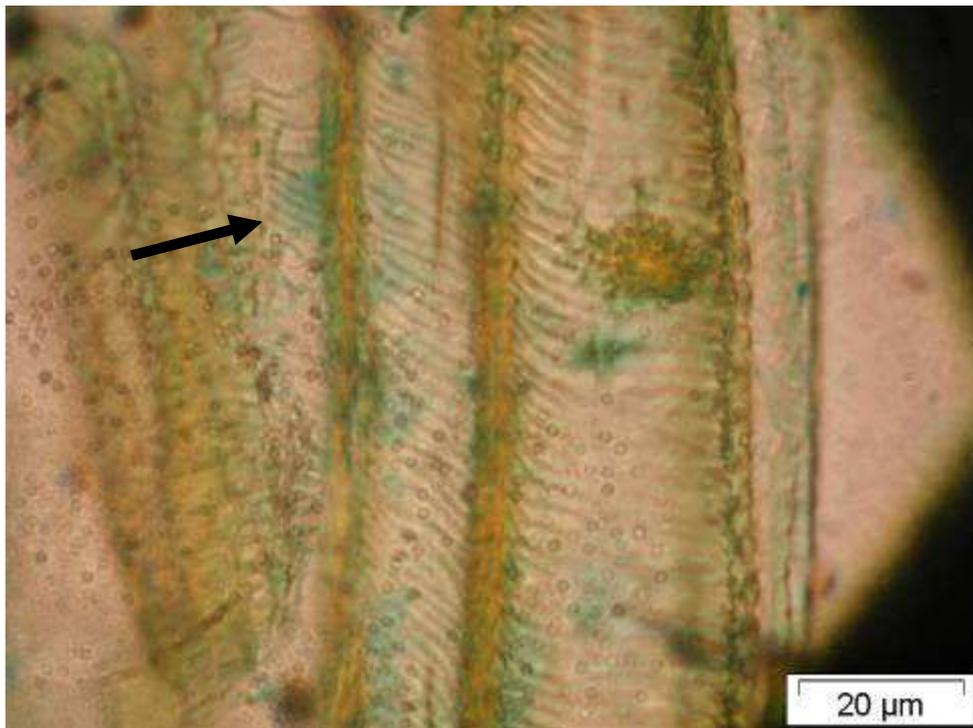


Figura 82: Espessamento espiralado (Fonte: LANAQM, 2015).

Algumas espécies se destacam por apresentarem um padrão todo especial no arranjo de seus poros, como as que apresentam arranjo tangencial (carvalho brasileiro - *Roupala brasiliensis* Klotzsch, Proteaceae), dendrítico, (mantegueira - *Bumelia sp.*, Sapotaceae), e diagonal ou oblíquo, peculiares de alguns eucaliptos (*Eucalyptus spp.* - Myrtaceae) (Figura 83).

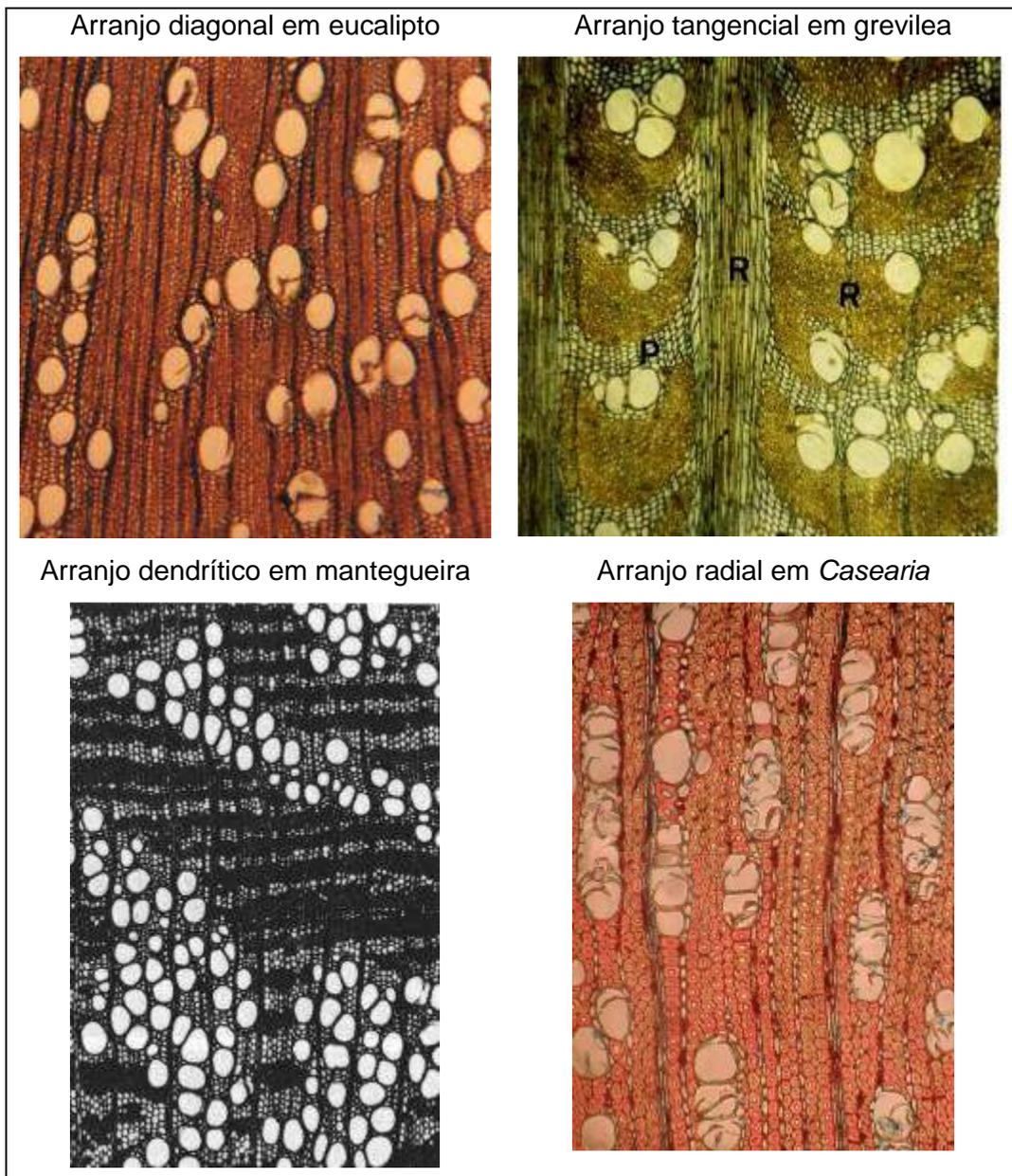


Figura 83: Alguns arranjos especiais dos poros (Fonte: LANAQM, 2015; IAWA, 1989).

12.2 PARÊNQUIMA AXIAL

São células responsáveis pelo armazenamento de substâncias de reserva, como gorduras e amido, e muito importantes para a identificação macroscópica de espécies. Taninos, cristais, sílica e outras substâncias são também encontradas. Algumas vezes as células de parênquima, que contém cristais, se dividem em câmaras, de maneira que cada uma delas contém um cristal.

Seu arranjo é observado em seção transversal, em que se distinguem dois tipos básicos de distribuição: parênquima paratraqueal, associado aos vasos; parênquima apotraqueal, não associado aos vasos. Em algumas madeiras é indistinto (Figura 84). Em uma mesma espécie podem coexistir dois ou mais tipos de parênquima. A extrema abundância desta estrutura (axial e radial) confere às madeiras baixa densidade de massa, baixa resistência mecânica e pouca durabilidade natural.

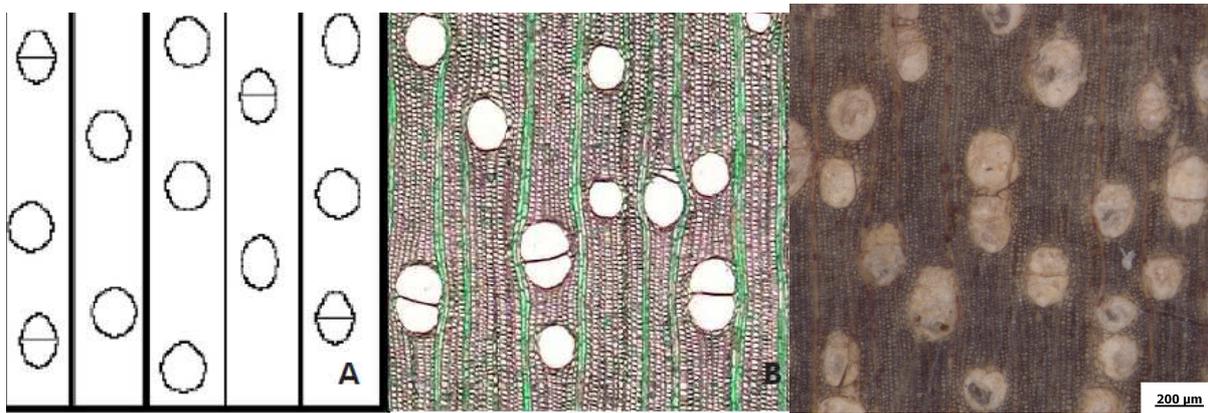


Figura 84: Parênquima indistinto. (Fonte: Botosso, 2011). Imagem macroscópica: LANAQM, 2015.

O parênquima axial apotraqueal pode ser difuso ou difuso em agregados (Figura 85). O parênquima difuso ocorre como células isoladas, distribuídas aleatoriamente entre as fibras, em muitos casos não é distinto macroscopicamente; o difuso em agregado ocorre como agrupamento de células distribuídas aleatoriamente.

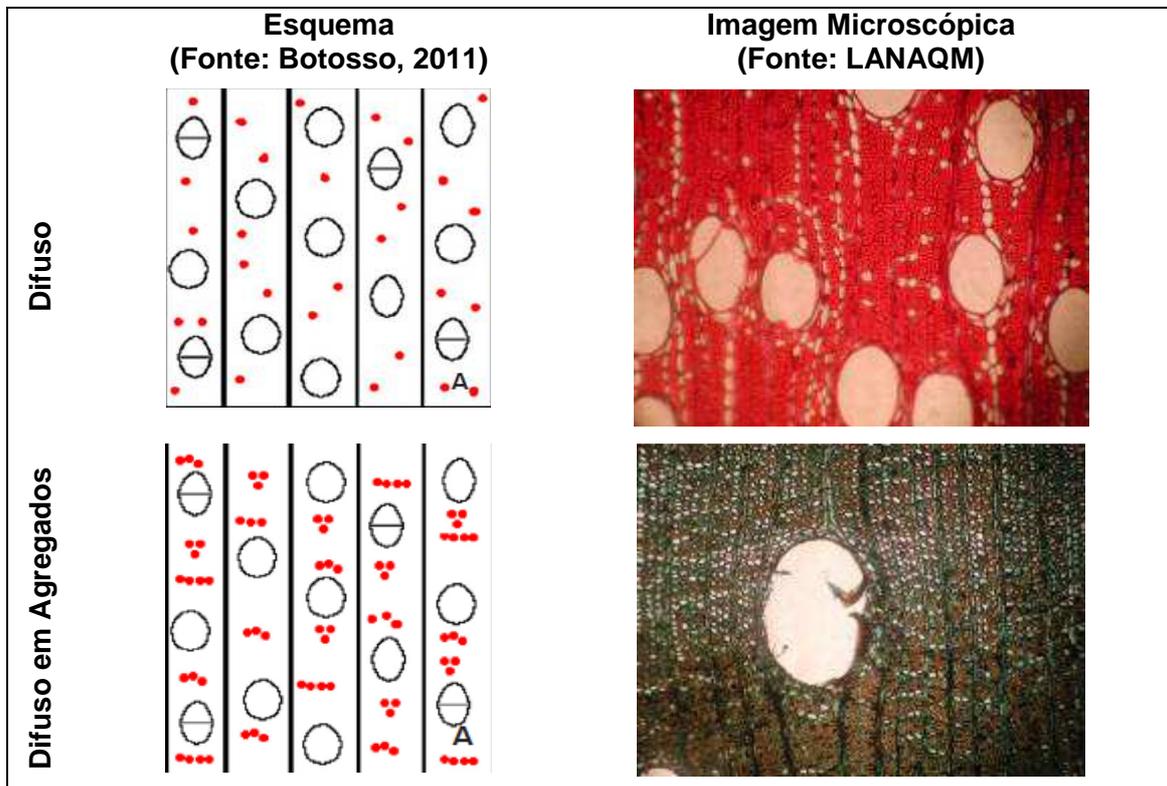
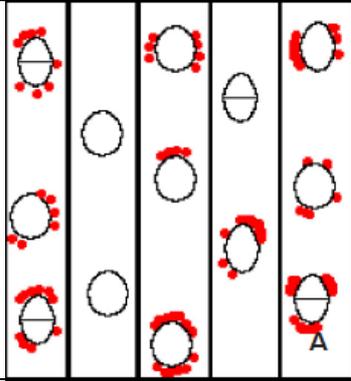
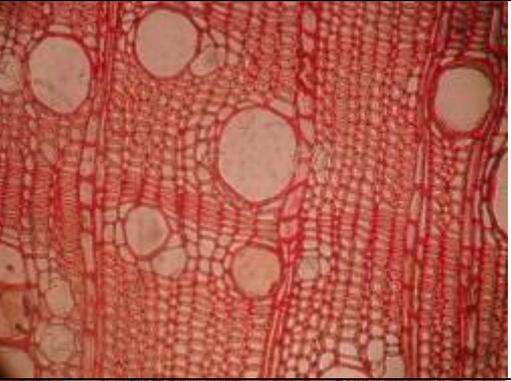
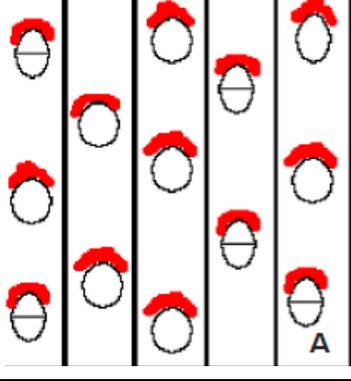
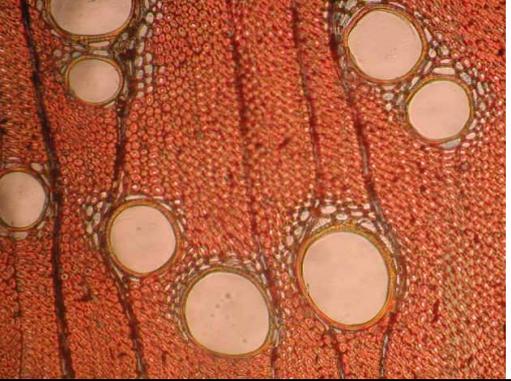
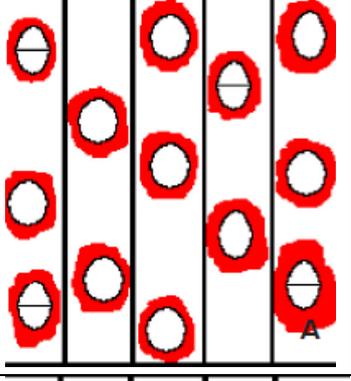
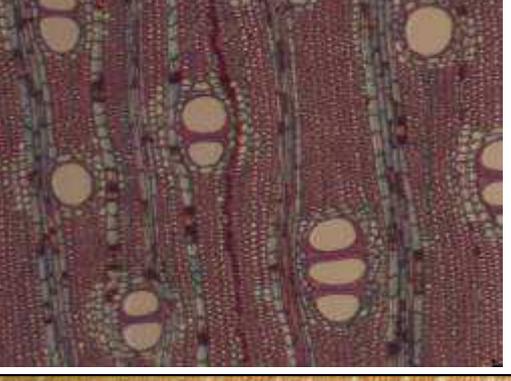
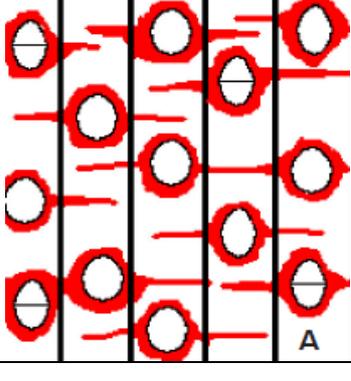
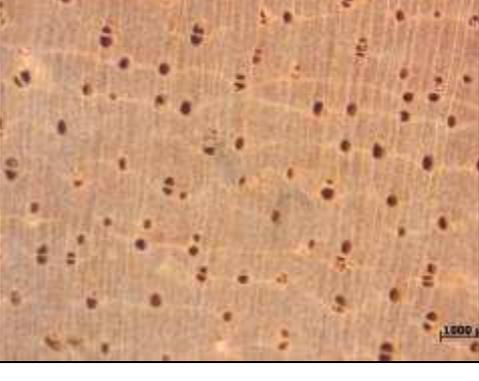
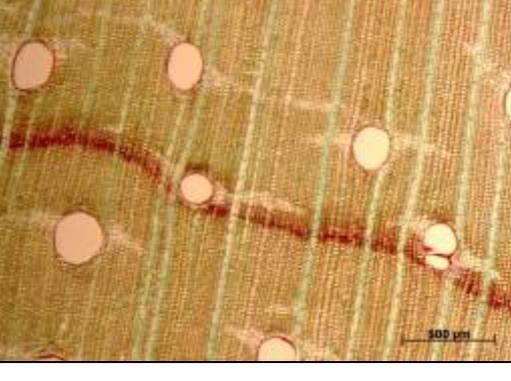


Figura 85: Tipos de parênquima axial apotraqueal em seção transversal (Fonte: Botosso, 2011; LANAQM, 2015).

O parênquima axial paratraqueal pode ser escasso, unilateral, vasicêntrico, aliforme linear, aliforme losangular e confluyente (Figura 86). No parênquima escasso algumas células estão em contato com os vasos, macroscopicamente muitas vezes pode ser considerado indistinto. No unilateral, as células envolvem apenas um do lado do vaso e no vasicêntrico, as células circundam totalmente o vaso, em um formato arredondado. No parênquima aliforme as células envolvem completamente os vasos mas apresentam extensões laterais, em formato de

losango (losangular) ou aletas finas (linear). O parênquima confluyente vem da junção das células de vasos próximos.

	Esquema	Imagem Macroscópica	Imagem Microscópica
Escasso			
Unilateral			
Vasicêntrico			
Aliforme Linear			

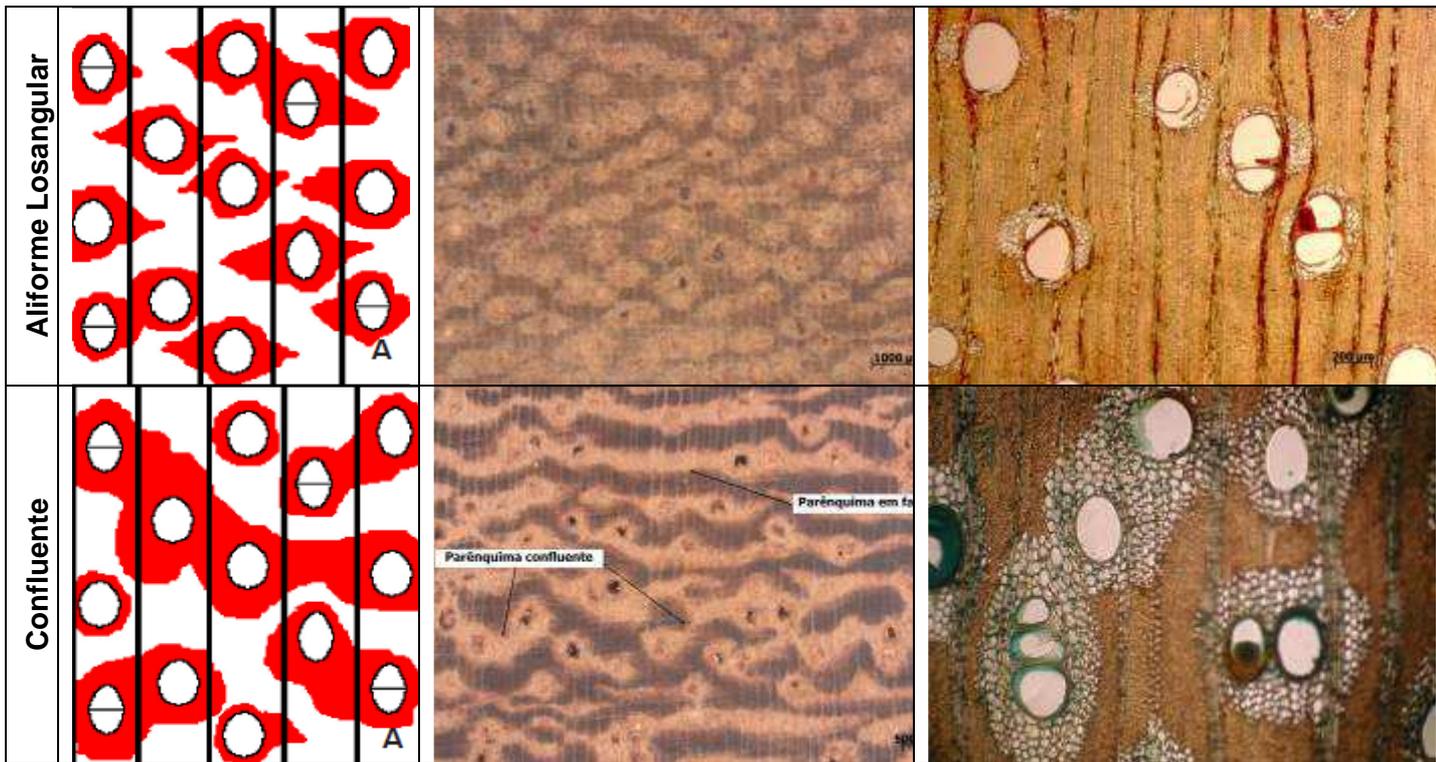
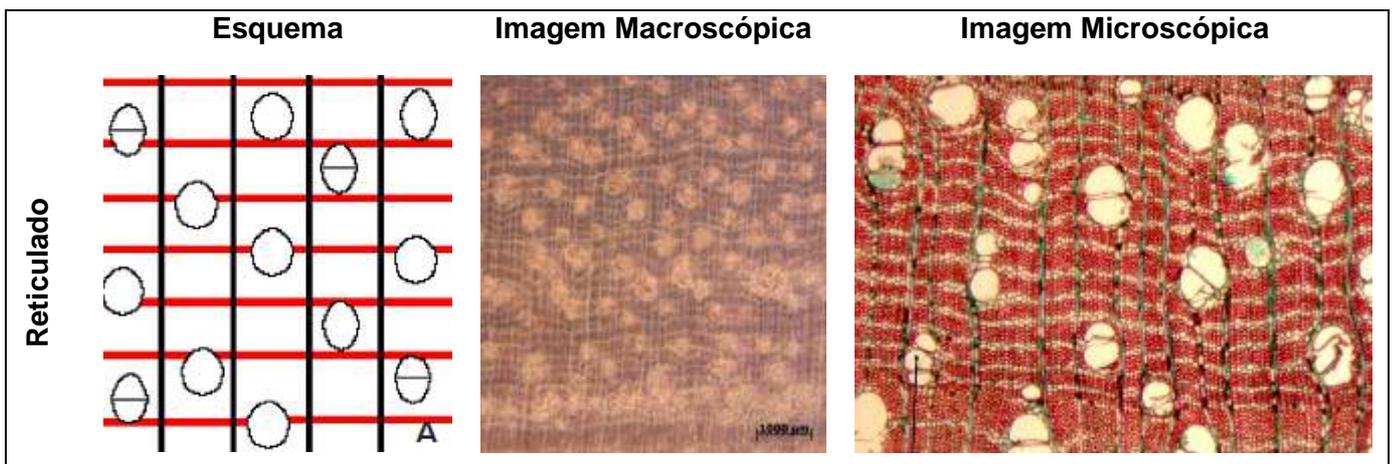


Figura 86: Tipos de parênquima axial paratraqueal em seção transversal (Fonte: Esquema: Botosso, 2011; imagens: LANAQM, 2015).

Um terceiro grupo é formado por parênquima em faixas (Figura 87), podendo ser dividido em faixas largas, estreitas (linhas), reticulado, escalariforme ou marginal. O parênquima axial em faixas é visualizado como linhas ou faixas perpendiculares ao raio que podem ou não estar em contato com os vasos. No parênquima reticulado, as linhas de parênquima tem frequência e largura semelhantes aos raios, formando um desenho de “retículo”, enquanto no escalariforme, o desenho é de uma escada, com a distância entre os raios maior que a distância entre as linhas de parênquima.



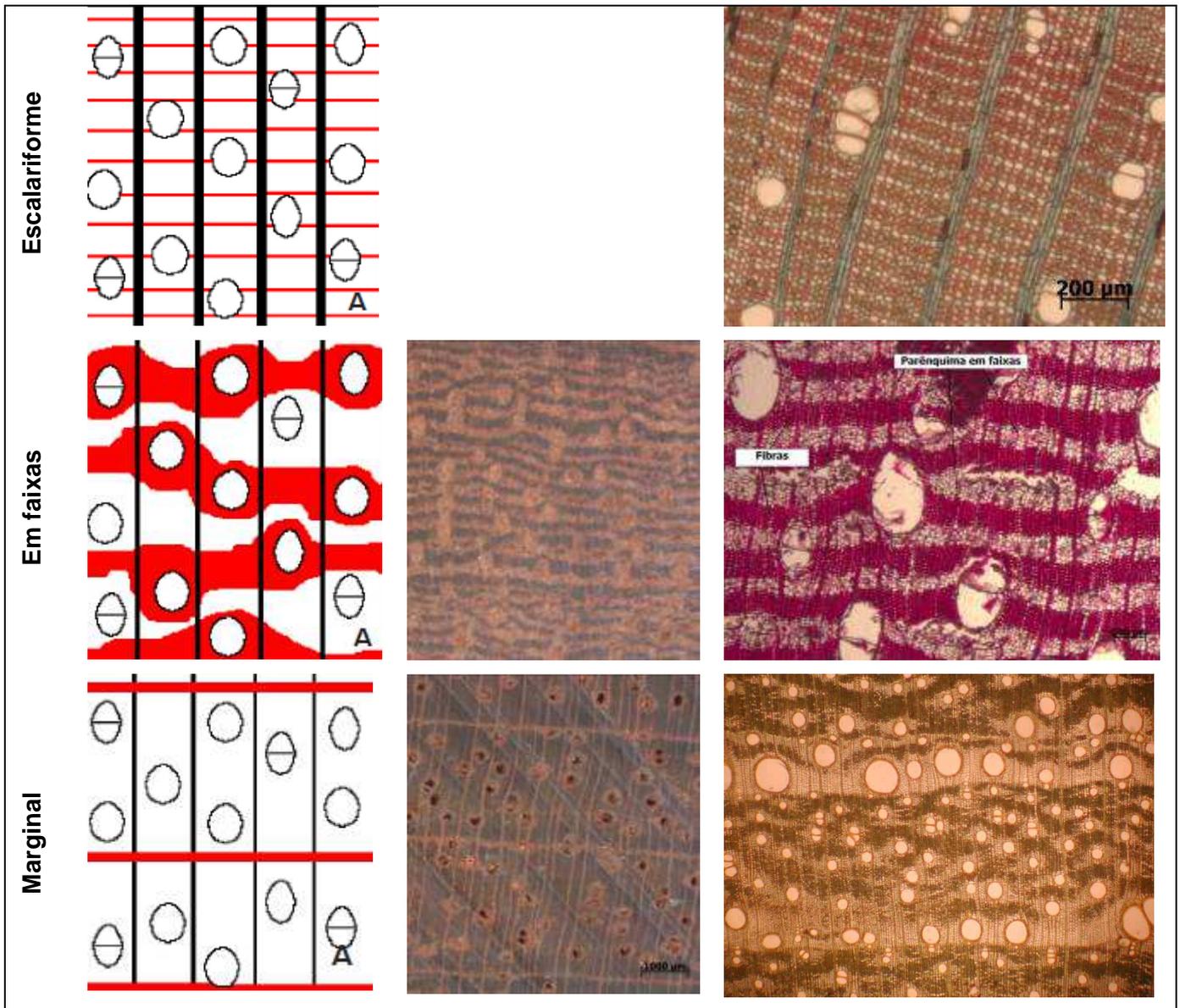


Figura 87: Tipos de parênquima axial em faixas em seção transversal (Fonte: Esquemas: Botosso, 2011; imagens: LANAQM, 2015).

12.3 FIBRAS

São células alongadas com parede secundária geralmente lignificada, responsáveis pela sustentação, não sendo de valor para identificação macroscópica. Microscopicamente a presença de septos (Figura 88) e as pontoações tem grande valor na identificação. Constituem geralmente a maior parte do lenho das folhosas. Sua porção no volume total e a espessura de suas paredes (Figura 89) influem diretamente na densidade e no grau de alteração volumétrica, durante a secagem, e indiretamente nas propriedades mecânicas da madeira.

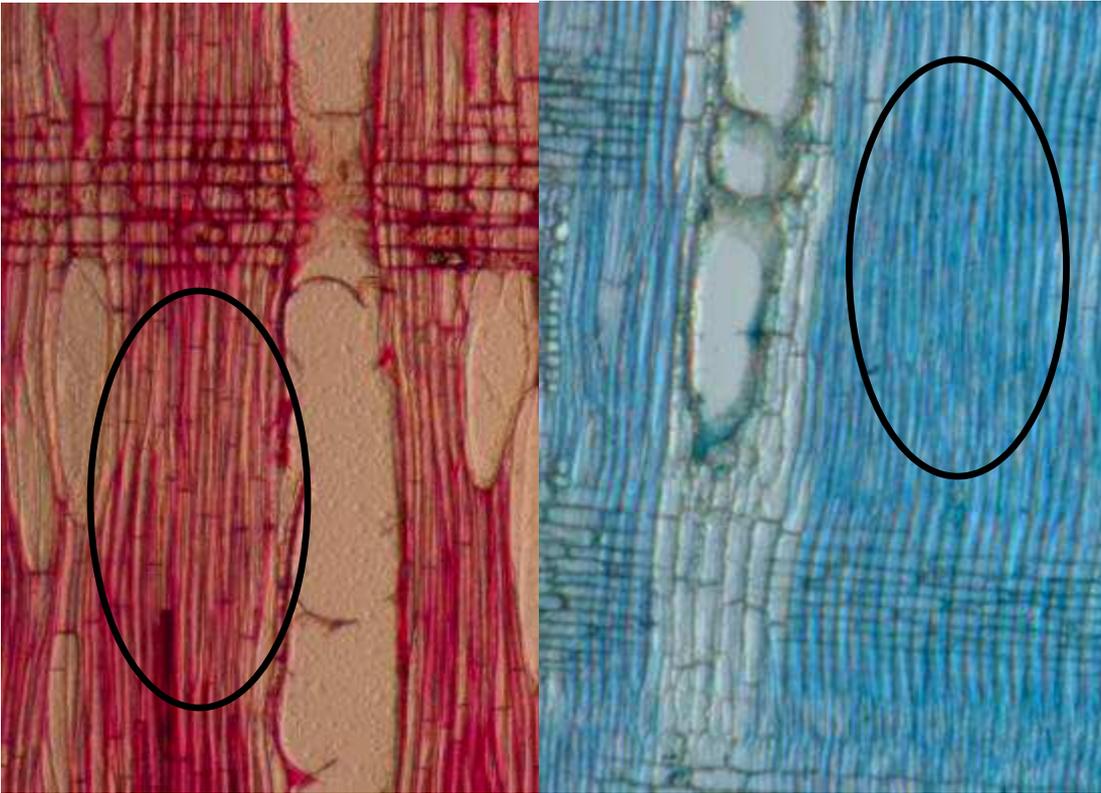


Figura 88: Fibras septadas no sassafrás e não septadas em copaíba (Fonte: LANAQM, 2015).

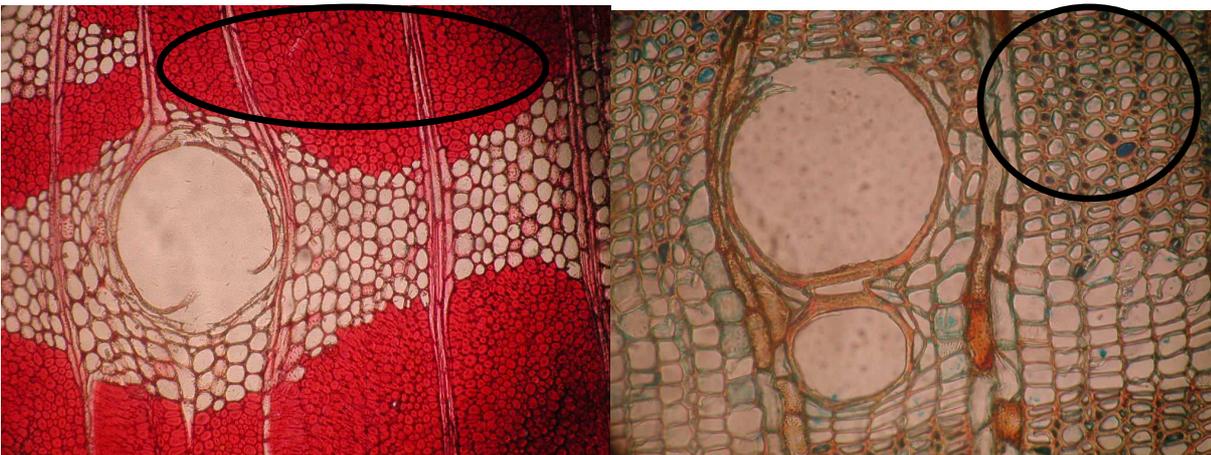


Figura 89: Fibras de parede espessa e fina em seção transversal (Fonte: LANAQM, 2012).

12.4 PARÊNQUIMA RADIAL (RAIOS OU PARÊNQUIMA TRANSVERSAL)

São agrupamentos de células que tem seu eixo longitudinal orientado perpendicularmente ao eixo da árvore. Em baixas magnificações, aparecem como linhas mais claras, de largura variável. Apresentam uma grande riqueza de detalhes e variações morfológicas quando observados nas seções longitudinais radial e tangencial, constituindo importantes elementos para a anatomia e identificação de madeiras. Além da função de armazenamento, os raios fazem também o transporte horizontal de nutrientes na árvore. O parênquima radial é útil para identificação macroscópica por poder ou não apresentar estratificação no plano tangencial e também por sua abundância.

Em algumas espécies os raios apresentam apenas poucas células de altura, enquanto em outras, como nos carvalhos, muitas. A variedade de tipos pode ser encontrada em algumas espécies, enquanto em outras os raios são uniformes em tamanho e espaçamento. Só são nitidamente visíveis a olho nu (Figura 90) quando extremamente largos e altos, como por exemplo, no carvalho (*Quercus sp.* - Fagaceae) e louro faia (*Euplassa sp.* - Proteaceae).

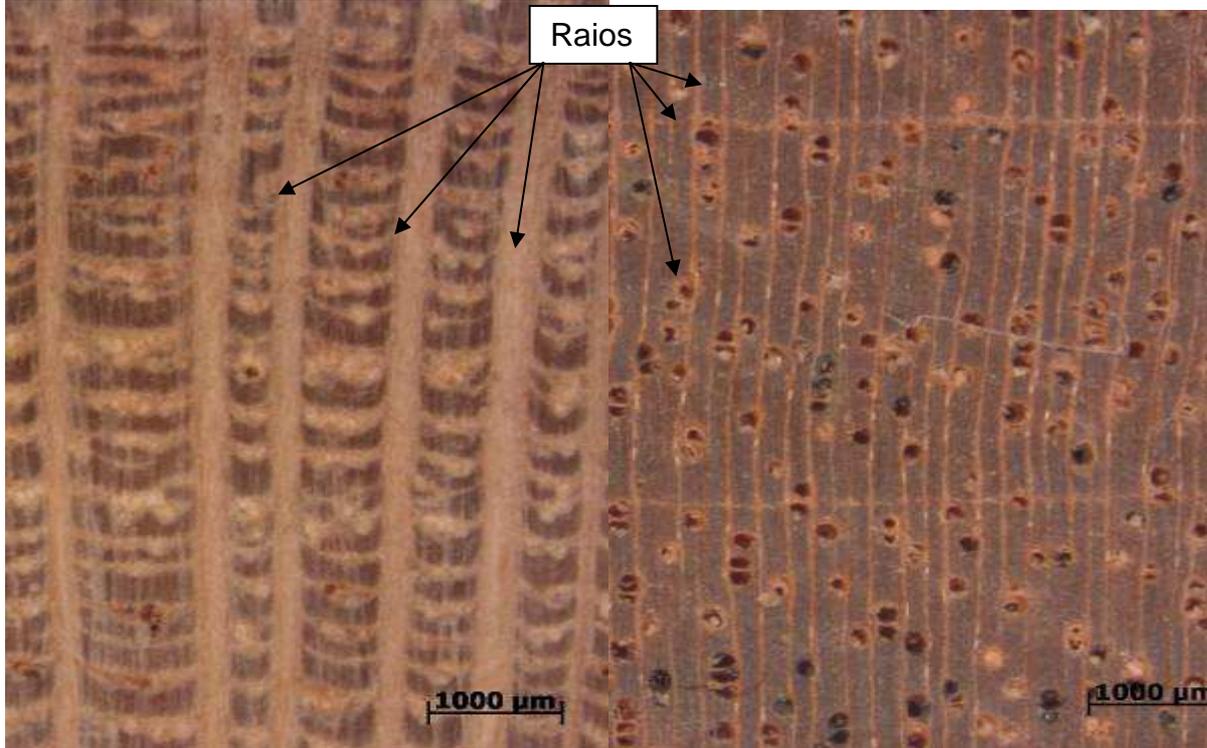


Figura 90: Imagem macroscópica dos raios largos na grevílea e estreitos em mogno (Fonte: LANAQM, 2015).

Quanto à composição, plano radial, os raios podem ser (Figura 91):

- **homogêneos** quando formados por células parenquimáticas de um único formato;
- **heterogêneos**: quando formados por células de mais de um formato.

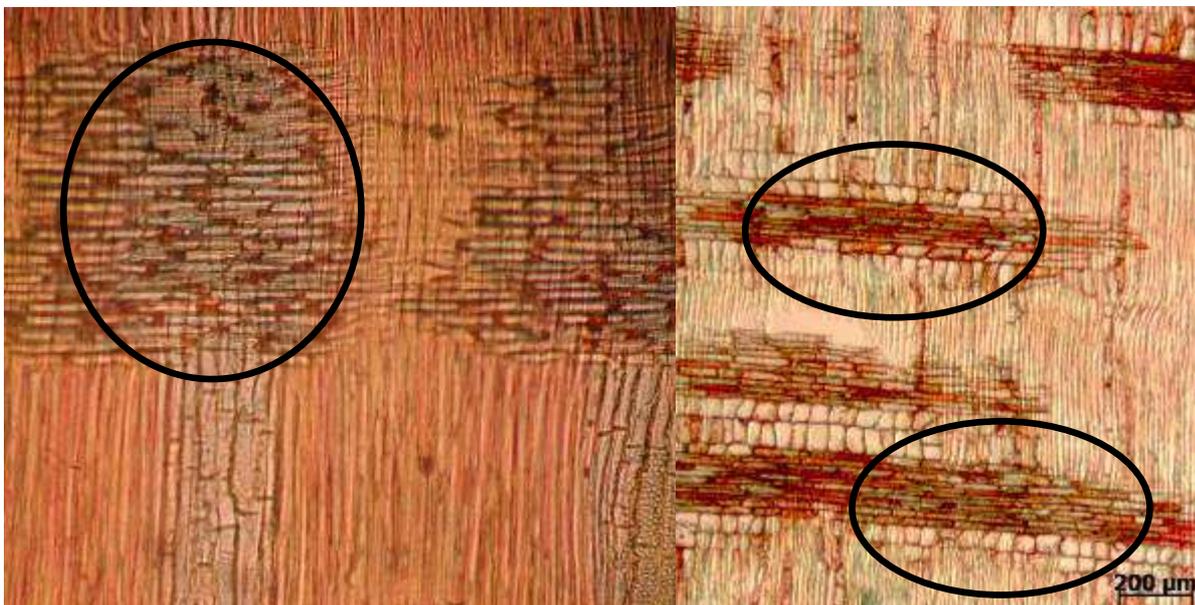


Figura 91: Raios homogêneos da acácia e heterogêneos da seringueira (Fonte: LANAQM, 2015)

Em relação à largura, plano tangencial, podem ser (Figura 92):

- **unisseriado**: quando possui uma célula de largura;
- **bisseriado**: quando possui duas células de largura;
- **multisseriado**: com mais células de largura.

Algumas espécies possuem raios diferenciados, classificados de acordo com a IAWA (1989) em agregados (Figura 93) e fusionados.

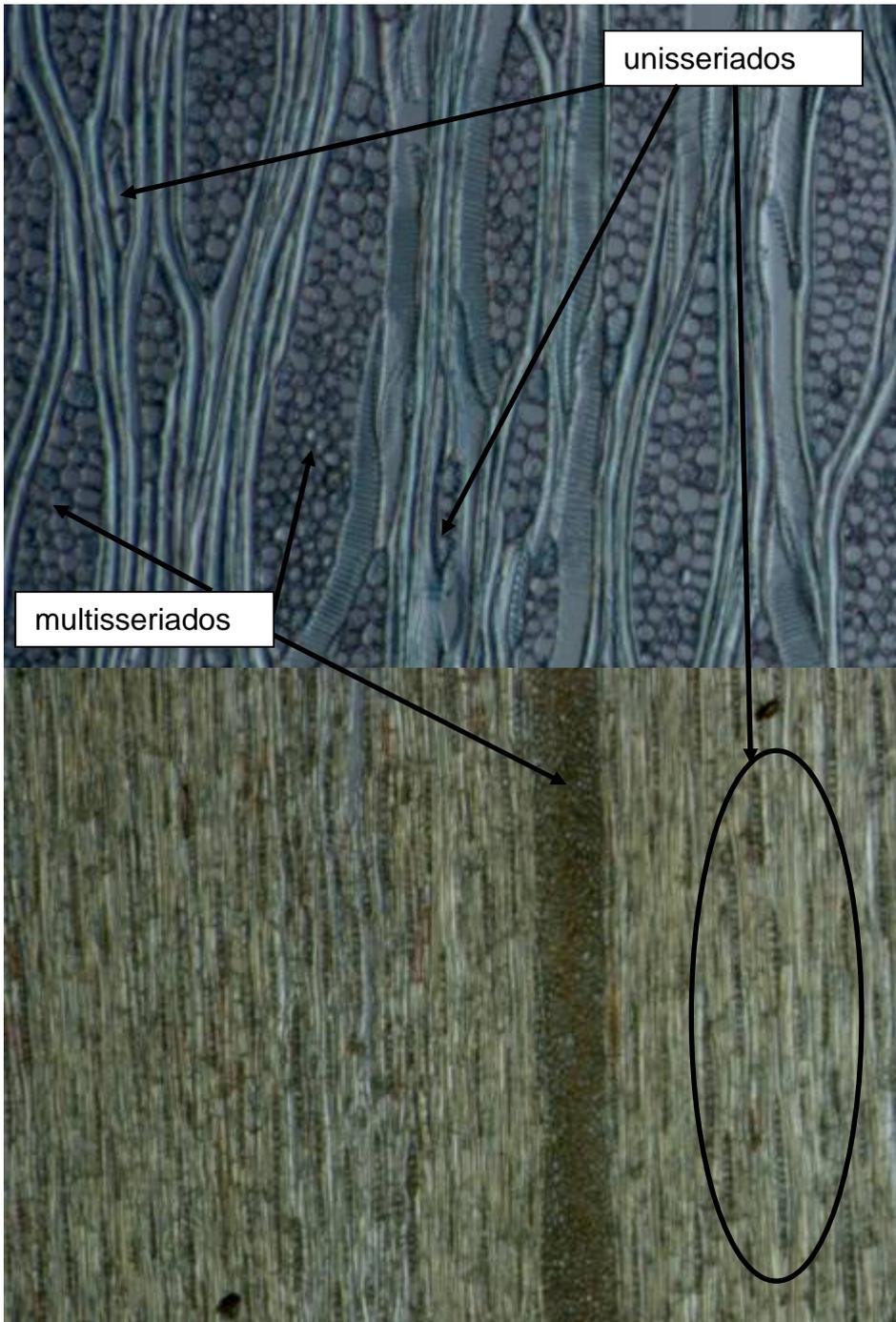


Figura 92: Raios unisseriados e multisseriados no carvalho e na magnólia (Fonte: LANAQM, 2015)



Figura 93: Raios agregados em *Alnus subcordata* (Fonte: LANAQM, 2015).

Em relação à disposição, plano tangencial, podem ser estratificados ou não (figura 94).

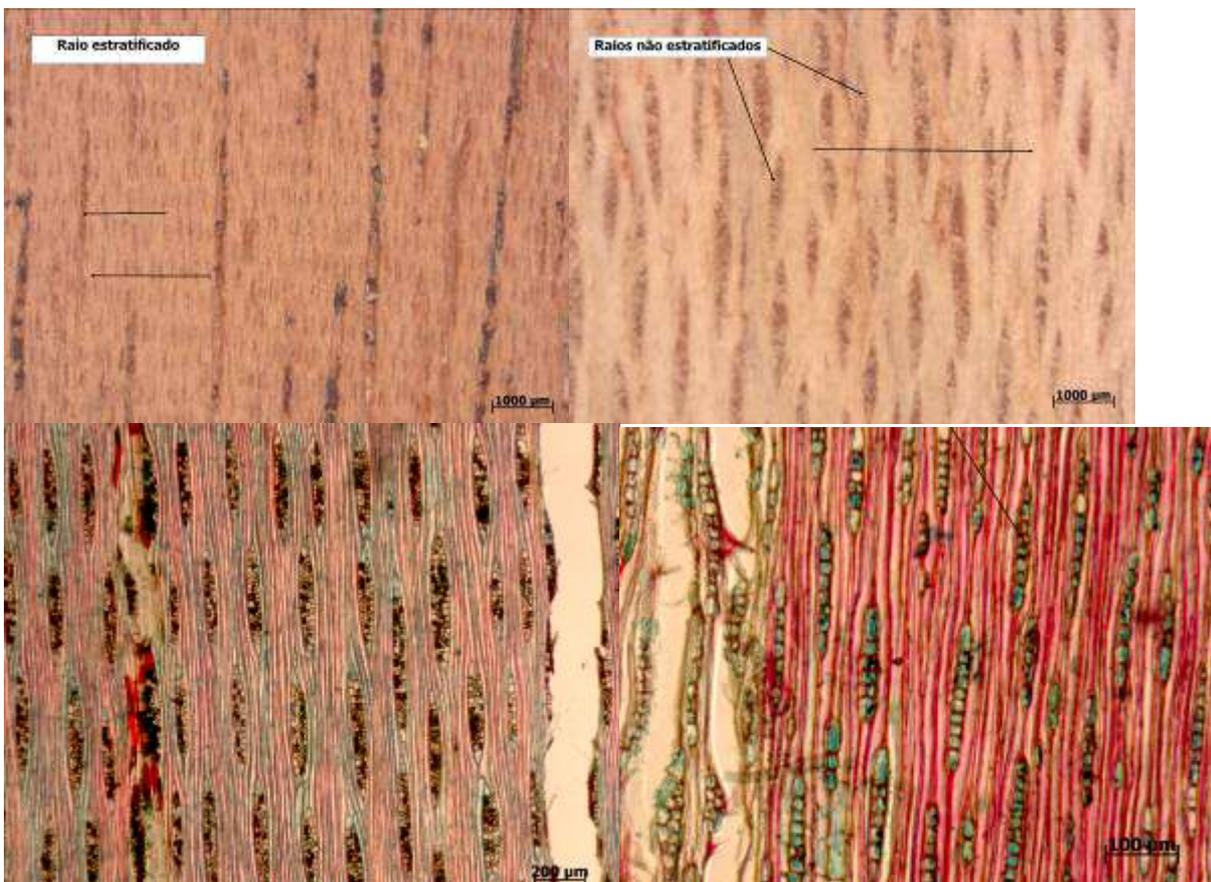


Figura 94 – Raios estratificados e não estratificados: vista macro e microscópica (Fonte: LANAQM, 2015).

12.5 TRAQUEOIDES VASCULARES

Células presentes em certas angiospermas como vestígio da evolução ocorrida no reino vegetal. Assemelham-se a pequenos elementos de vasos de lenho tardio, porém seus extremos são imperfurados, e como qualquer traqueoide, apresenta pontoações areoladas em suas paredes e desempenham no tronco a função de condução. Encontram-se organizados em séries verticais, e em seção transversal, são facilmente confundidos como os poros pequenos.

12.6 TRAQUEOIDES VASICÊNTRICOS

São resquícios de origem evolutiva presentes ainda em certas madeiras. Mais curtos e irregulares do que os traqueoides vasculares, de extremos arredondados e com pontoações areoladas em suas paredes. Ocorrem associados aos vasos, aos quais se assemelham transversalmente, participando da função de condução.

12.7 ESTRUTURAS ESPECIAIS

Além dos elementos estruturais comuns do lenho, podem ocorrer, em algumas madeiras, elementos especiais que constituem importante aspecto sob o ponto de vista tecnológico e diagnóstico:

- **Canais Celulares e Intercelulares:** são canais, peculiares a algumas famílias, que contém substâncias diversas como resinas, gomas, bálsamos, taninos, látex, etc., as quais podem empastar as ferramentas de corte, bem como desgastar e corroer as mesmas. Também podem reagir com produtos utilizados para acabamento, dificultando a adesão da película. No lixamento, são fixadas sobre a superfície das peças, escurecendo-as após o acabamento. Quando presentes podem ser axiais (posição vertical) ou radiais (posição horizontal).

Canais intercelulares (Figura 95): **espaços de estrutura tubular e comprimentos indeterminados, sem paredes próprias e revestidos por células parenquimáticas especiais (células epiteliais).** Em algumas espécies é comum a ocorrência de canais intercelulares de origem traumática, como no pau marfim.

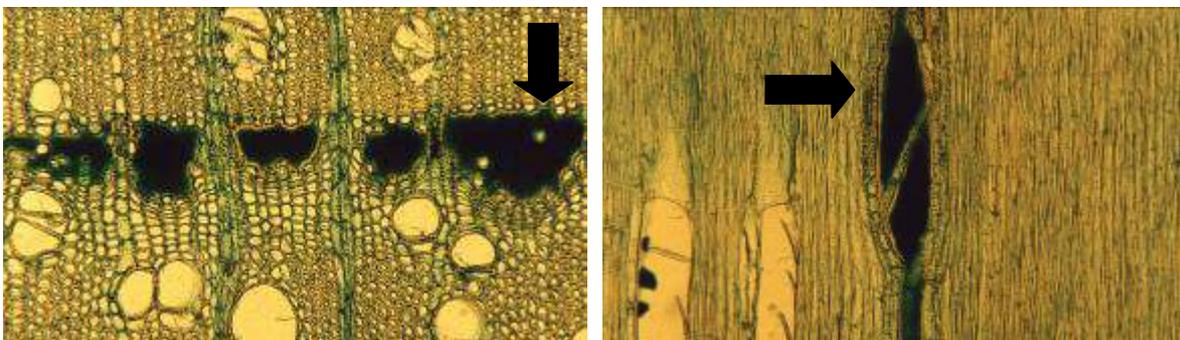


Figura 95: Canal intercelular em *Fagaria rhoifolia*.

Canais celulares (Figura 96): **conjunto tubiforme de células parenquimatosas, possuindo portanto paredes próprias.**

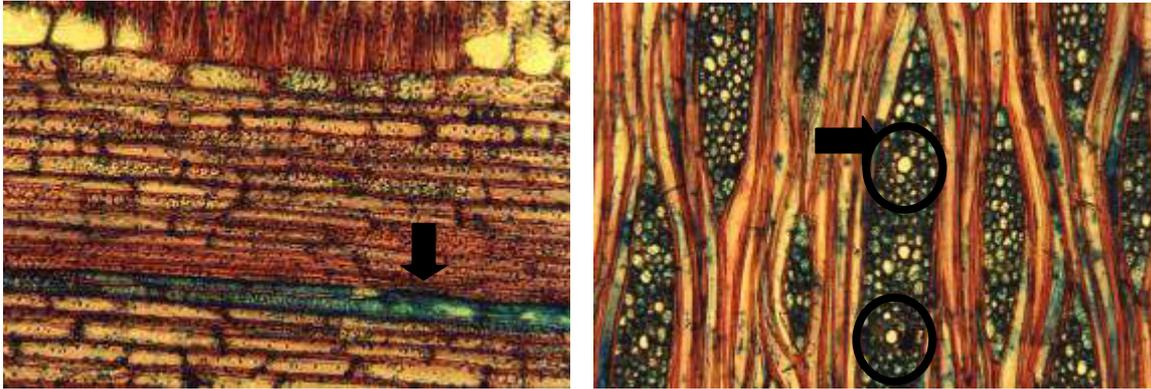


Figura 96: Canal celular em *Ficus gomeleira*.

- **Células Oleíferas** (Figura 97), **Mucilaginosas**: são células parenquimáticas especializadas que contêm óleo, mucilagem ou resinas, facilmente distinguíveis das demais por suas grandes dimensões. São características de madeiras de certas famílias, como por exemplo, das Lauráceas. A presença desses conteúdos na madeira, permite, em certos casos, o aproveitamento industrial de óleos essenciais para fins medicinais e de perfumaria. Por outro lado, as substâncias contidas nestas células podem comprometer o comportamento da madeira durante a colagem, aplicação de revestimentos superficiais e fabricação de polpa e papel.

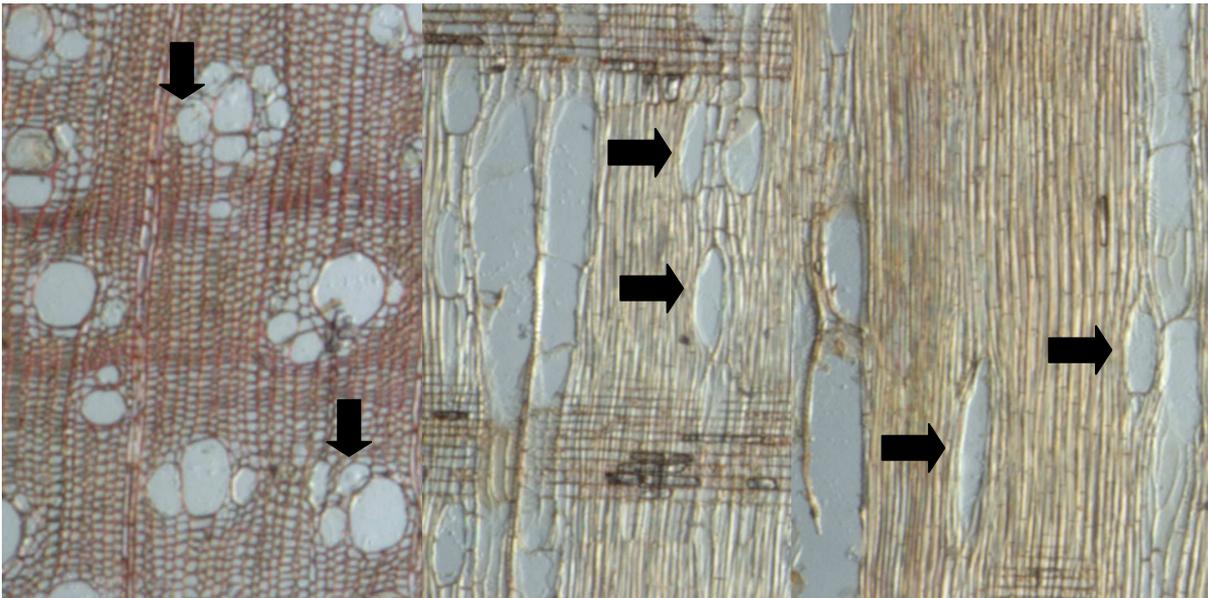


Figura 97: Célula oleífera em *Ocotea odorifera*.

- **Floema Incluso** (Figura 98): em alguns gêneros e famílias, o câmbio forma esporadicamente células de floema para o interior do tronco. Este detalhe constitui uma peculiaridade normal para estes grupos vegetais, auxiliando na sua identificação. Influencia principalmente o acabamento da madeira.



Figura 98: Floema incluso em *Erisma uncinatum*.

- **Estruturas Estratificadas** (Figura 99): em espécies consideradas mais evoluídas, os elementos axiais podem estar organizados formando faixas regulares ou estratos. Este fenômeno é mais evidenciado no corte longitudinal tangencial e pode limitar-se a alguns elementos estruturais do lenho, como o raio (estratificação parcial), ou estender-se a todos (estratificação total). O efeito visual (listrado de estratificação) pode ser observado macroscopicamente e é uma característica importante para a identificação de madeiras.

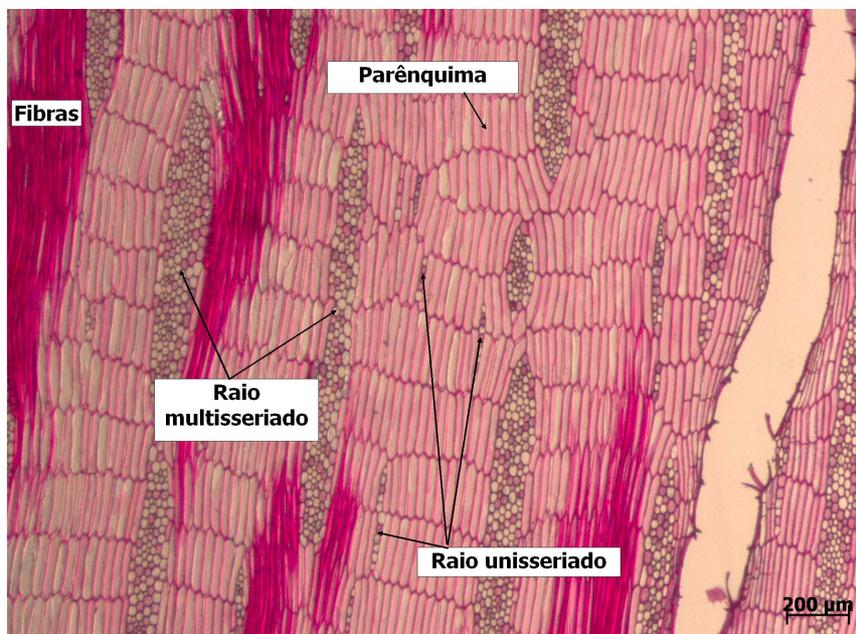


Figura 99: Estrutura estratificada - parênquima

- **Inclusões Minerais** (Figura 100): apesar de não serem propriamente caracteres anatômicos, sua presença é importante para anatomia, identificação e utilização da madeira.

Cristais são depósitos, em sua grande maioria, de sais de cálcio, especialmente oxalato, que se encontram principalmente em células parenquimáticas. Sua presença é bastante comum em folhosas.

A sílica pode ocorrer no interior das células em forma de partículas ou grãos, normalmente nos raios e parênquima axial, e em casos mais raros, nos outros elementos verticais (fibras).

Cristais e depósitos de sílica, especialmente estes últimos, têm grande importância nas propriedades da madeira, principalmente na sua trabalhabilidade. Um elevado conteúdo de sílica pode tornar antieconômica a conversão de toras em madeira serrada, devido ao seu efeito abrasivo sobre os dentes das serras e equipamentos. A presença de inclusões minerais também pode afetar o brilho.

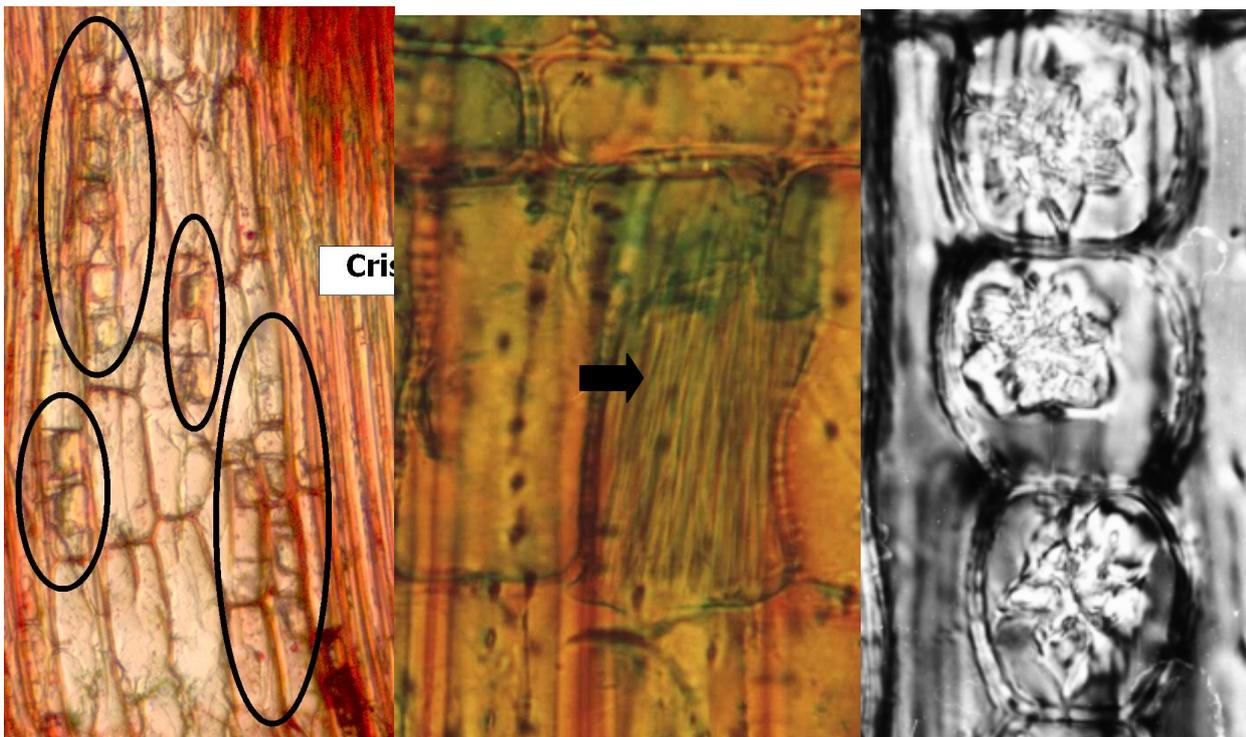


Figura 100: Cristais na madeira: prismáticos e ráfides (LANAQM), drusas (INSIDEWOOD),

- **Conteúdos Vasculares** (Figura 101) e **Tilos** (Figura 102): embora também não se tratem de elementos estruturais, a presença de conteúdos dentro dos vasos, tem considerável importância para a identificação e propriedades tecnológicas da madeira.

No que diz respeito à utilização da madeira, os tilos dificultam a secagem e sua impregnação com substâncias preservantes, já que obstruem as vias normais de circulação de líquidos. Por outro lado, entre outras características, os tilos são em parte responsáveis pelas excelentes qualidades da madeira de alguns carvalhos (*Quercus sp.* - Fagaceae), na confecção de barris para armazenamento de bebidas alcoólicas. Os tilos constituem barreiras físicas que se antepõem à penetração de fungos xilófagos, dificultando-a.

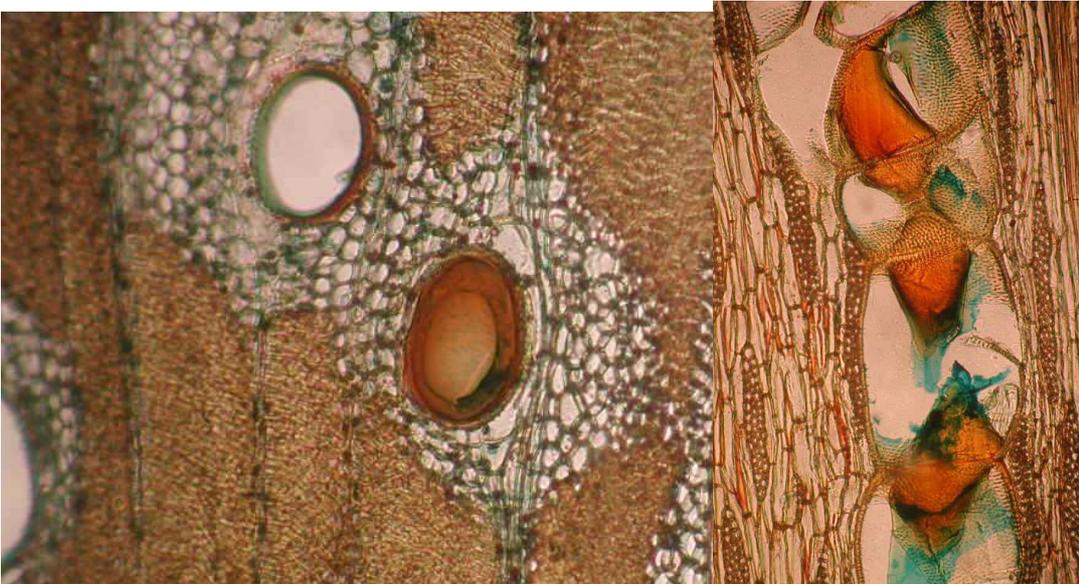


Figura 101: Conteúdo celular em *Anadenanthera* sp. e *Enterolobium* sp. (Fonte: LANAQM, 2012)

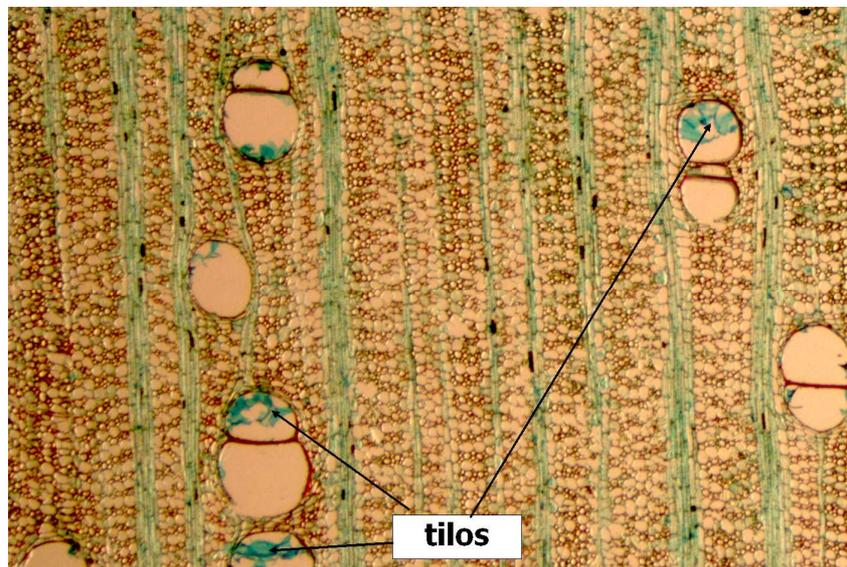


Figura 102: Tilos em *Ceiba pentandra* (Fonte: LANAQM, 2015).

BIBLIOGRAFIA

BOTTOSSO, P.C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CHIMELO, J.P. Anatomia da Madeira. In: **Manual de preservação de madeiras, vol.1**. p.41-67. São Paulo: IPT, 1986.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook - wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 463p.

GLORIA, B.A; GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003.

HOADLEY, R.B. **Identifying wood: accurate results with simple tools**. United States of America: Taunton Press, 1990. 223p.

HOADLEY, R B. **Understanding wood**. USA: Taunton Press, 2000.

IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**. Vol 10(3), 1989. p.219-332.

NAHUZ, M.A.R. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT, 2012.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1996. 728p.

SIEGLOCH, A.M.; MARCHIORI, J.N.C. Anatomia da madeira de treze espécies de coníferas. **Ciência da Madeira**, 6(3): 149-165, 2015. DOI: 10.12953/2177-6830/rcm.v6n3p149-165

13 DEFEITOS

Como defeitos da madeira são considerados todas as anomalias da forma do tronco da árvore, da sua seção transversal, como também da estrutura e da cor do lenho que possam reduzir, restringir ou mesmo anular a utilização da madeira. Uma certa amplitude de variação em madeiras de desenvolvimento natural é, no entanto, tida como normal.

13.1 Defeitos na Forma do Tronco

São considerados defeitos na forma do tronco, qualquer desvio da forma ideal, a qual, para a maioria das finalidades de utilização, é a de um fuste longo, o mais cilíndrico possível. A forma da árvore é o resultado de um grande número de fatores influentes, que podem ser classificados em dois diferentes grupos:

a) Influências diversas do local de crescimento (atuação conjunta do clima; condições do terreno; temperatura; umidade; insolação, ventos, espaçamento e outras influências do meio);

b) Conseqüências da hereditariedade; defeitos na forma do tronco surgem já com a formação da madeira. Nos desvios da forma ideal do tronco diferenciam-se aqueles que ocorrem na direção longitudinal da árvore (conicidade e tortuosidade), daqueles que surgem na seção transversal (circunferência irregular, sulcos e outros).

a) Conicidade: a forma cônica do tronco depende da espécie, idade da árvore, altura do tronco, estação, etc. Nas árvores isoladas, em consequência da força dos ventos, a parte inferior da árvore se reforça, chegando assim a um contorno cônico pronunciado. Este defeito deve ser levado em conta quando do segundo metro em diante, medindo-se até a copa, o diâmetro diminui mais de um centímetro a cada metro de crescimento axial.

Peças de madeira provenientes de árvores com acentuada conicidade apresentam grã oblíqua. A origem deste defeito pode ser atribuída a vários fatores: característica própria da espécie; idade da planta (quanto mais velha a árvore, mais cilíndrica é a forma do tronco); influências externas (vento, peso da neve) que façam com que a árvore desenvolva de forma acentuada a base do tronco para melhor resistir à injúria; copa de grandes dimensões, etc. Árvores que crescem isoladas são mais cônicas do que as que se desenvolvem em povoamentos. Este defeito pode ser em parte controlado por medidas silviculturais adequadas, como podas, espaçamento, etc.



Figura 103: Tronco. (Fonte: http://biologia-gimnosperma.blogspot.com.br/2011_07_01_archive.html)

O aproveitamento e utilização da madeira serão influenciados desfavoravelmente. Peças serradas, tais como tábuas, pranchas, etc., obtidas de troncos acentuadamente cônicos, apresentam baixa resistência mecânica (especialmente à flexão) porquanto grande parte do tecido fibroso é separado, diminuindo a coesão natural deste. Sob o ponto de vista econômico, o maior prejuízo dá-se na produção de vigas. Em geral, tem-se também grande desperdício de madeira (costaneiras, aparas, lâminas defeituosas no início do processo de desenrolo).

b) Tortuosidade: é o desvio permanente dos troncos da forma de uma reta. Oposto aos troncos curvos (tortuosos) existem os troncos retilíneos, que são assim considerados quando as suas medulas formam uma linha reta.

Constitui defeito, principalmente de ordem econômica, pois não permite um aproveitamento do volume total das toras. Peças de madeira oriunda de troncos tortuosos apresentarão grãos irregulares que comprometem a resistência mecânica, causam dificuldades de acabamento e provocam deformações de secagem. As principais causas deste defeito são: hereditariedade, condições de crescimento, inclinação do terreno, ação de ventos fortes, fototropismo, etc.

Defeitos adicionais que possivelmente acompanham a tortuosidade são: crescimento excêntrico e madeira de reação. O defeito de curvatura do tronco é, em grandes proporções, determinado de acordo com a utilização desejada. É desfavorável, por exemplo, em postes, estacas, vigas, etc. Madeiras tortuosas são especialmente procuradas por torneadores, escultores, fabricantes de carrocerias, e, sobretudo, por fabricantes de pequenas embarcações.



Figura 104: Exemplo de tortuosidade dos troncos no cerrado (fonte: www.caliandradocerrado.com.br)

c) Bifurcação ou Aforquilhamento: constitui defeito, sobretudo sob o aspecto econômico, por reduzir o volume aproveitável das toras. Os principais responsáveis por esta formação são desenvolvimento de brotos apicais próximos, perda repetida da gema terminal por roeduras, ataques de insetos, geadas tardias e predisposição natural a esta formação. Desenhos ornamentais especiais surgidos nas zonas de bifurcações em decorrência do desvio dos tecidos são muitas vezes especialmente procurados para fins decorativos.

A região do bifurcamento é em regra sem qualquer valor. No caso de determinadas espécies de madeira (ex. mogno) a parte bifurcada, quando sadia e de grandes dimensões, é muito procurada para a fabricação de faqueados com desenhos em forma de pirâmide.



Figura 105: Ipê (www.apanat.org.br) e exemplo de uso de grandes forquilhas (gilbertomessianamoveiseconomicos.blogspot.com).

- **Forquilhas e medula múltipla:** a forquilha se produz quando se forma dois ou mais troncos ao invés de um só. Apresentam-se a certa altura do solo, sendo de natureza hereditária ou causada por algum dano. Este defeito é muito comum nas dicotiledôneas que crescem isoladas, e nas que se reproduzem. Se o defeito ocorre junto ao solo, é denominado **medula múltipla**. Na maioria dos casos a causa é devida ao

desenvolvimento de vários brotos de caule próximos, por dano do caule ou por predisposição natural. Outro caso é devido a árvores que crescem separadamente, porém quando muito próximas chegam a se fundir, denominado **duplo tronco**. Devido ao crescimento simultâneo das estruturas ocorre uma concentração de elementos estruturais que para o caso de *duplo tronco* ocorre na forquilha e com o tipo *medula múltipla* ocorre entre as duas estruturas de cerne. Estas regiões possuem direcionamento aleatório de fibras.



Duplo tronco (timblindim.wordpress.com).



Figura 106: Forquilha e Medula múltipla.
(<http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>)

d) Tronco Sulcado: é um desvio da forma do tronco, que se evidencia com o envelhecer da árvore, conferindo à sua periferia um contorno sinuoso e irregular (dependendo da espécie, as sinuosidades serão arredondadas ou agudas). É caracterizado, se visto em corte transversal, por anéis de crescimento formando linhas fortemente onduladas. Os sulcos podem se estender por todo o tronco, ou limitar-se à sua parte basal. Quando muito profundos, conferem à periferia do fuste um contorno irregular e cheio de reentrâncias, muitas vezes impedindo a conversão das toras em madeira serrada. Por este motivo, os troncos de muitas espécies que apresentam esta característica são empregados inteiros em obras de construção, principalmente como pilares rústicos muito decorativos. Como consequência deste defeito, tem-se a redução do material lenhoso aproveitável (desperdício na confecção das peças e diminuição do seu preço, por não atingirem a bitola padronizada); redução do emprego da madeira bruta (por exemplo, desapropriada para a fabricação de laminados de madeira). Produz desvios na direção da grã e oscilação do peso específico. Distintas características de contração provocam uma larga tendência para o aparecimento de rachaduras e encanoamento.



Figura 107: Tronco sulcado (Fonte: pro.casa.abril.com.br; qi-intermares-ensino-medio.blogspot.com).

e) Troncos com Reforço Basal:

- **Raízes Suportes:** é um tipo de reforço basal no tronco, especialmente robusto, que se prolonga para cima, alcançando até um máximo de aproximadamente 2 m de altura. Se este reforço se estender muito mais para cima da base, tem-se a formação de troncos sulcados.



Figura 108: Raízes suporte (Fonte:mundobiologico-geral.blogspot.com; botanicaparaestudantes.wordpress.com)

- **Contrafortes (Raízes Tabulares ou Sapopemas):** sapopemas são saliências verticais, mais ou menos estreitas e achatadas, que ocorrem na periferia de troncos de certas espécies, como prolongamento das raízes laterais, podendo estender-se até grande altura no fuste. A seção transversal na região dos contrafortes mostra um contorno irregular. Constitui uma característica de determinadas espécies, como, por exemplo, a sumaúma. Ocasionalmente, certos fatores mecânicos e culturais (por exemplo, a assimetria da copa) podem favorecer a formação de uma base mais avantajada para compensar o esforço. Aparecem muito frequentemente em espécies de folhosas tropicais e subtropicais, nas quais o verdadeiro fuste é considerado como sendo só aquela parte acima dos contrafortes. Dificulta o abate da árvore (no caso de sapopemas muito altas, requer-se a utilização de andaimes). Na região do tronco onde se situam os contrafortes, há um considerável desvio do tecido fibroso (grã irregular); grandes variações nos valores de contração e nas características de resistência mecânica. Dá-se também a formação de madeira de reação.



Figura 109: Tronco com sapopemas (www.jbrj.gov.br) e (http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/12541/1/circ_tec18.pdf).

13.2 Defeitos na Estrutura Anatômica da Madeira

a) **Dos anéis de crescimento:** basicamente são quatro os tipos de defeitos que podem ocorrer nos anéis de crescimento, são eles: largura irregular, deslocado, excêntrico e ondulado.

- *Largura irregular:* ocorre quando existem variações bruscas na área de plantio da árvore ou nas condições climáticas, provocando alterações na alimentação radicular (Fig. 110);

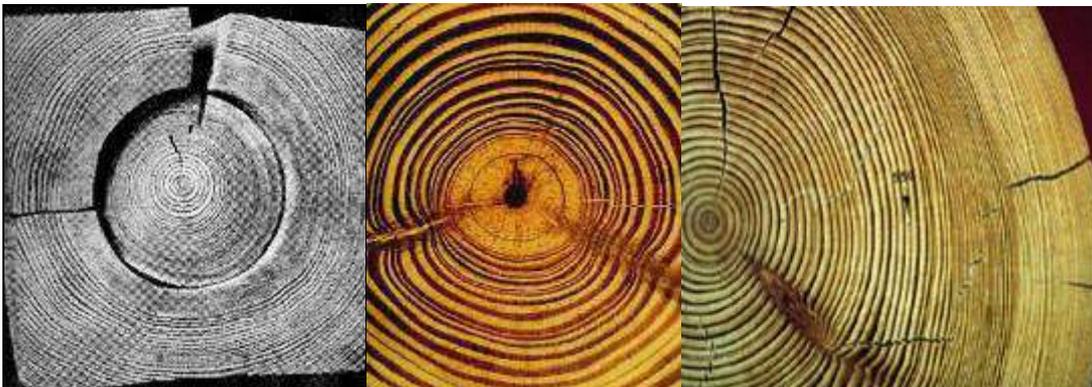


Figura 110: (Fontes: Gonçalves, 2000; <http://portaldamadeira.blogspot.com.br/2009/10/lenho-xilologia.html>; crv.sistti.com.br)

- *Deslocado:* este defeito é devido à ausência de séries de vasos em determinadas regiões do lenho, estas regiões crescem menos que as regiões adjacentes possuidoras de vasos em abundância (Fig. 111);



Figura 111: (Fontes: Gonçalves, 2000; <http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>)

- *Excêntrico*: ocorre quando a medula não ocupa o centro da seção transversal do tronco. É um defeito muito comum e devido geralmente à força do vento ou da gravidade (crescimento oblíquo do tronco) ou por forte insolação lateral. Os anéis de crescimento ficam com largura variável e desigualmente distribuída, causando assim a formação de madeira comprimida, principalmente nas coníferas. (Fig. 112)



Figura 112: Anéis de crescimento excêntrico. (Fontes: www.seattlearborist.com; <http://ohioline.osu.edu/factsheet/F-72-11>)

- *Ondulado*: os anéis de crescimento apresentam-se de forma ondulada entre os raios medulares. (Fig. 113)

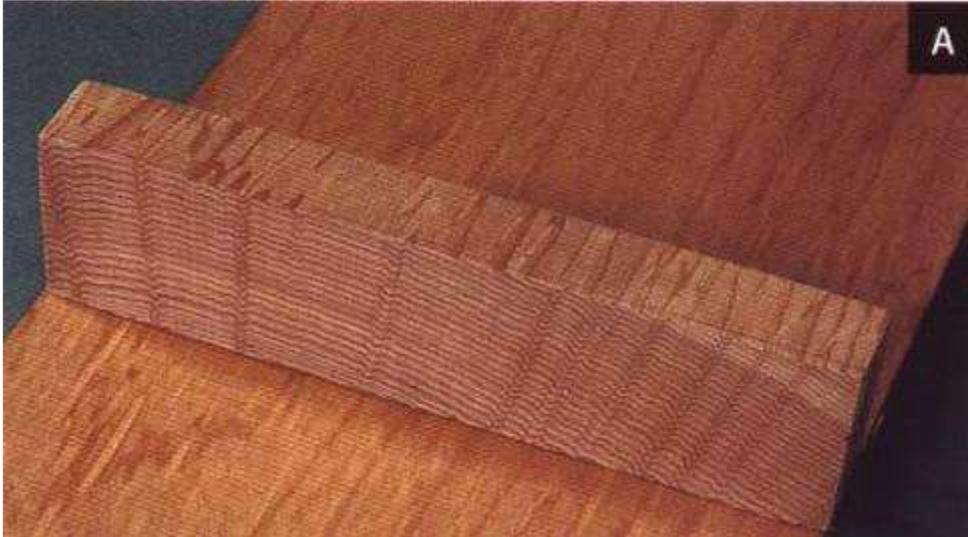


Figura 113: Anéis de crescimento ondulados. (Fonte: Hoadley, 1996).

b) Bolsas de Resina: são pequenas bolsas planas, cheias de resina que aparecem dentro de um anel de crescimento anual (Figura 114). Ocorrem em coníferas que possuem canais resiníferos. A parte inferior das bolsas não se transforma em cerne e nem adquire a coloração deste. Essas bolsas obstruem os raios medulares e interrompem o fluxo de substâncias na formação do cerne oriundas do alburno. Segundo pesquisadores, as fendas produzidas no câmbio pela força do vento são provavelmente a causa da origem das bolsas que se enchem de resina que flui dos canais resiníferos radiais afetados pelas mesmas fendas.



Figura 114: Bolsa de resina em pinus. (Fonte: http://fld.czu.cz/~zeidler/timber_atlas/nextpages/glossary.html; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Resin_pocket_pinus_sylvestris_beentree.jpg)

Bolsas de Kino (eucalipto): são formações anormais da madeira, geralmente uma descontinuidade no lenho, formando setores anelares de comprimento e formas variadas. Resultam de fendas tangenciais praticadas no câmbio por esforços mecânicos. A gomose é o escorrimento anormal e exagerado de substâncias pelo tronco, a partir de pontos individuais. Tais substâncias apresentam constituição complexa (maior parte são taninos), secam em contato com o ar e ficam aderidas ao tronco nos locais de escorrimento. Esse líquido, por conter maior quantidade de polifenóis que carboidratos, deve ser chamado de quino em vez de goma.

Quino (figura 115): exsudado fenólico vermelho escuro comumente encontrado na casca ou nas madeiras de eucalipto. A forma mais encontrada é a anelar, com cerca de 2-3mm de espessura e tem como característica estar cheia desse exsudado escuro. As bolsas de resina são um dos defeitos mais freqüentemente mencionados como a causa da degradação da madeira de eucalipto na Austrália. Quando pequenas, desclassificam a madeira a ser usada para fins nobres, tais como móveis e painéis decorativos. Quando grandes, podem enfraquecer peças estruturais. Este defeito afeta não só a aparência da superfície das peças, mas também suas propriedades mecânicas. O fluxo anormal de resina ou quino origina zonas de lenho translúcido ou produz manchas que podem se liquefazer quando aquecidas durante o processamento industrial.





Figura 115: Bolsas de kino em *Eucalyptus grandis*.

c) Falso Cerne: apresenta-se em diferentes formas acompanhando o cerne normal em muitas dicotiledôneas. As formas de falso cerne são denominadas coração vermelho, coração cinzento, cerne gelado e cerne pálido.



Figura 116: Falso cerne (Fonte: <http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>; fld.czu.cz)

d) Duplo Alburno: apresenta-se dentro do cerne normal em forma anular com espessura ou largura média. Segundo pesquisadores o duplo alburno é causado por danos produzidos no alburno primário por consequência de estação exageradamente fria e como consequência as células mortas do alburno perdem a capacidade de transformar o amido em substâncias de tanino necessárias para a formação do cerne. Este defeito ocorre tanto em coníferas como folhosas.



Figura 117: Tora onde mostrando duplo alburno. (FONTE: http://fahiba.fmk.nyne.hu/31_belso%20szijacs.htm)

e) Nó: é a porção basal de um ramo que se encontra embebida no tronco ou peças de madeira, provocando na sua vizinhança desvios ou a descontinuidade dos tecidos lenhosos (Figura 118). Quanto à aderência, pode ser vivo, morto ou solto. O nó vivo (Figura 119) corresponde a uma época em que o ramo esteve fisiologicamente ativo na árvore, havendo uma perfeita continuidade de seus tecidos lenhosos com os do tronco. O nó morto (Figura 120) corresponde a um galho que morreu e deixou de participar do desenvolvimento do tronco. Não há mais continuidade estrutural e a sua fixação depende apenas da compressão periférica exercida pelo crescimento diametral do fuste. Os nós, ao morrerem, podem sofrer transformações tais como acúmulo de resinas ou outros materiais que lhes conferem acentuada dureza. O nó solto corresponde a um nó circular, com grande parte de tecidos já mortos que, devido à falta de aderência aos tecidos adjacentes e diferenças no comportamento de contração, cai no momento da secagem.



Figura 118: Nós (Fonte: <http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>).

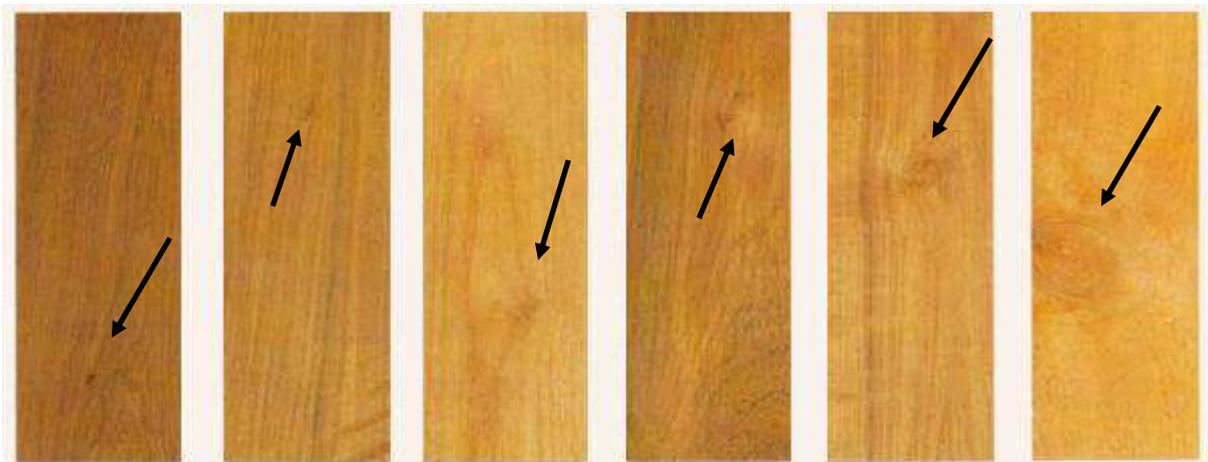


Figura 119: Nó vivo (Fonte: <http://www.myanmartimberassociation.org/feq.html>)

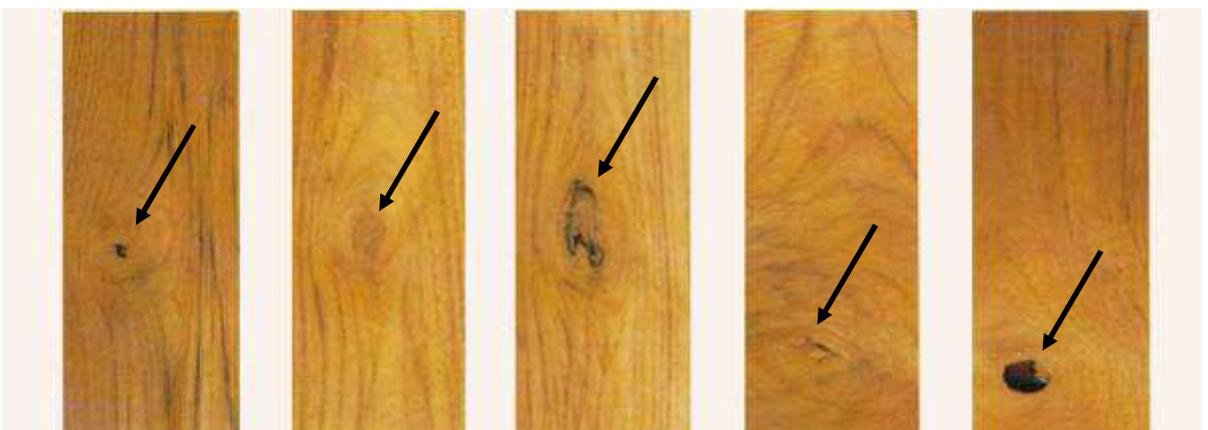


Figura 120: Nó morto (Fonte: <http://www.myanmartimberassociation.org/feq.html>)



Figura 121: Móveis e artesanato em madeiras com nó (Fonte: www.moveisrusticosschoffen.com.br; produto.mercadolivre.com.br; <http://grandpacliff.com/Trees/Knots.htm>; www.touchwoodrings.com; <http://www.woodturningblanks4u.com/norfolk-island-pine-tips.html>)

Consequências tecnológicas: a madeira do nó é mais escura, densa e lignificada do que a do lenho normal, por isso mesmo mais dura e quebradiça. Os índices de retratibilidade desviam-se daqueles apresentados pelo lenho normal (nós soltos). Várias propriedades de resistência da madeira são afetadas tendo os seus índices diminuídos,

como a resistência à tração (50 - 80%) e à compressão (até 10-20%). A resistência à flexão é mínima no âmbito dos galhos. A posição e o diâmetro dos nós individuais, principalmente aqueles com grande porção morta absorvida, contribuem muito mais para a diminuição das propriedades de resistência de uma peça de madeira do que a quantidade deles.

Consequências econômicas: redução da madeira aproveitável, quando da obtenção das peças; diminuição da produtividade, diminuição da qualidade do produto final (descolorações, prejuízos na textura; válido também para processo de polpação química e semiquímica).

f) Defeitos da Grã

Crescimento Espiralado: é aquele que não ocorre paralelamente ao eixo do tronco, mas em sentido espiral. Evidencia-se por observação das faces tangenciais. Muitas espécies apresentam como regra geral, crescimento em espiral (sendo duvidoso se este defeito constitui uma exceção). É importante citar que o ângulo do espiralamento apresenta inúmeras alterações durante a vida da árvore. As coníferas, na juventude, formam espiral à esquerda e na velhice, à direita (=alteração do sentido da grã); e as folhosas, em geral, formam grã espiral à direita; não se verificando alteração. Dentro da árvore o ângulo de inclinação diminui de baixo para cima (pode em casos extremos atingir até 90°) e aumenta do interior para a periferia.

Nos troncos descascados e na madeira serrada, a direção de rachaduras de secagem corresponde ao ângulo de orientação dos tecidos. Não existindo rachaduras, o sentido da grã pode ser constatado, expondo-se a camada de um anel de crescimento (em vigas). O crescimento espiralado predispõe o surgimento de deformações e rachaduras. Isto conduz a dificuldades de secagem e trabalhabilidade em acabamentos de superfície, por exemplo, o aparecimento de ondulações e fendas. As rachaduras acompanham a grã oblíqua, e, portanto, maiores proporções da madeira são atingidas do que em caso de grã direita. Peças de madeiras oriundas de troncos com crescimento espiralado terão seus tecidos obliquamente cortados em processo de desdobro paralelo ao tronco: diminuição das propriedades de resistência (em madeira roliça não há prejuízo para a resistência da madeira).

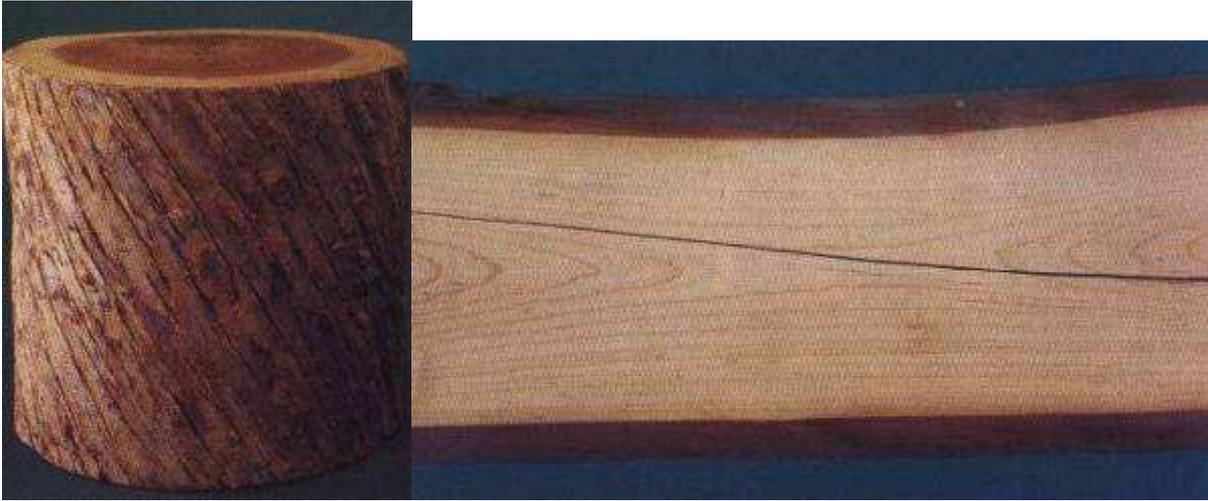


Figura 122: Crescimento espiralado e problemas na madeira (Fonte: Hoadley 1990).

Grã Ondulada ou Crespa: Trajeto ondulado dos tecidos, desvio do crescimento normal em diâmetro como resultado da posição inclinada das células cambiais na superfície tangencial. Os anéis de crescimento apresentam-se normais, com formato circular. Quanto às utilizações técnicas, ocorre a diminuição da qualidade, sérias dificuldades de acabamento superficial. Muito procurada para móveis em decorrência do aspecto decorativo (provocada pela diferença de brilho dos tecidos cortados sob diferentes ângulos).



Figura 123: Aspecto lateral da madeira com grã ondulada (Fonte: Hoadley 1990).

g) Lenho de Reação: árvores que se desenvolvem sob o efeito de esforços externos contínuos formam dois tipos especiais de lenho, provavelmente devido a um estímulo assimétrico de hormônios de crescimento, visando compensar o esforço imposto. Este tipo especial de lenho tem o nome genérico de lenho de reação. Nas gimnospermas, o lenho de reação surge sempre na porção sujeita à compressão: **lenho de compressão**, enquanto que nas angiospermas dicotiledôneas este se localiza na zona tracionada: **lenho de tração**. É comum a ocorrência deste defeito em árvores que apresentam troncos curvos, por exemplo, por crescerem em encostas acentuadamente inclinadas, ou na base de ramos.

Entretanto, nem sempre a sua presença pode ser detectada em árvores vivas, pois muitas vezes está presente em indivíduos que apresentam externamente troncos cilíndricos e verticais.

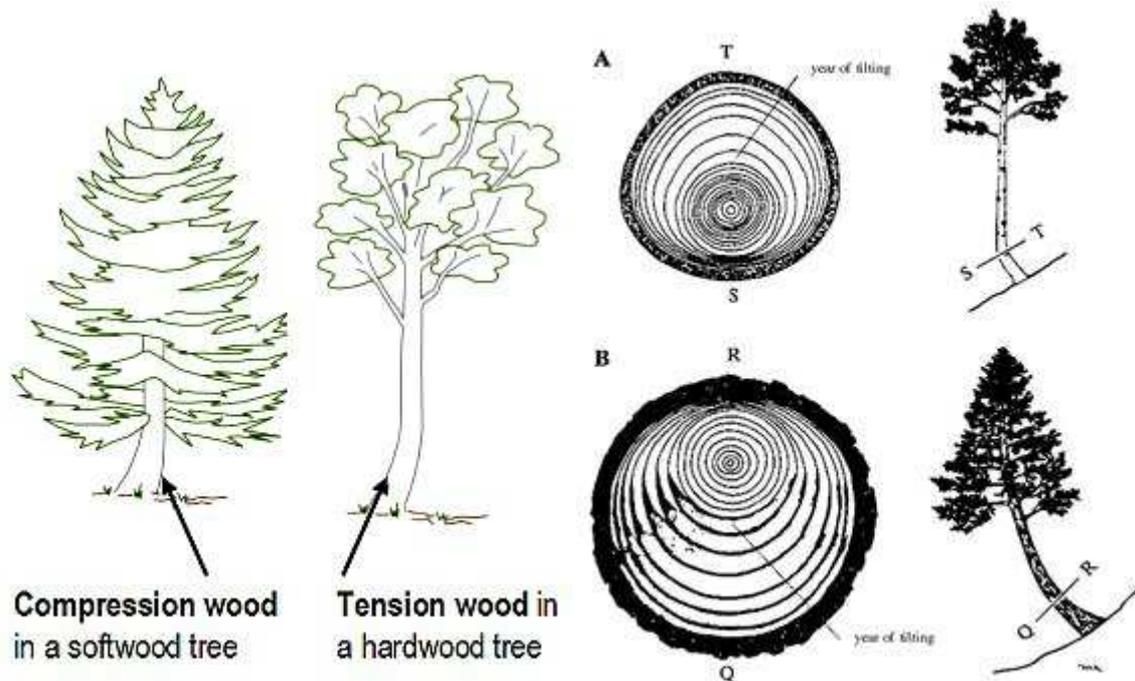


Figura 124: Lenho de tração e lenho de compressão. (Fonte: www.workspacetraining.com.au; http://www.wsl.ch/dienstleistungen/produkte/glossare/dendro_glossary/viewImage_EN?id=242).

Lenho de Compressão

O lenho de compressão caracteriza-se macroscopicamente pela presença de crescimento excêntrico, transição quase indistinta entre lenho inicial e tardio, devido ao fato das células do primeiro apresentarem paredes mais espessas que o normal, aparência sem brilho e cor mais forte. Microscopicamente, os traqueoides do lenho de compressão revelam um contorno arredondado, deixando conseqüentemente entre eles espaços intercelulares. Em seção longitudinal observam-se rachaduras oblíquas em suas paredes, que afetam enormemente a resistência mecânica.

Este tipo de lenho possui propriedades bem distintas do lenho normal, com importantes conseqüências para as qualidades e utilização da madeira como: excessiva dureza, elevado conteúdo de lignina e baixo conteúdo em celulose, orientação espiralada da estrutura fibrilar submicroscópica e ausência da camada S_3 da parede celular.

As principais conseqüências das madeiras são: comportamento desigual; apresentam elevada instabilidade dimensional; madeiras quebradiças; tem baixas qualidades de trabalhabilidade; propensão a empenamentos por ocasião da secagem; tem uma coloração típica que pode diminuir o seu valor; apresentam maior resistência à compressão axial e perpendicular.

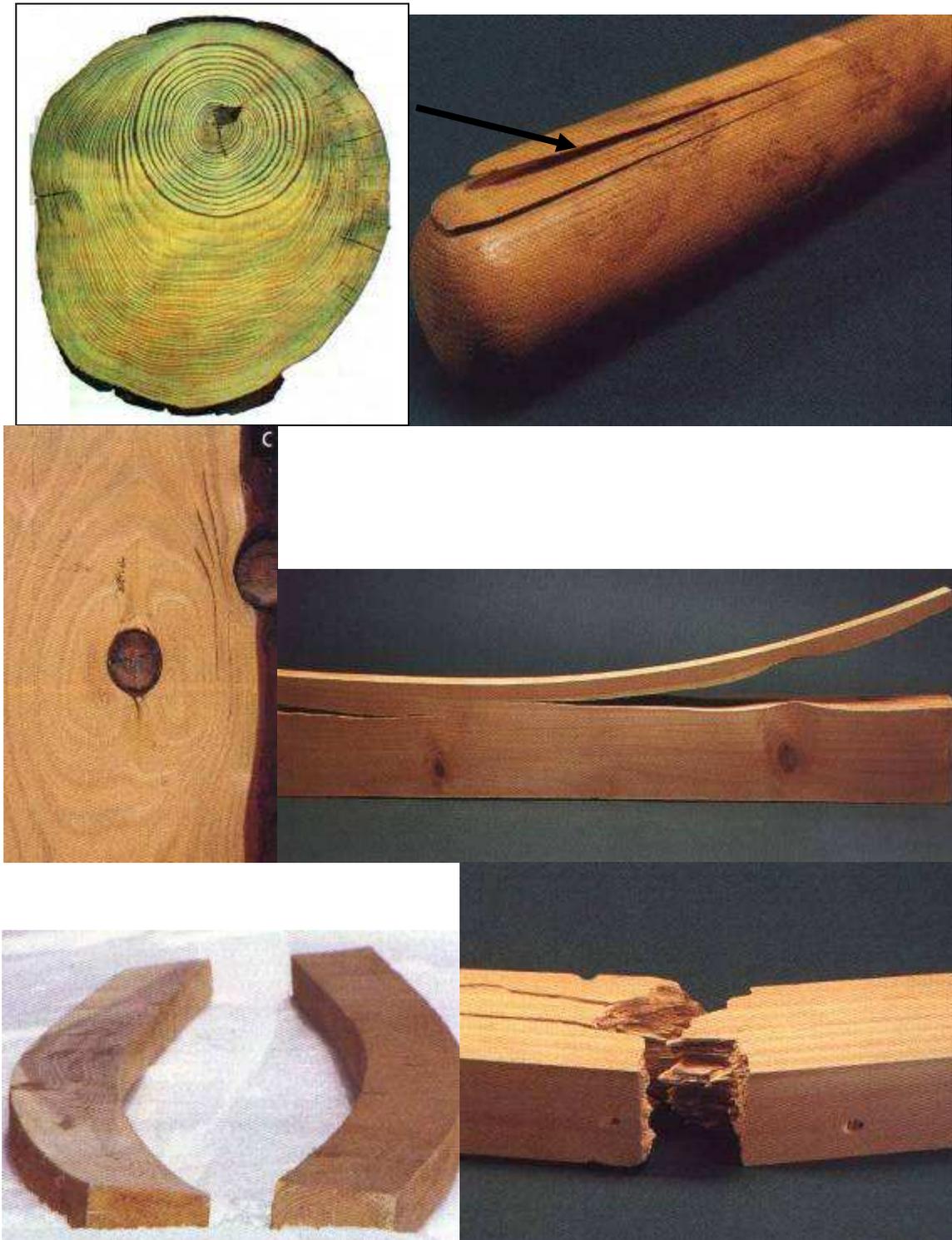


Figura 125: Lenho de compressão em *Pinus* spp. (Fonte: Raven et al., 1996). Defeitos (Fonte: Hoadley, 1990)

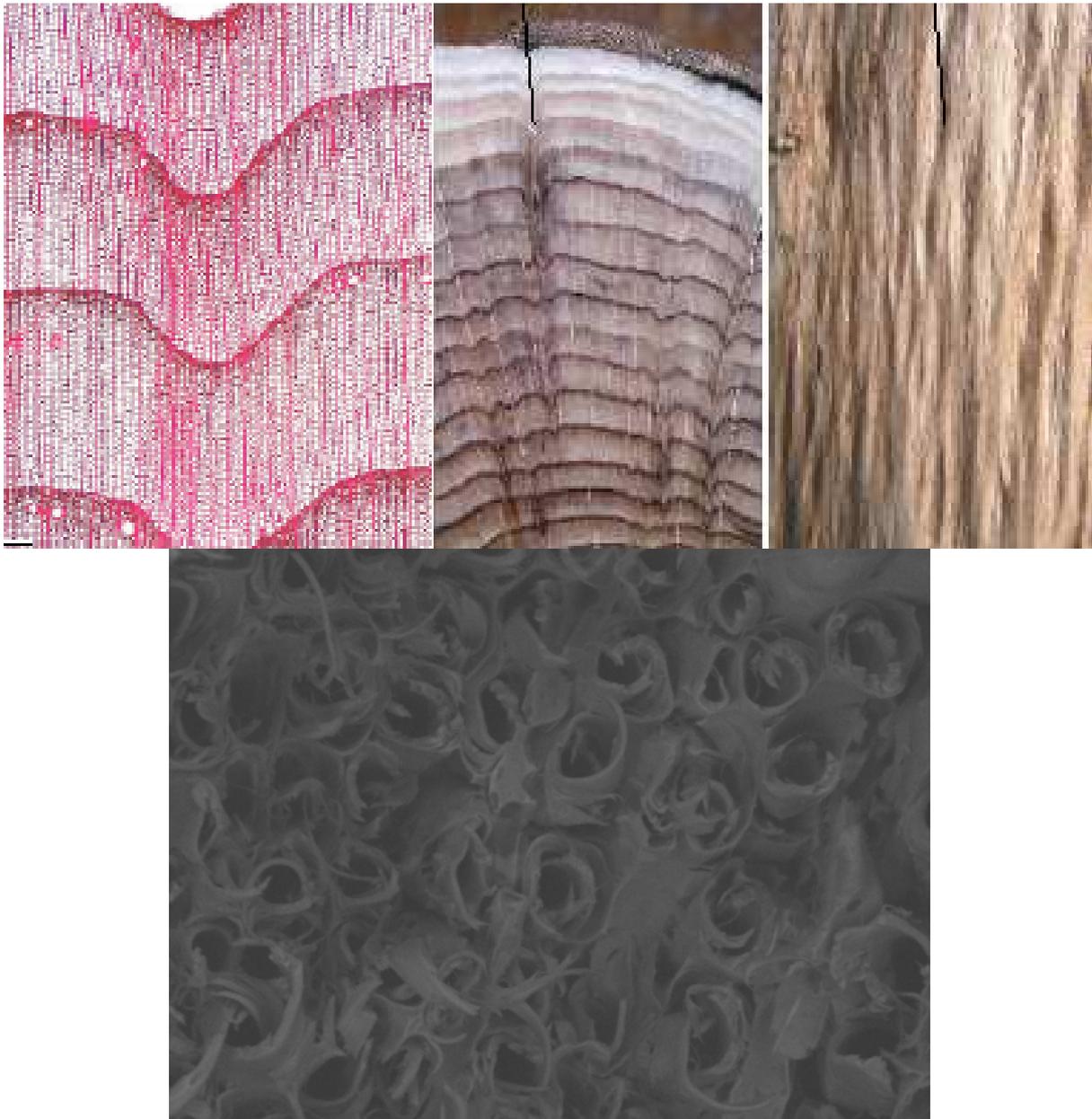


Figura 126: Lenho de compressão em coníferas (Fonte: Schweingruber et al. 2008). Imagens em microscopia eletrônica dos traqueoides no lenho de compressão de pinus (Fonte: LANAQM, 2016).

Lenho de Tração

Assim como o lenho de compressão, este tipo de lenho é geralmente associado ao crescimento excêntrico, mas é bem mais difícil de ser constatado macroscopicamente. Normalmente apresenta uma coloração distinta, mais clara (branco-prateada) do que o lenho normal e a superfície da madeira apresenta-se sedosa. Com frequência só é detectado microscopicamente pela presença de fibras com um anormal espessamento de suas paredes internas conhecidas por fibras gelatinosas, que o caracterizam e conferem à madeira o brilho especial. As paredes destas células possuem elevado conteúdo de celulose, enquanto que a lignina é quase ausente.

As consequências da presença de lenho de tração são: difícil trabalhabilidade: as superfícies das peças apresentam-se ásperas, oferecem dificuldades na aplicação de pregos, etc.; grande instabilidade dimensional com tendência ao aparecimento de colapso; valor comprometido pela coloração anormal; elevada resistência a esforços de tração e baixa resistência à compressão e flexão; surgimento de compensados empenados, corrugados e rachados; dificuldades nas operações de cozimento para a fabricação de papel originando produto de baixa qualidade.

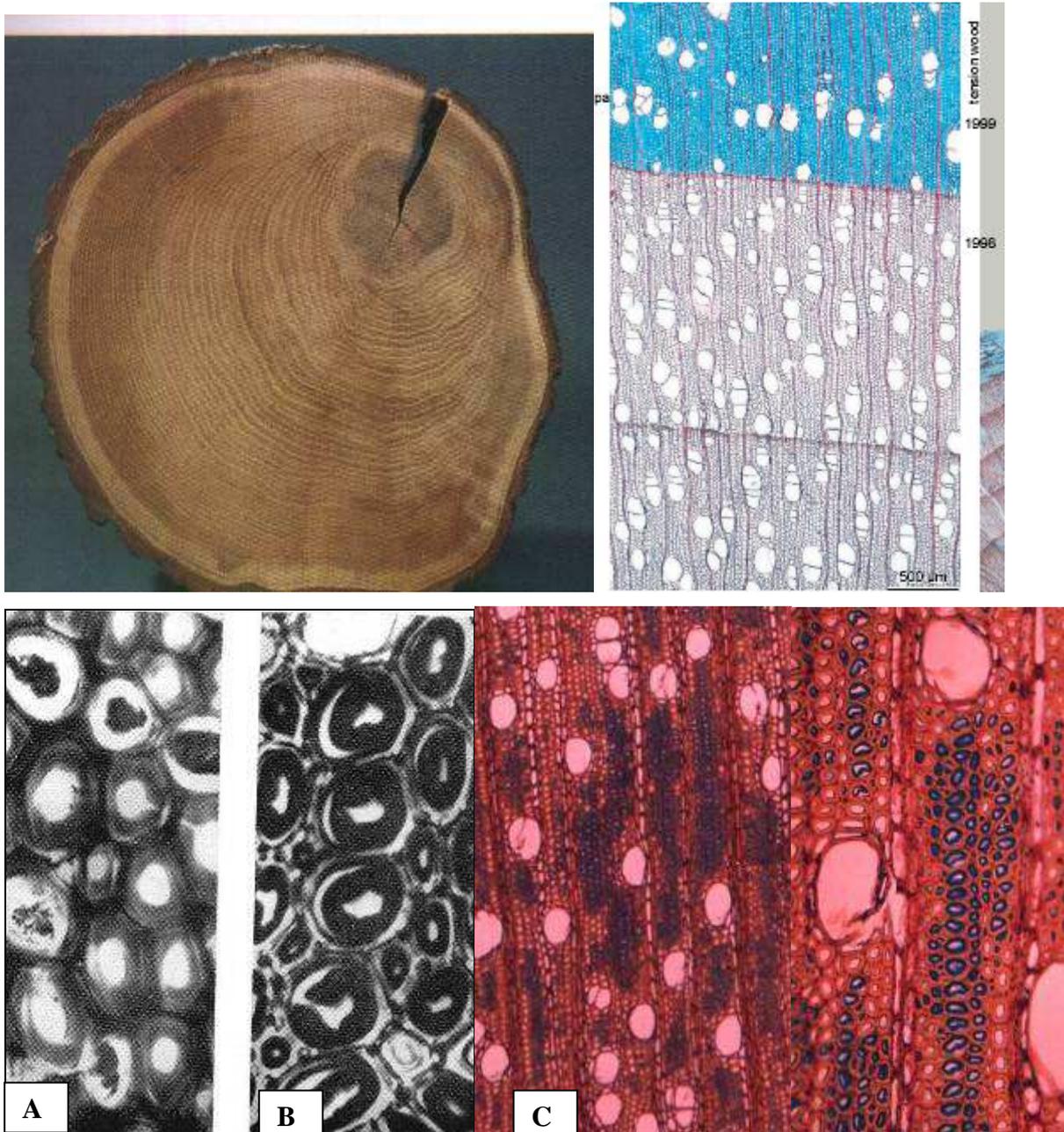
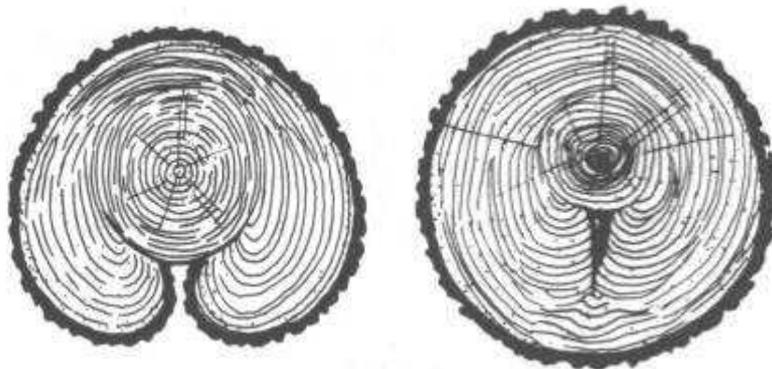


Figura 127: Lenho de tração em *Fagus sylvatica*. Imagem microscopia (Fonte: Schweingruber et al. 2008). A) fibras em madeira normal e B) fibras em lenho de tração, onde a parede secundária está separada, na maioria das fibras, da parede primária (Fonte: Jane, 1962). C) Fibras gelatinosas em eucalipto (Fonte: LANAQM, 2010).

h) Lenho de Cicatrização: o tecido de cicatrização aparece na região de ferimentos, locais onde o câmbio em uma área maior ou menor havia morrido. O calo cicatricial ocorre pelo fato do câmbio intacto desenvolver-se em forma de uma protuberância calosa. Para fora, o ferimento fecha-se através do córtex. No interior forma-se uma camada cambial unida ao câmbio do tronco. As protuberâncias, principalmente laterais, formam-se gradativamente sobre o local da injúria. A madeira envolvente não está diretamente ligada à região do ferimento, e num processo adiantado ocorre, finalmente uma fusão das duas protuberâncias tornando-se seus câmbios um tecido único. Posteriormente o crescimento do diâmetro do tronco sobre o ferimento prossegue de forma normal. Com relação às características anatômicas, observa-se que as fibras e anéis de crescimento apresentam trajeto cheio de desvios e curvaturas. Em folhosas, fibras libriformes estão ausentes ou são muito reduzidas, além do mais, verifica-se uma marcante deformação na forma das células. Em maior proporção tem-se células parenquimáticas. Em coníferas os traqueoides apresentam-se analogamente deformados. Verifica-se, em parte, uma maior incidência de canais resiníferos. Os desvios do lenho normal são menores quanto mais afastado estiver o tecido de cicatrização desenvolve-se do local do ferimento. No lenho de cicatrização, as consequências estão relacionadas ao comportamento diferente do lenho no que diz respeito à estabilidade dimensional, tendência a deformações e torceduras, difícil trabalhabilidade. Na região da injúria é possível o surgimento de numerosos outros defeitos secundários: descoloração, englobamentos, alterações estruturais, ataques de fungos e insetos.



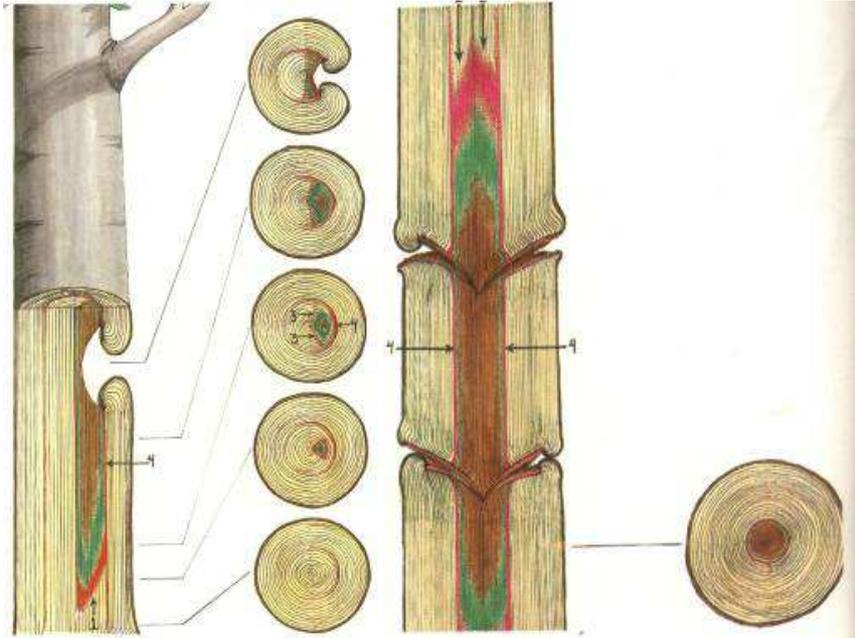


Figura 128: Lenho de cicatrização (Fonte: http://www.inkspotproject.com/2012_10_01_archive.html; Burger e Richter, 1991; Shigo, 1977)

i) Inclusões Minerais: substâncias minerais em forma diluída são retiradas do solo pela árvore. Com o avançar da idade, especialmente na formação do cerne, estas podem transformar-se em ligações insolúveis, como por exemplo, o oxalato de cálcio e silicato, nos capilares submicroscópicos da parede celular ou serem depositados nos lumes das células. Inclusões minerais são consideradas como defeito quando levam a uma petrificação. Dificultam a trabalhabilidade, provocando um rápido desgaste das ferramentas. Diminuem o aproveitamento da madeira, reduzem o rendimento de trabalho devido à necessidade de cortes especiais ou retirada das partes com defeito.

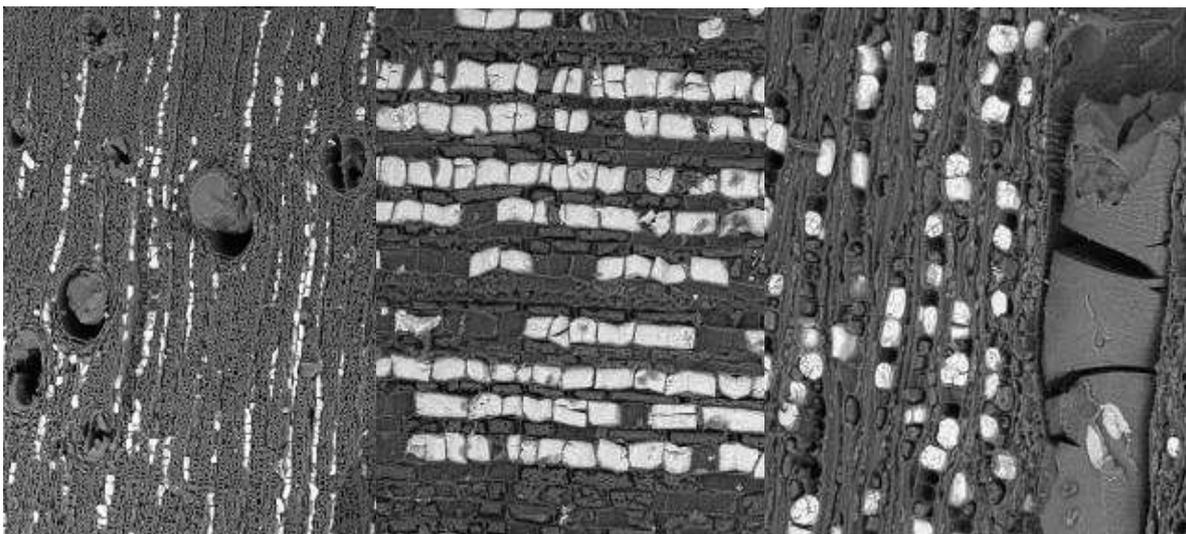


Figura 129 - Inclusões minerais em *Combretum imberbe* (Fonte: LANAQM, 2014).

j) Fendas: vários fatores externos podem ocasionar defeitos, sendo que na maioria das vezes, estes defeitos se apresentam em forma de fendas, podendo ser:

- *Fendas por contração:* formam-se em grande quantidade na superfície das madeiras, geralmente quando o abate ocorre no verão;
- *Fendas do cerne, da medula e dos raios lenhosos:* estas fendas vão desde a medula até a casca, se formam nos extremos do tronco pouco após o abate, em consequência de uma contração desigual;
- *Fendas de frio:* são devidas às tensões que surgem quando da ocorrência de estações frias intensas, as camadas externas do tronco se esfriam muito e contraem mais que as camadas internas;
- *Fendas por formação de anéis de crescimento de largura irregular:* originam-se de variações bruscas na área de plantio da árvore ou nas condições climáticas, provocando alterações na alimentação radicular.
- *Fendas de insolação:* originam-se em consequência de contrações muito elevadas durante o verão intenso e seco, quando as reservas de água do tronco atingem o limite crítico.

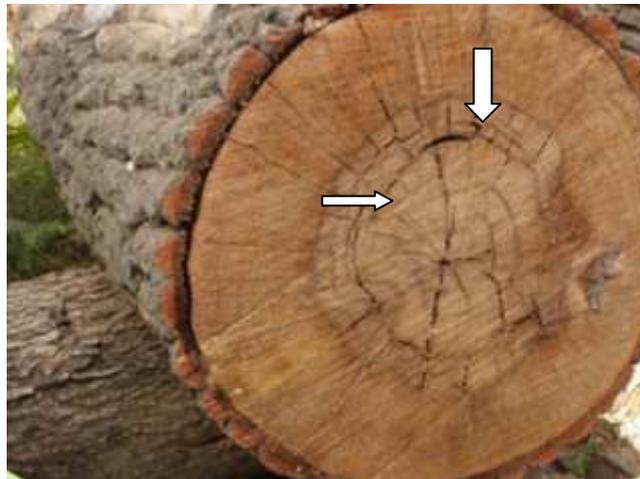


Figura 130: Fendas de contração (Fonte: <http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>)



Figura 131: Fendas de frio (Fonte: <http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>) traqueoides colapsados devido ao frio (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

k) Alterações na estrutura anatômica por outros fatores externos

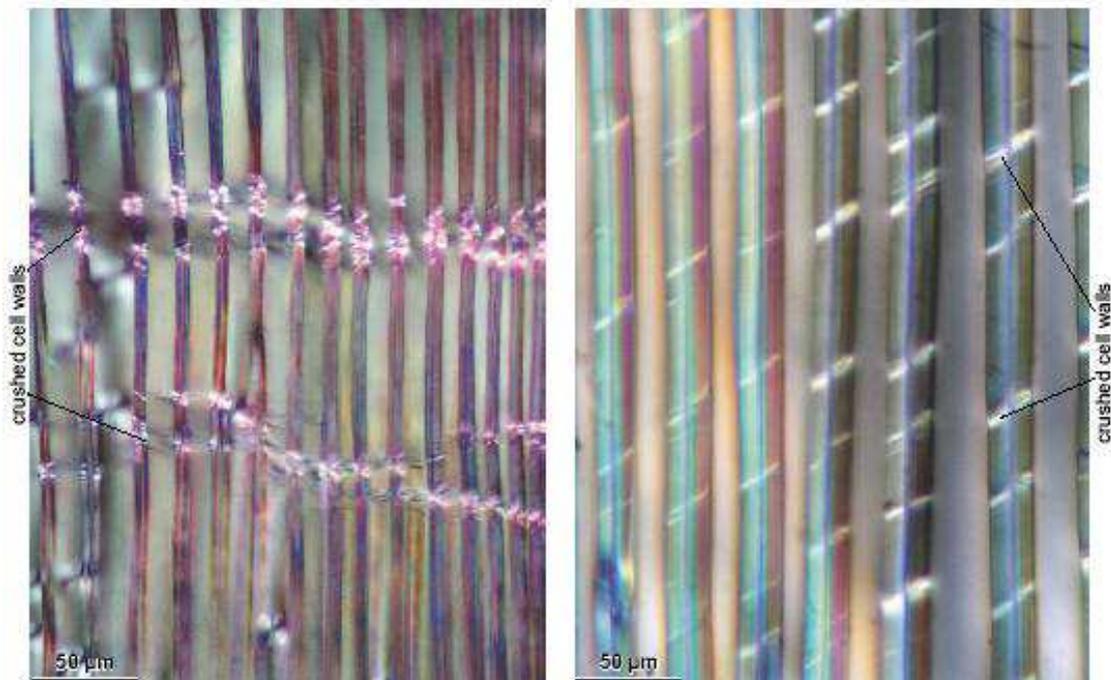


Figura 132: Traqueoides após chuva de pedra em *Picea abies* (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

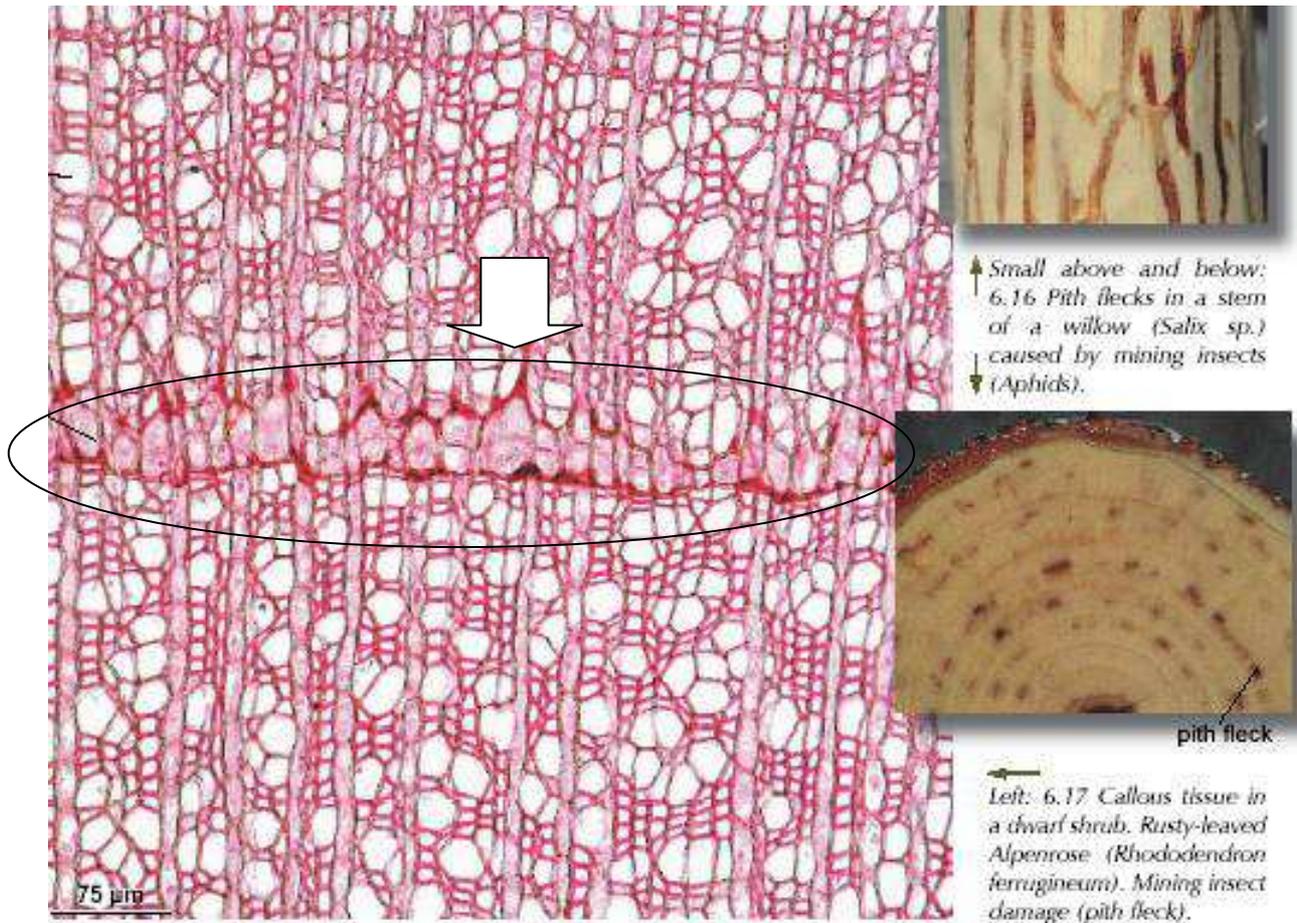


Figura 133: Calos resultantes do ataque de insetos (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

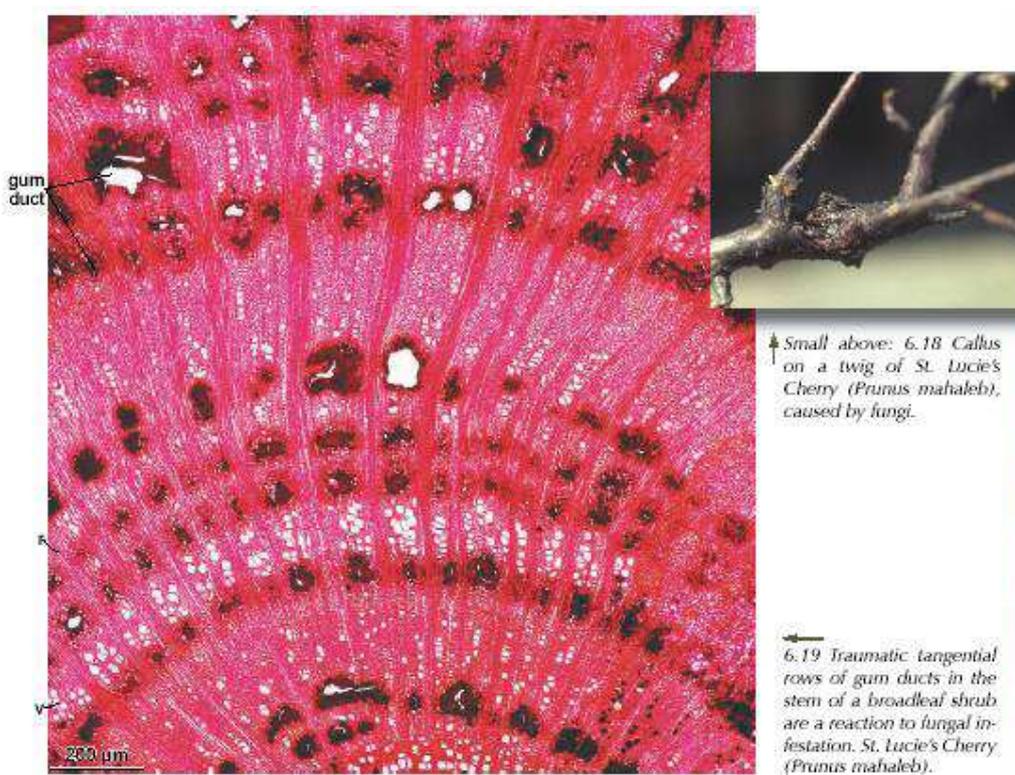


Figura 134: Canais traumáticos após o ataque de insetos (Fonte: Schweingruber et al. 2008)



Figura 135: Alteração no crescimento por fatores externos. (A): *Ulmus* sp. de crescimento normal e (B) bonsai (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

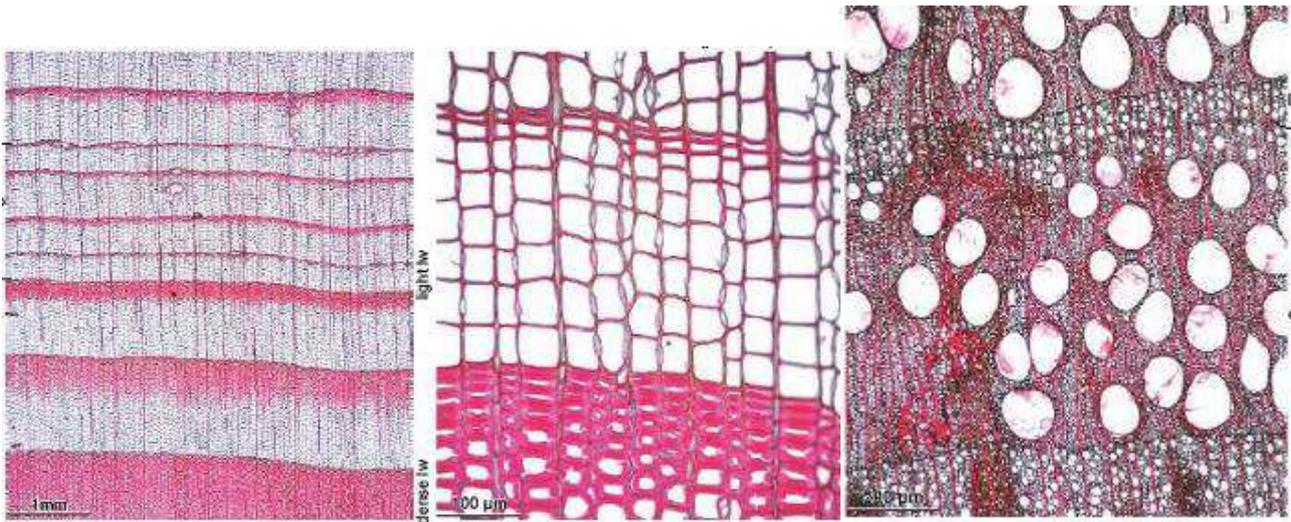


Figura 136: Alteração no crescimento por ataque de insetos (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

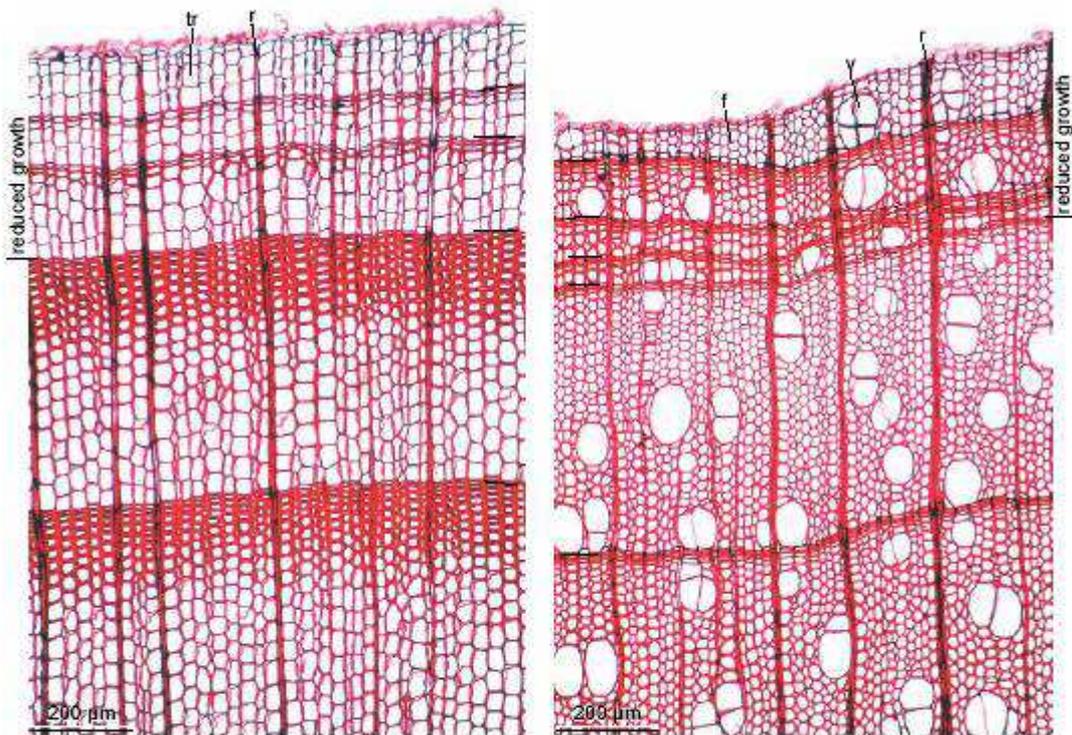


Figura 137: Redução crescimento poluição (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

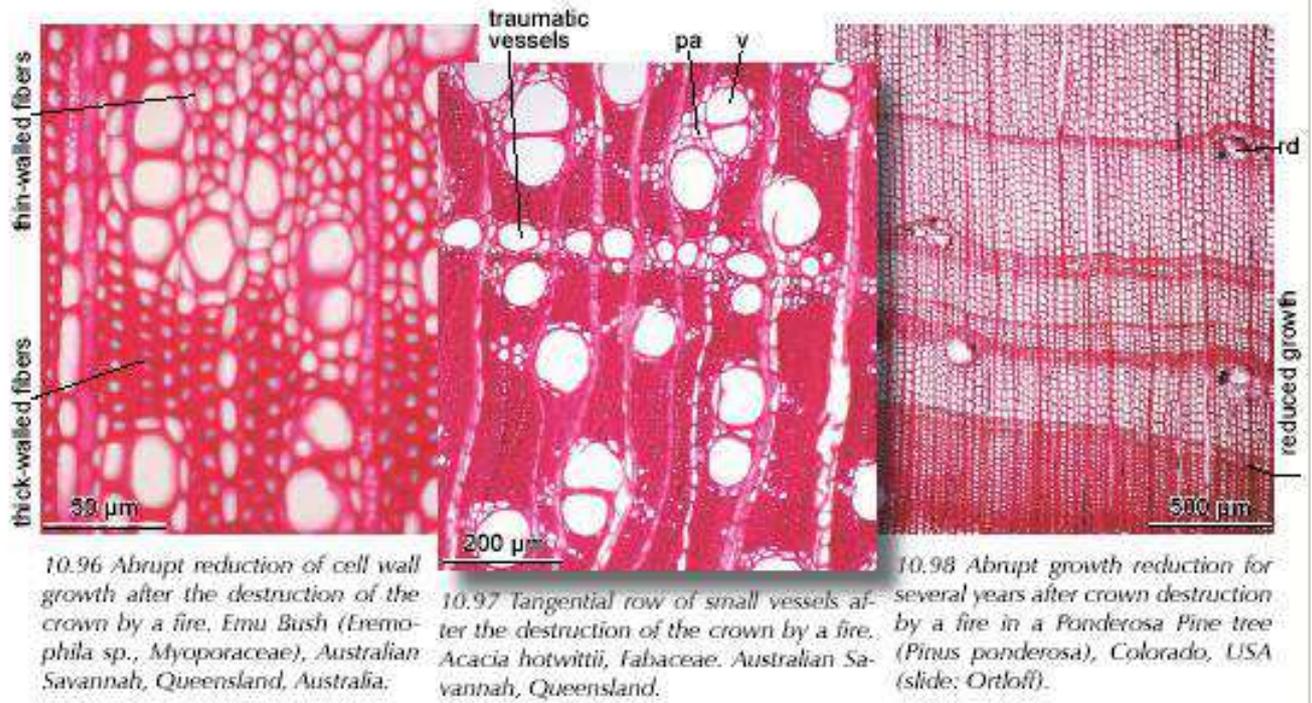
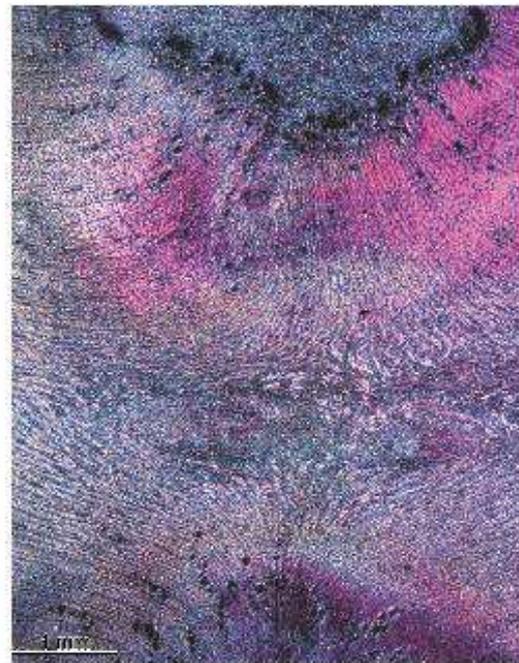
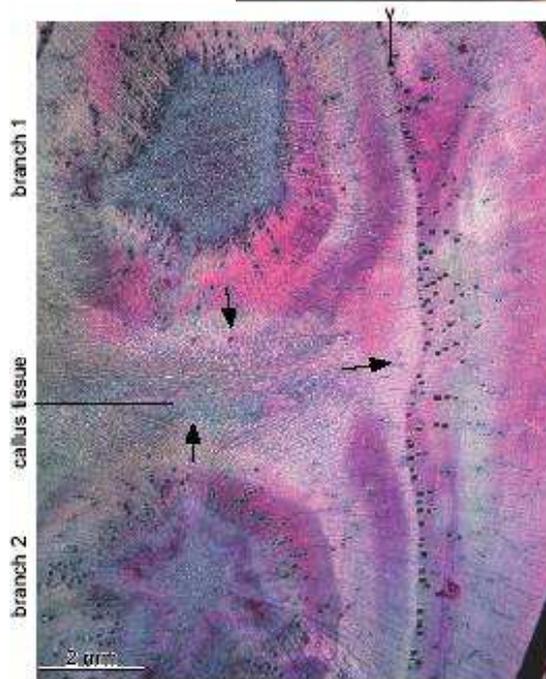
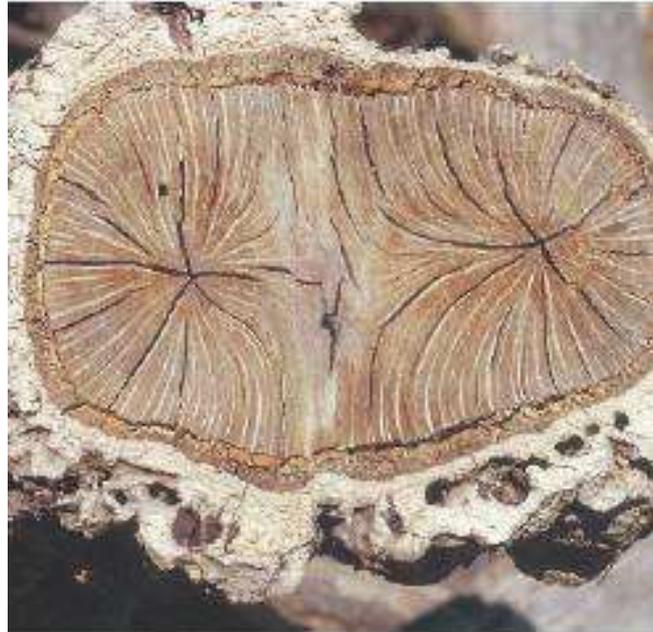


Figura 138: Alteração no crescimento por calor excessivo e fogo (Fonte: Schweingruber et al. 2008)



10.76 Anastomosis of two main branches. As soon as two branches touch, fiber directions change and construct mechanically optimal tissue. Vessels are not formed before the next spring. Sweet Chestnut (*Castanea sativa*), polarized light. See also 3.53.

10.77 Detail from 10.76. Fibres in the autonomous twigs are longitudinal oriented. As soon as the branches grow together, fibers grow horizontally.

Figura 139: Anastomose de galhos (Fonte: Schweingruber et al. 2008)

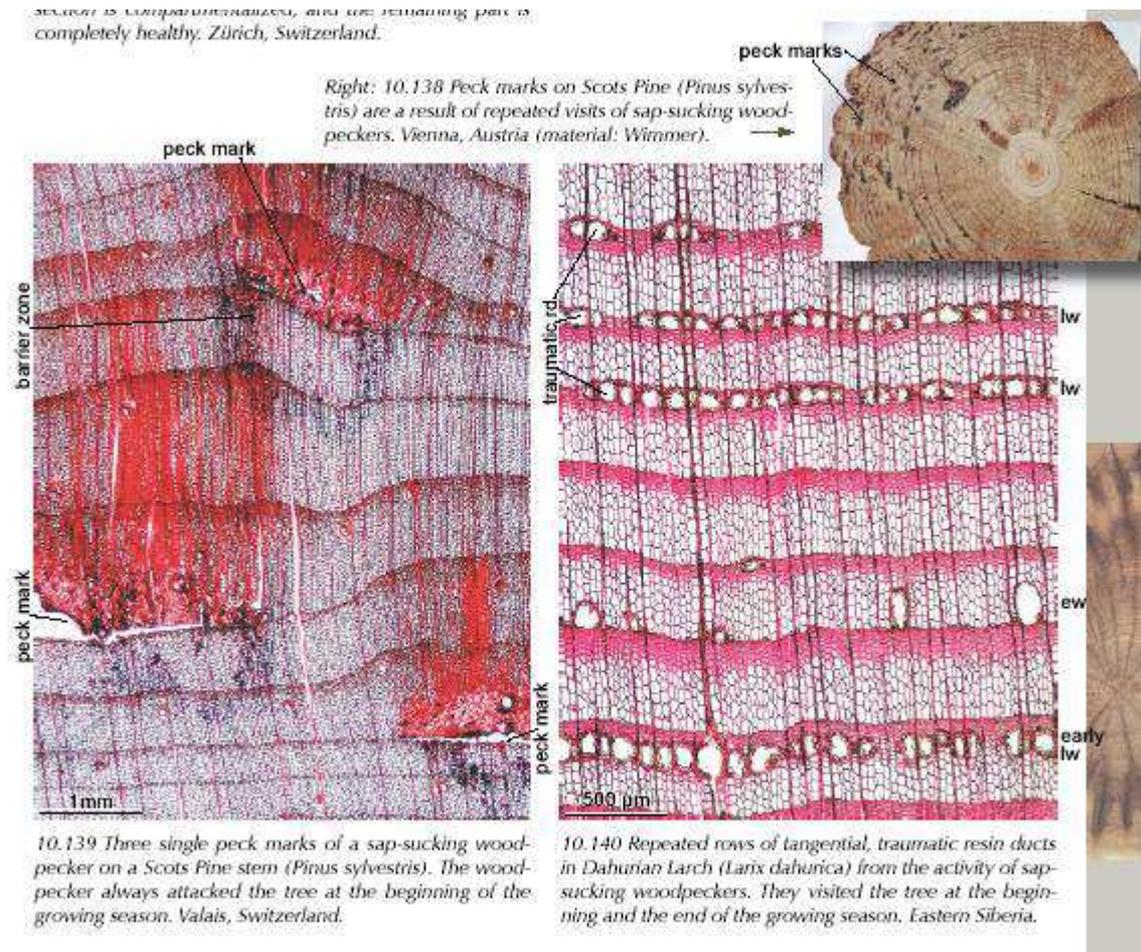


Figura 140: Dano pica pau (Fonte: Schweingruber et al. 2008)



Figura 141: Casca interna (Fonte: <http://www.pannonpower.hu/en/biomass/wood-defects>)



Figura 141: Alteração na cor da madeira de maple por ataque de fungos (Fonte: <https://greenlv.wordpress.com/tag/norway-maple>); desenhos diferenciados em lâminas pelo ataque de fungos (Fonte: (http://workshopcompanion.com/KnowHow/Design/Nature_of_Wood/1_Wood_Grain/1_Wood_Grain.htm

BIBLIOGRAFIA

ABPM. **Catálogo de Pinus**. Spectrum: Caxias do Sul.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CORE, HA.; CÔTÉ, WA.; DAY, AC. **Wood structure and identification**. USA: Syracuse University Press, 1979. 182p.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da madeira**. São Paulo: Xerox Docutech, 2000. 242p.

GROSSER, D. **Defeitos da Madeira**. Curitiba: Fupef, nº 2, 62 p.

JANE, F.W. **The structure of wood**. London: Adam & Charles Black, 1962. 427p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.Y.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan SA, 1996. 728p.

SCHWEINGRUBER F.H.; BÖRNER, A.; SCHULZE, E.D. Atlas of woody plant stems evolution, structure, and environmental modifications. Springer, 2008.