



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA FLORESTAL**  
**DISCIPLINA: ANATOMIA DA MADEIRA**  
**PROF<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana Nisgoski**

## 1 BIOLOGIA VEGETAL – CONCEITOS

O estudo das plantas vem se desenvolvendo a milhares de anos e como em todas as áreas da ciência, tornou-se diversificado e especializado no decorrer dos últimos séculos. A botânica hoje é uma área de conhecimento importante e que apresenta diversas subdivisões:

- **Fisiologia vegetal:** estuda o funcionamento das plantas, isto é, de que modo capturam e transformam a energia e como crescem e se desenvolvem;
- **Morfologia vegetal:** estuda a forma das plantas;
- **Anatomia vegetal:** estuda a estrutura interna das plantas;
- **Classificação das plantas = sistemática = taxonomia:** atribui nomes e classifica as plantas;
- **Citologia:** estuda a estrutura das células, função e história de vida;
- **Genética:** estuda a hereditariedade e variabilidade;
- **Biologia molecular:** estuda a estrutura e função das macromoléculas biológicas;
- **Ecologia:** estuda as relações entre organismos e seu ambiente;
- **Paleobotânica:** estuda a biologia e a evolução das plantas fósseis.

## 2 CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS

Engler, Linnaeus, Cronquist

**Árvore:** Planta lenhosa, de tronco simples e elevado, de mais de 5 m de altura, com fuste despido de ramos na parte inferior. Do latim: *arbor*.

**Arbusto:** Vegetal lenhoso, em geral de menos de 5 m de altura, ramificado desde a base e lignificado em toda sua extensão. Distingue-se da árvore pela sua menor altura e por ter vários fustes ou um simples, mas ramificado. Do latim: *arbustum*.

### **Algas, Briófitas, Fungos, Samanbais e Licófitas**

**Gimnospermas:** compreende as plantas providas de sistemas vasculares e órgãos diferenciados, que formam sementes nuas, ou seja, não contidas em frutos.

**Angiospermas:** engloba as plantas vascularizadas com órgãos diferenciados e formadores de sementes inclusas em frutos. São as plantas mais evoluídas.

### **Reino, Divisão, Classe, Ordem, Família, Gênero, Espécie.**

**Espécie:** reunião de todos os indivíduos que se parecem mais entre si que aos outros, e que por fecundação recíproca podem dar indivíduos férteis, de geração em geração, de tal modo que, por analogia, pode-se supor serem todos originariamente procedentes de um único indivíduo.

**Gênero:** reúne espécies estreitamente relacionadas, de modo que o grupo, como um todo, resulta mais facilmente identificado do que suas espécies componentes. Os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* são

elucidativos, qualquer pessoa reconhece facilmente o grupo, ou seja, o gênero, ao passo que a identificação das espécies requer conhecimentos mais aprofundados. Os critérios para classificação de gênero são os de similaridade morfológica e afinidade genética das espécies participantes, destacando-se a semelhança de caracteres florais, e dos frutos, e com menor importância folhas, caules e raízes.

**Família:** reúne gêneros estreitamente relacionados. Os caracteres utilizados para a distinção de famílias são muito diversos, consistem da combinação de caracteres morfológicos relativos a flores e frutos, além de caracteres genéticos. O nome latino de uma família botânica distingue-se pelo sufixo “**aceae**”. Assim a família Lauraceae deve seu nome ao gênero *Laurus*, Pinaceae ao gênero *Pinus*, etc. A família botânica, em última análise, reúne gêneros afins, que expressam tendências evolutivas distintas. Algumas famílias são muito pequenas, compreendendo um gênero apenas, como é o caso de Ginkgoaceae, com o gênero *Ginkgo*, que por sua vez restringe-se a apenas uma espécie viva, *Ginkgo biloba* L. Outras são muito grandes, contendo dezenas de gêneros e milhares de espécies. Ex: Myrtaceae, gêneros *Blepharocalyx*, *Britoa*, *Callistemon*, *Calyptanthes*, *Campomanesia*, *Eucalyptus*, *Eugenia*, *Feijoa*, *Gomidesia*, *Hexachlamys*, *Myrceugenia*, *Myrcia*, *Myrcianthes*, *Myrciaria*, *Myrrhinium*, *Psidium* e *Syzygium*.

**Ordem:** engloba uma ou mais famílias botânicas que demonstram afinidades e tendências evolutivas similares. O nome latino identifica-se pelo sufixo “**ales**”: Laurales, Magnoliales, Myrtales, Rosales, etc. O nome de uma ordem baseia-se em uma família ou gênero de relevante importância botânica ou histórica, havendo exceções.

**Neste momento, são reconhecidas 46097 espécies para a flora brasileira, sendo 4747 de Algas, 32831 de Angiospermas, 1524 de Briófitas, 5712 de Fungos, 30 de Gimnospermas e 1253 de Samambaias e Licófitas. (Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>).**

## 2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS – SISTEMA BINOMIAL

Aos organismos mais conhecidos foram dados nomes vulgares, mas para o mais simples dos propósitos, tais nomes podem ser inadequados. Algumas vezes os nomes são vagos, particularmente quando estamos trocando informações com pessoas de outras partes do mundo. Por exemplo, um pinheiro na Europa ou nos Estados Unidos não é o mesmo que um pinheiro na Austrália ou Brasil. Quando diferentes línguas estão envolvidas, os problemas se tornam complexos, por isso os organismos são designados com nomes em latim, nomes científicos, formados por **gênero e espécie**.

O nome de uma espécie, como, por exemplo, *Pinus taeda*, consiste em duas partes, a primeira das quais é o nome genérico (GÊNERO). Um nome genérico pode ser escrito sozinho quando se está referindo a todo o grupo de espécies que forma aquele gênero (Ex: *Pinus* sp.). O nome genérico sempre inicia com letra maiúscula. A segunda parte é o nome específico (ESPÉCIE), denominação dada devido às características peculiares do vegetal, homenagem ao descobridor, etc. O nome específico é escrito apenas com letras minúsculas, sendo formado normalmente por uma palavra ou compõe-se de dois termos, unidos por hífen. (Ex. *Erythrina crista-galli* - corticeira)

O termo científico de uma planta inclui, além do gênero e espécie, o autor da descrição botânica. O nome do autor é escrito por inteiro ou abreviado e com o mesmo tipo gráfico do texto

descritivo (Ex. *Eugenia uniflora* L. – pitangueira). Quando dois autores dividem a publicação original de um nome científico, seus nomes são citados por extenso ou abreviadamente, sendo unidos pela expressão latina *et* ou pelo símbolo gráfico &. (Ex. *Nectandra saligna* Nees et Mart, descrita conjuntamente pelo botânicos alemães Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck e Karl Friedrich Phillip von Martius). Existem espécies descritas por mais de dois pesquisadores. Seus nomes também são citados, por extenso ou abreviadamente, após o nome específico.

O sistema binomial visa dar a cada espécie de planta um nome científico único e distinto dos demais. Para cada espécie vegetal, em consequência, há um único nome científico válido. Quando se examinam coleções botânicas ou trabalhos monográficos vê-se, entretanto, que plantas idênticas são com frequência referidas de maneira diferente. Este fato, resultante de variadas causas, determina a existência de nomes científicos e sinônimos.

A “Lei da Primazia” determina como válido apenas o nome da primeira descrição correta de uma espécie. Os diversos outros nomes a ela atribuídos são, desta forma, considerados sinônimos. Os sinônimos normalmente designam espécies, mas podem também ocorrer com gêneros e famílias.

A classificação atual das angiospermas está baseada no APG III. Os sites mais atualizados da nomenclatura botânica compreendem [www.tropicos.org](http://www.tropicos.org) e [www.floradobrasil.jbrj.gov.br](http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br). Para consulta direta: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html> - APG III

## 2.1.1 CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DAS PLANTAS QUE INFLUENCIAM NA NOMENCLATURA

### a) Filotaxia e tipos de folhas

A filotaxia (Figura 1) é forma de inserção das folhas nos ramos das árvores, podendo ser:

- **opostas**: inserção das folhas aos pares (Figura 1A);
- **alternas**: inserção das folhas individualmente nos ramos (Figura 1C);
- **oposta-cruzada**: pares de folhas dispõem-se perpendicularmente entre si (Figura 1D);
- **verticilada**: inserção de mais de duas folhas no mesmo ponto (Figura 1B,E).

As folhas são classificadas em simples (Figura 2a) e compostas (Figura 2b) de acordo com a configuração geral do limbo. As folhas simples apresentam limbo único, contínuo, não dividido. As folhas compostas apresentam o limbo dividido em folíolos.

A folha apresenta uma grande variação de formas, sendo importantes para o reconhecimento das árvores, sendo conhecidos diferentes tipos como acicular, linear, lanceolada, elíptica, oblonga, ovada, obovada, orbicular, peltada, palmada, falcada, assimétrica, etc. O ápice, a base, a margem e a nervação das folhas também são variáveis e influenciam na distinção das espécies (Figura 3).



Figura 1: Filotaxia: a) oposta; b) verticilada; c) alterna; d)oposta cruzada; e) verticilada; f) alterna. (Fonte: Marchiori, 1995).

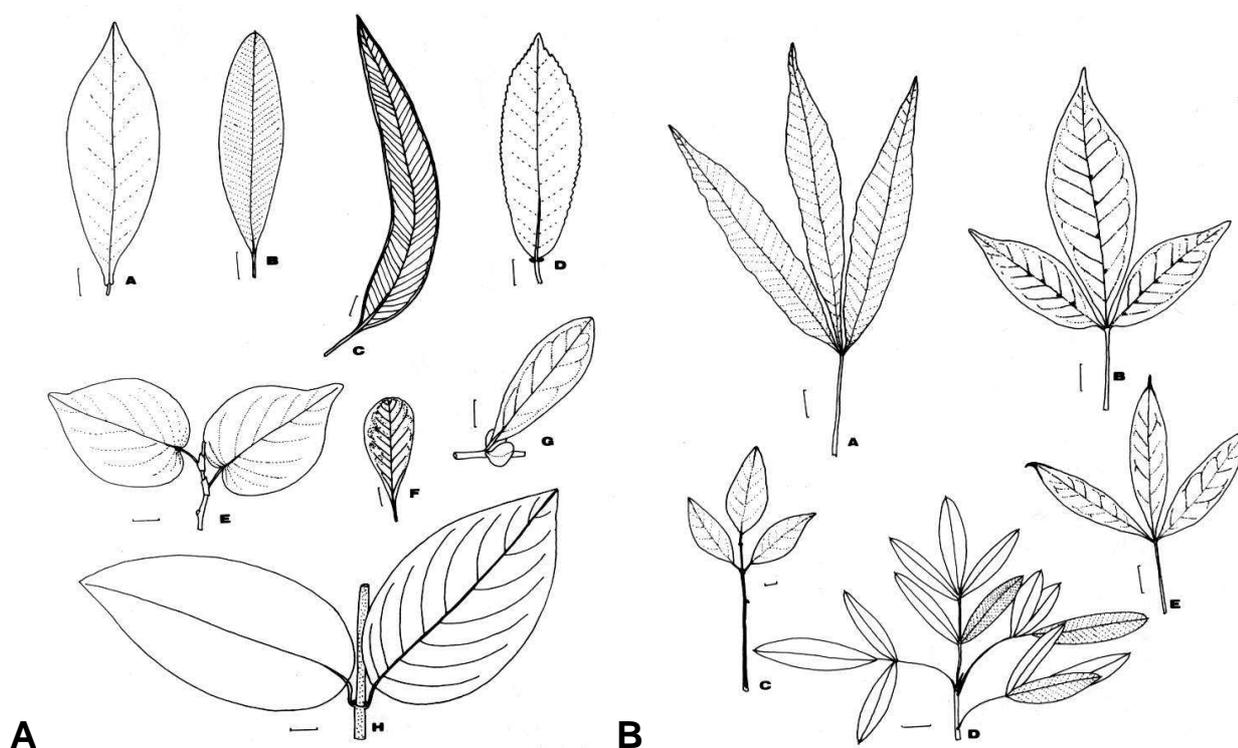


Figura 2: Folhas simples (A) e compostas (B) (Fonte: Marchiori, 1995).



Figura 3: Exemplos de formatos de folha (Fonte: Backes e Irgang, 2004).

### b) Características das flores

A coloração das flores influencia na nomenclatura popular, e as características morfológicas influenciam na nomenclatura botânica. Exemplos de classificação das famílias são: flores aclamídeas (que não possui nem sépala nem pétala); flores monoclamídeas (que possui somente um dos verticilos vegetativos, ou cálice ou corola); flores diclamídeas (que apresenta os dois verticilos vegetativos, ou seja, cálice e corola); unissexuadas ou bissexuadas, com ovário súpero ou ínfero, etc. (Gonçalves e Lorenzi, 2007).



Figura 4: Ipê amarelo (Fonte: Lorenzi 1998)

### c) Características da casca da árvore

As características da casca fornecem informações sobre o ambiente em que as árvores se encontram, por exemplo, presença ou não de líquens são relacionados com a poluição atmosférica; a espessura e divisões da casca estão relacionadas com a espécie e características do clima.

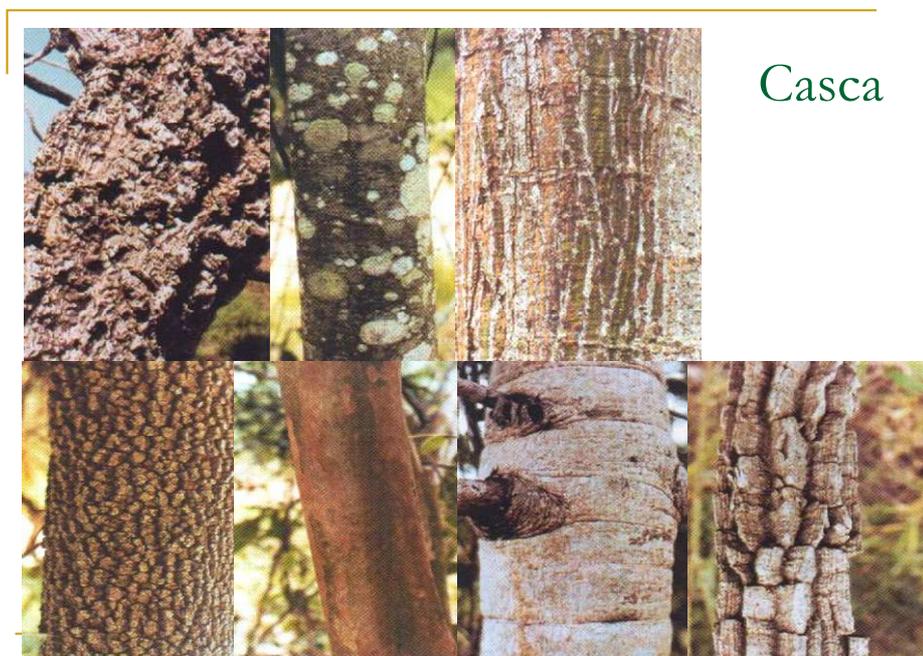


Figura 5: Aspecto da casca de diferentes espécies (Fonte: Lorenzi, 1998)

#### d) Homenagem a personalidades ou região de ocorrência

A nomenclatura popular e científica pode ser baseada na homenagem personalidades ou regiões de ocorrência da espécie, por exemplo, o nome científico do pau-brasil é *Caesalpinia echinata*, sendo o gênero homenagem a Caesalpinio, botânico e herbalista do século XVI; a árvore pata de vaca possui nomenclatura popular com base no formato da folha e nomenclatura científica, *Bauhinia echinata*, em homenagem a Bauhinio, botânico e herbalista do século XVI. Outro exemplo é a vitória-régia (*Victoria amazonica*), sendo o gênero homenagem à rainha da Inglaterra e a espécie ao local de ocorrência.

### 3 A CÉLULA VEGETAL

A célula consiste tipicamente em uma **parede celular** mais ou menos rígida e um **protoplasto**. O termo protoplasto é derivado do termo **protoplasma**, que é utilizado ao se referir aos componentes das células. Um protoplasto é a unidade de protoplasma no interior da parede celular. Um protoplasto é constituído por um **citoplasma** e um **núcleo**. O citoplasma inclui entidades distintas, delimitadas por membranas (organelas como plastídios e mitocôndria), sistemas de membranas (o retículo endoplasmático e dictiossomos) e entidades não-membranosas (como ribossomos, filamentos de actina e microtúbulos). O resto do citoplasma, a “sopa celular” ou matriz celular, na qual o núcleo, diversas estruturas e sistemas membranosos estão suspensos, é chamada de **substância fundamental**. O citoplasma é separado da parede celular por uma única membrana, a membrana plasmática. As células vegetais desenvolvem uma ou mais cavidades preenchidas com líquido, os **vacúolos**, no interior do citoplasma. O vacúolo é delimitado por uma membrana simples chamada **tonoplasto**. (Figura 6).

#### 3.1 A COMPOSIÇÃO MOLECULAR DAS CÉLULAS

A matéria viva é composta por apenas poucos elementos de ocorrência natural. A base da matéria viva é a **água**. O restante, em sua maioria, é composto de moléculas orgânicas – carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucléicos.

Os **carboidratos** servem como a fonte primária de energia química para os sistemas vivos e como importantes elementos estruturais nas células. Os carboidratos mais simples são os monossacarídeos, como a glicose e a frutose. Os monossacarídeos podem combinar-se para formar dissacarídeos, como a sacarose, e polissacarídeos, como o amido e a celulose. Estas moléculas geralmente podem ser quebradas pela adição de uma molécula de água em cada ligação, reação química conhecida como hidrólise.

Os **lipídeos** são outra fonte de energia e de elementos estruturais para as células. Os componentes deste grupo (gorduras, óleos, cutina, suberina, ceras e fosfolipídios) são geralmente insolúveis em água.

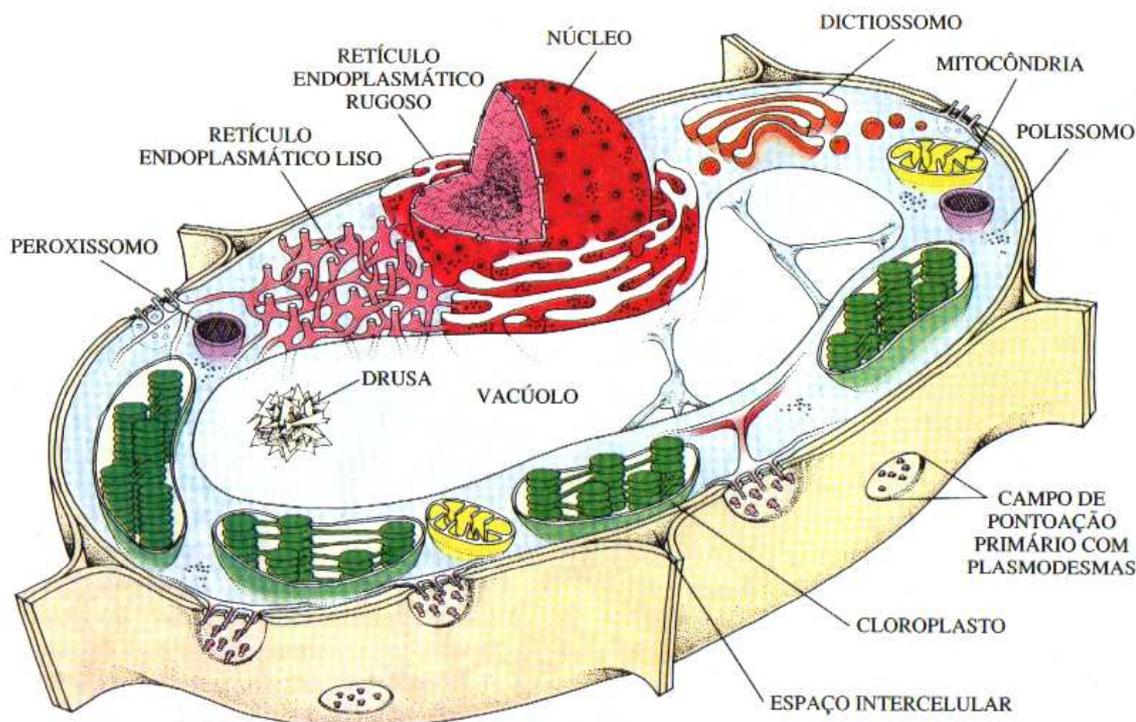


Figura 6: Diagrama tridimensional de uma célula vegetal (Fonte: Raven; Evert e Eichhorn, 1996).

As **proteínas** são moléculas muito grandes compostas por cadeias longas de aminoácidos, conhecidas como polipeptídios. Os 20 tipos diferentes de aminoácidos utilizados para formar as proteínas variam de acordo com seus grupos R. Destes aminoácidos, um grande número de proteínas são formadas. As enzimas atuam como catalisadores nas reações químicas; a maioria das enzimas são proteínas globulares. Devido às enzimas, as células são capazes de acelerar a velocidade das reações químicas a temperaturas relativamente baixas.

Os nucleotídeos são moléculas complexas consistindo em um grupo fosfato, um açúcar com cinco carbonos e uma base nitrogenada. Estes são as unidades que formam os **ácidos nucleicos** desoxirribonucléico (DNA) e ribonucléico (RNA), que transmitem e traduzem a informação genética. Algumas moléculas de RNA funcionam como catalisadores. Dois derivados de nucleotídeos – ATP e ADP – estão envolvidos na maioria das transferências de energia dentro da célula.

Tabela 1: Quatro importantes classes de moléculas orgânicas. (Fonte: RAVEN; EVERT e EICHORN, 1996).

Moléculas Orgânicas	Funções	Componentes	Composição por elementos
Carboidratos	Fonte de energia, material estrutural, unidades formadoras de outras moléculas	Açúcares simples	C, H, O
Lipídios	Fonte de energia, componentes estruturais das membranas, barreira contra a perda de água	Ácidos graxos e glicerol nas gorduras e óleos	C, H, O
Proteínas	Material estrutural, enzimas	Aminoácidos	C, H, O, N, S
Ácidos nucleicos	Armazenamento, transmissão, tradução da informação genética; síntese de proteínas	Nucleotídeos (bases nitrogenadas, açúcares e fosfatos)	C, H, O, N, P

### 3.2 PAREDE CELULAR

Uma das mais significativas características da célula vegetal é a presença da parede que envolve externamente a membrana plasmática e o conteúdo celular. Células sem paredes são raras e ocorrem, por exemplo, durante a formação das células do endosperma de algumas monocotiledôneas e de embriões de gimnospermas.

As células vegetais são delimitadas por uma parede relativamente delgada, mas mecanicamente forte. Essa parede consiste de uma mistura complexa de polissacarídeos e outros polímeros, secretados pela célula e reunidos em uma rede organizada por meio de ligações covalentes e não covalentes. As células vegetais contêm, além disso, proteínas estruturais, enzimas, polímeros fenólicos e outros materiais que modificam as características físicas e químicas da parede.

Além das funções biológicas de regulação do volume e determinação da forma da célula, a parede celular vegetal é importante em atividades humanas ligadas à economia. Como um produto natural, é usada comercialmente para a fabricação de papel, as manufaturas têxteis, as fibras (algodão, linho, cânhamo), carvão vegetal, construção civil e distintos produtos madeireiros. Um outro uso importante é sob forma de polissacarídeos extraídos, os quais são modificados para o fabrico de plásticos, filmes, tintas, adesivos, géis e espessadores em uma ampla variedade de produtos.

Como a reserva mais abundante de carbono orgânico na natureza, a parede celular vegetal também participa no processo de fluxo do carbono através dos ecossistemas. As substâncias orgânicas que constituem o húmus do solo e que melhoram sua estrutura e a sua fertilidade são derivadas de paredes celulares.

A parede celular é essencial para muitos processos no crescimento, no desenvolvimento, na manutenção e na reprodução da planta: determinam a resistência mecânica de estruturas vegetais, permitindo-lhes a alcançar grandes alturas; promovem a junção das células, evitando que deslizem e se separem; como um rígido revestimento envolvendo a célula, a parede celular atua como um exoesqueleto que controla a forma e possibilita o desenvolvimento de altas pressões de turgor<sup>1</sup>; o crescimento expansivo de células vegetais é limitado, sobretudo pela capacidade de expansão da parede celular; a parede é necessária para as relações hídricas normais de plantas, pois determina a relação entre pressão de turgor e volume celular; o fluxo de massa no xilema exige uma parede mecanicamente rígida, que resista a colapso provocado por pressão negativa no xilema; a parede atua como uma barreira à difusão, limitando o tamanho de macromoléculas que podem alcançar a membrana plasmática a partir do exterior, além de ser a principal barreira estrutural à invasão de patógenos.

---

<sup>1</sup> Força por unidade de área em um líquido. Na célula vegetal, empurra a membrana plasmática contra a parede celular rígida e fornece uma força para a expansão celular.

### 3.2.1 ESTRUTURA DA PAREDE CELULAR

As **paredes primárias**, formadas por células em crescimento, são, via de regra, consideradas não especializadas e semelhantes, quanto à arquitetura molecular, em todos os tipos celulares. Todavia, a ultra-estrutura também mostra grande variação. As **paredes secundárias** formam-se depois de cessado o crescimento da célula, podem se tornar altamente especializadas em estrutura e composição, refletindo o estado diferenciado da célula. As células do xilema são notáveis por possuir paredes secundárias altamente espessadas, reforçadas por lignina.

#### 3.2.1.1 Componentes 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 (hemiceluloses), e LIGNINA.

A **celulose** é formada por repetições de moléculas de glicose ligadas umas às outras por suas extremidades. Estas moléculas longas e delgadas estão associadas em **microfibrilas** de aproximadamente 10 a 25 nanômetros de espessura. A celulose tem propriedades cristalinas devido à disposição ordenada das moléculas de celulose em determinadas regiões, as micelas, das microfibrilas. As microfibrilas se enrolam para formar finas correntes (Figura 7). Estas, por sua vez, também podem enrolar-se como fios dentro de um cabo. Cada “cabo” ou **macrofibrila** mede aproximadamente 0,5 µm de largura e pode atingir 4 µm de comprimento.

Outro constituinte importante, a **lignina** é rígida e serve para adicionar resistência à parede, normalmente encontrada nas paredes de células que têm uma função de suporte ou mecânica.

#### 3.2.1.2 Camadas da Parede Celular

A espessura das paredes celulares dos vegetais varia enormemente, dependendo em parte do papel que as células têm na estrutura da planta, e em parte, da idade de cada célula individualmente.

No processo de divisão celular, a primeira membrana de separação a aparecer entre o par de novas células é a **lamela média**, composta principalmente de pectatos de cálcio e magnésio, cuja função é unir as células umas às outras. Sobre esta membrana acumulam-se posteriormente no interior da célula, microfibrilas de celulose, formando uma trama irregular, que constitui a **parede primária** (Figura 8), dotada de grande elasticidade. Esta parede primária acompanha o crescimento da célula durante a sua diferenciação.

Concluído este processo, depositam-se junto à membrana primária microfibrilas de celulose, obedecendo a certa orientação, formando a **parede secundária** que destaca três camadas distintas: a S<sub>1</sub> (externa), S<sub>2</sub> (média) e S<sub>3</sub> (interna) (Figura 8). Paralelamente à deposição da parede secundária, tem início o processo de lignificação, que é mais intenso na lamela média e parede primária. Células

meristemáticas e a maioria das parenquimáticas não são lignificadas e não apresentam parede secundária.

*Observação: Morfologicamente as camadas S1 e S3 não são consideradas constituintes da parede secundária, mas unidades morfológicas separadas. Assim, pode-se encontrar a S1 definida como camada de transição e a camada S3 como parede terciária.*

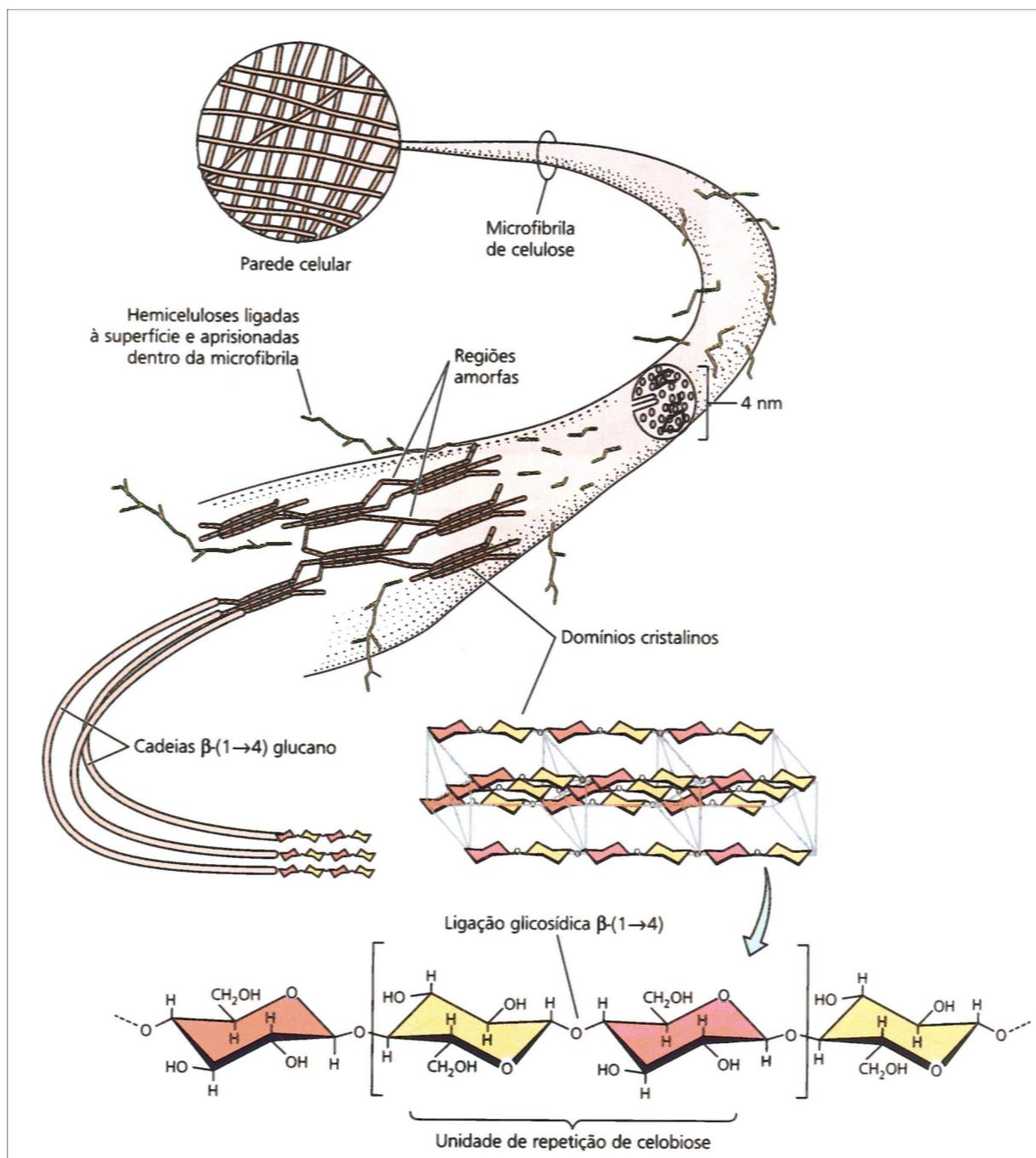


Figura 7: Modelo estrutural de uma microfibrila de celulose. A microfibrila possui regiões de alta cristalinidade entremeadas com glucanos menos organizados. Algumas hemiceluloses podem também ser aprisionadas na microfibrila e ligadas à superfície. (Fonte: Taiz e Zeiger, 2004).

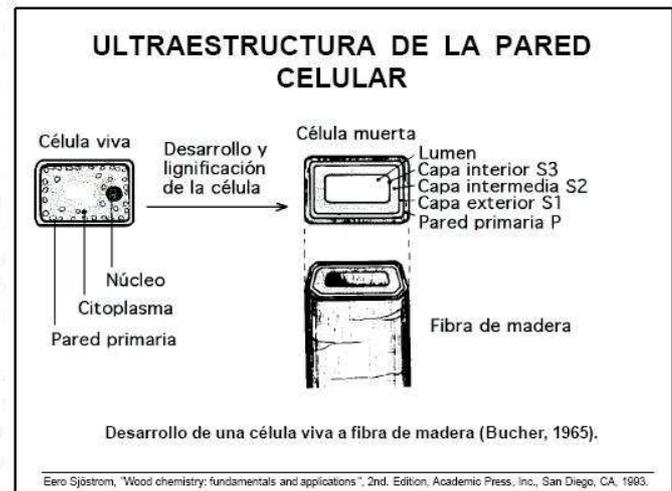
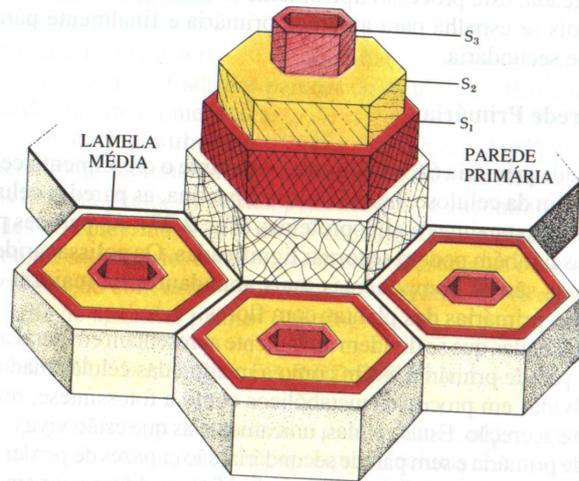


Figura 8: A) Diagrama mostrando a organização das microfibrilas nas paredes primárias e nas três camadas ( $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ ) da parede secundária. (Fonte: Raven, Evert e Eichhorn, 1996). B) Desenvolvimento de uma célula viva até fibra da madeira (Fonte: Sjöstrom, 1993).

O espessamento da parede secundária é considerável, podendo variar de 1 a 10  $\mu\text{m}$ . A porcentagem de celulose pode chegar a 90% ou mais, resultando num arranjo denso e paralelo dependendo das fibrilas.

Na **camada  $S_1$** , com espessura de 0,2 a 0,3  $\mu\text{m}$ , 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°. Mais lignificada, assemelhando-se neste sentido mais à parede primária, sendo também mais resistente ao ataque de fungos que a  $S_2$ .

A **camada  $S_2$**  é a mais espessa da parede celular, forma a porção principal da célula, com espessamento variando de 1 a 9  $\mu\text{m}$ . Nesta camada as fibrilas estão dispostas num ângulo praticamente reto em relação ao eixo da célula, podendo variar entre 10 e 30°, diminuindo com o aumento do comprimento da célula.

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.

A **camada interna  $S_3$** , é considerada por alguns autores como parede terciária, por apresentar-se diferente das camadas  $S_3$  de células parenquimáticas (também fibras de monocotiledôneas, 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.

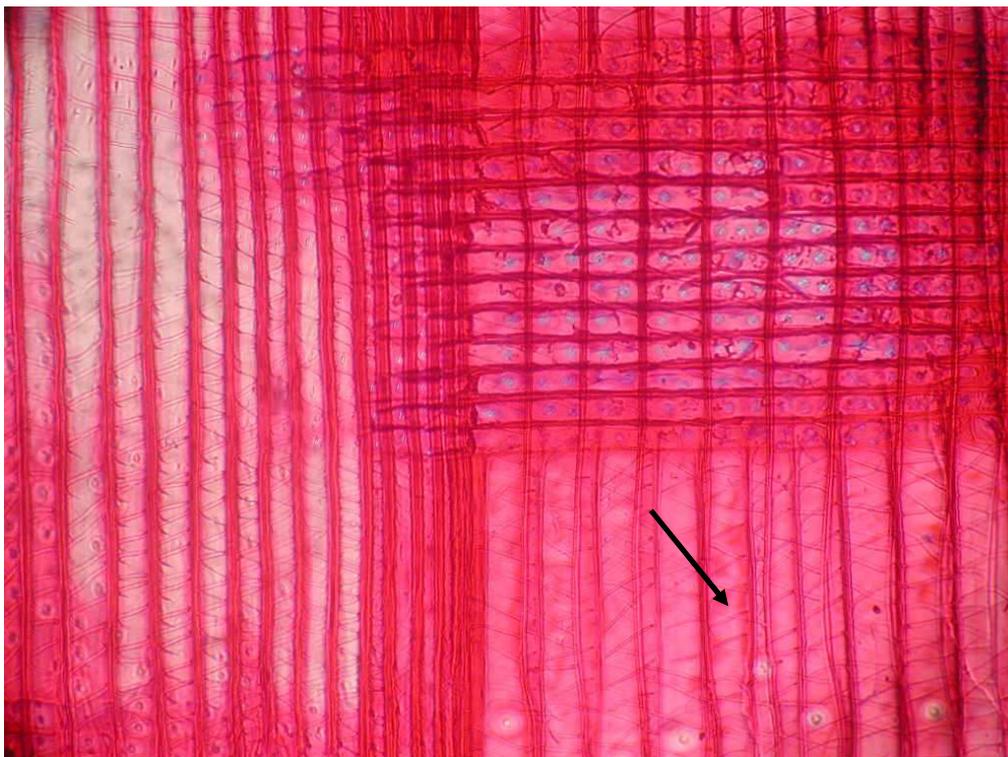
Possui uma concentração maior de substâncias não estruturais, o que confere a superfície do lume uma aparência mais ou menos lisa.

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 à lignina em conjunto com pequenas quantidades de hidratos de carbono e substâncias pécticas.

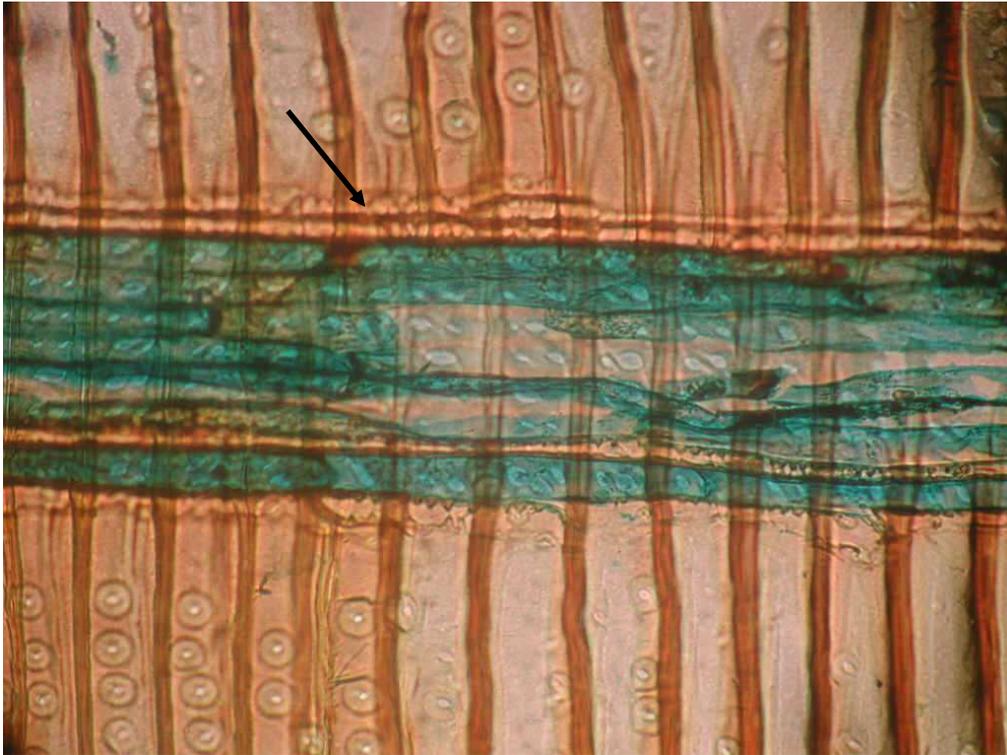
Em conjunto, o sistema de arranjo e disposição das fibrilas de celulose, em combinação com as substâncias solidificantes não estruturais conferem às células da madeira uma sólida mas não inflexível constituição, a qual resiste a uma grande gama de forças que nela atuam.

Devido à 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.

Os elementos estruturais fundamentais da parede celular são, portanto as microfibrilas, que estão embebidas em uma massa básica denominada matrix. A espessura da parede secundária varia consideravelmente entre as espécies e entre as diferentes células. Esta parede é normalmente mais espessa nos elementos celulares, cujas funções são mais mecânicas e de condução, do que nos que exercem primordialmente função de armazenamento. Na camada S<sub>3</sub> de certas células podem ocorrer espessamentos especiais, tais como: **Espessamento em espiral** (*Taxus baccata*) (Figura 9A)., **Crásculas ou barras de Sânio** (*Pinus elliottii*), **Espessamento calitrisóide** (*Callitris sp.*), **Identuras** (*Pinus sp.*) (Figura 9B).



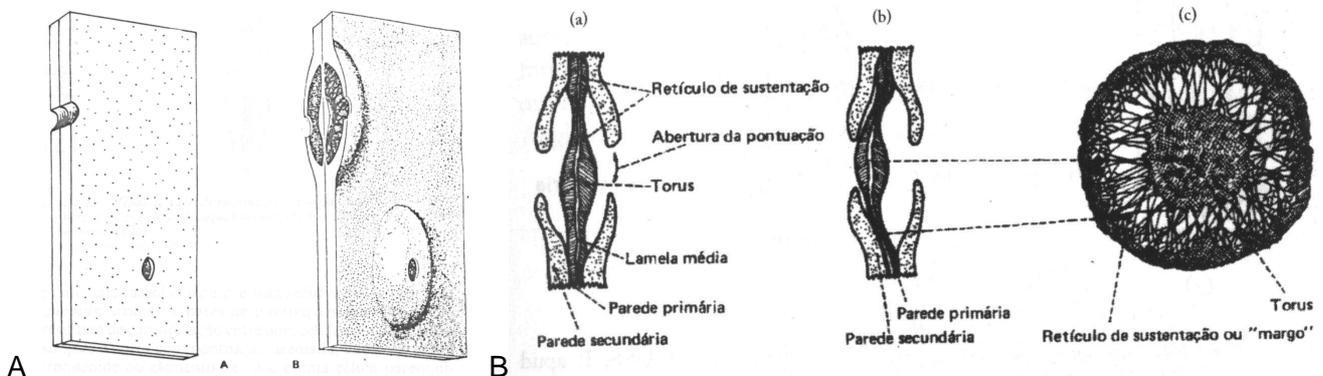
A



B

Figura 9: Espessamentos especiais da parede celular: A) espessamento espiralado em *Taxus baccata*; B) identuras em *Pinus douglasiana* (Fonte: LANAQM - Laboratório de Anatomia da Madeira, UFPR)

A deposição da parede celular não ocorre de forma regular ao longo do interior das células, mas são deixados pontos de discontinuidades: as pontuações, cuja função é estabelecer comunicação com as células contíguas. Distinguem-se dois tipos, as pontuações simples e as areoladas. Para formar uma pontuação areolada, a parede secundária se afasta da membrana primária, formando um abaulamento de forma circular sobre a cavidade da pontuação (câmara da pontuação), deixando no centro desta saliência uma abertura. Em muitas coníferas, a membrana primária da pontuação sofre um espessamento no centro (torus), o qual é sustentado por suas malhas circundantes denominadas margo ou retículo de sustentação. Em pontuações simples não se verifica afastamento da membrana secundária. (Figura 10 e 11).



A

A

B

B

Figura 10: A: pontuação simples; B: pontuação areolada. (a) torus na posição normal; (b) torus aspirado, bloqueando a passagem de líquidos; (c) vista frontal do torus, mostrando o retículo de sustentação ou margo. (Fonte: Burger e Richter, 1991)

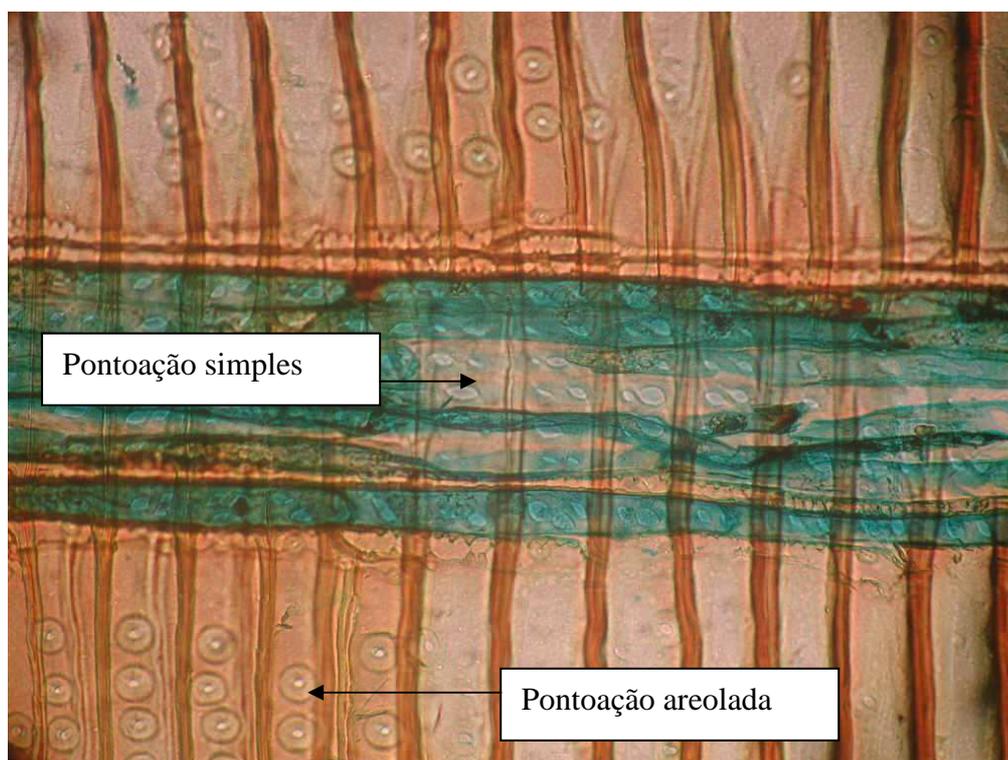


Figura 11: Pontoações em *Pinus douglasiana*. (Fonte: Laboratório de Anatomia da Madeira – UFPR).

As pontoações areoladas apresentam grande variação morfológica. Seu aspecto, distribuição, extensão, profundidade e detalhes estruturais têm muita importância na identificação de madeiras.

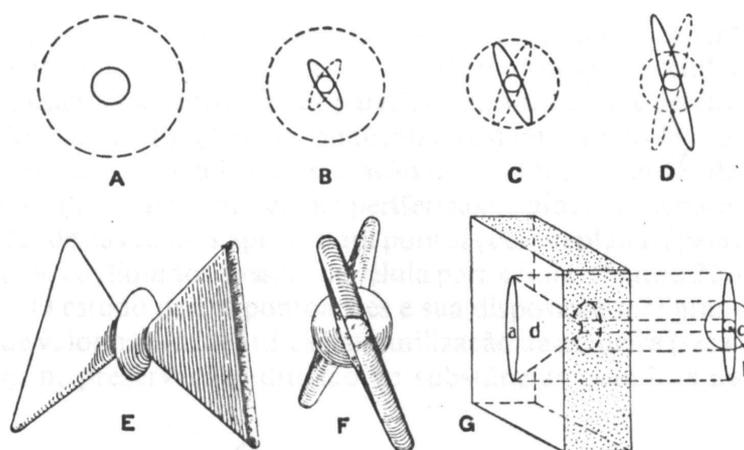


Figura 12: Aspectos das pontoações areoladas. A, B, C, D: tipos variados de pontoações areoladas vistas de frente. As linhas tracejadas indicam porções de par de pontoações embebidas na parede celular ou no lado da parede mais afastado do observador; E, F: diagrama mostrando a forma das cavidades de um par de pontoações: as aberturas internas são em forma de fendas, as pequenas câmaras em forma de cúpulas achatadas, os canais estrito-afunilados; G: pontoação localizada em uma parede celular espessa: abertura interna (a), abertura externa (b), câmara (c), canal (d). (Fonte: Burger e Richter, 1991)

As pontoações guarnecidas constituem uma peculiaridade e são resultantes de projeções da parede secundária na câmara da pontoação. Este tipo especial de pontoação areolada surge nas paredes dos vasos de determinadas famílias botânicas em certas espécies dentro de um gênero, sendo de grande valor diagnóstico.

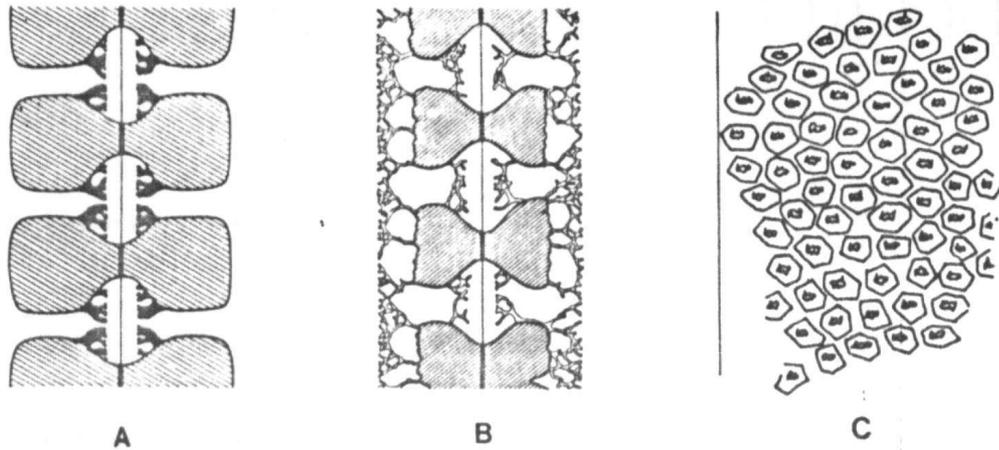


Figura 13: Pontoações intervasculares guarneçadas. A, B vistas de perfil; C, vistas de frente. (Fonte: Burger e Richter, 1991)

Normalmente à pontoação de uma célula corresponde outra pontoação da célula adjacente, formando um par de pontoações. Quando isto não ocorre, a pontoação é dita *cega*. A forma da descontinuidade da parede secundária pode originar pares de pontoações simples, areolados ou semi-areolados.

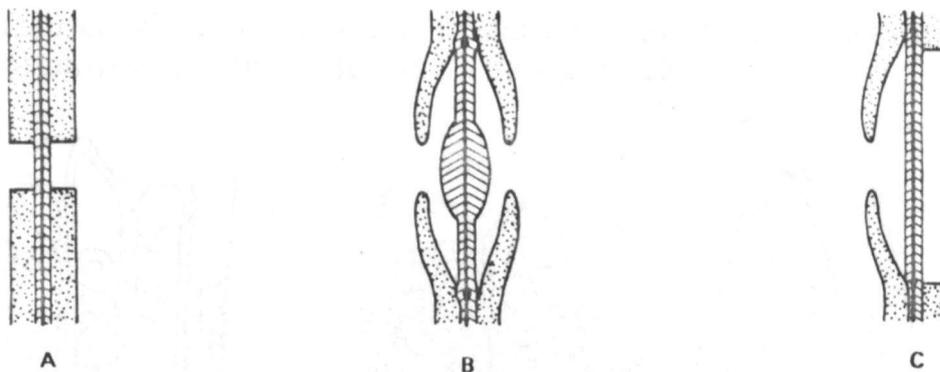


Figura 14: Pares de pontoações. A- par de pontoações simples; B- par de pontoações areoladas; C- par de pontoações semi-areoladas. (Fonte: Burger e Richter, 1991)

Pares de pontoações simples ocorrem, por exemplo, entre células parenquimáticas; pares de pontoações areoladas, entre traqueóides axiais; pares de semi-areoladas resultam da comunicação entre uma célula com pontoação simples e outra com areolada, como entre um elemento de vaso e uma célula parenquimática.

### 3.2 SUMÁRIO DOS TIPOS DE CÉLULAS E TECIDOS

**Epiderme:** As células da epiderme formam uma camada contínua que reveste a superfície do corpo vegetal em estágio primário. A principal função é a de revestimento. A disposição compacta das células impede a ação de choques mecânicos e a invasão de agentes patogênicos, além de restringir a perda de água. Outras funções são trocas gasosas, por meio dos estômatos; absorção de água e sais minerais, através dos pelos radiculares, das células epidérmicas das folhas submersas de plantas aquáticas e por meio de tricomas (pelos) escamiformes em Bromeliaceae; proteção contra a

ação da radiação solar, através do reflexo dos raios solares, que se deve à presença de cutícula espessa e pilosidade densa. Em caules e raízes que apresentam crescimento secundário, a epiderme é substituída comumente pela periderme.

**Periderme:** Compreende o tecido suberoso ou *felema*, o câmbio do súber ou *felogênio* e a *feloderme*. O felogênio ocorre nas proximidades da superfície dos órgãos apresentando crescimento secundário, e é secundário quanto à origem. Surge na epiderme, no córtex, no floema ou no periciclo, produzindo súber em direção à periferia e feloderme em direção ao interior. A feloderme pode formar-se em pequena quantidade ou estar ausente.

**Parênquima:** O termo parênquima (do grego *para*, ao lado de, + *enchein*, vaziar, derramar) significa “esparrramado ao lado de”. Tecido constitutivo de células vivas é considerado potencialmente meristemático, pois conserva a capacidade de divisão celular, inclusive após suas células estarem completamente diferenciadas. É grande sua importância no processo de cicatrização ou regeneração de lesões, como na união de enxertos ou outras lesões mecânicas. Está distribuído em quase todos os órgãos da planta: na medula e no córtex da raiz e do caule, no pecíolo e no mesófilo das folhas, nas peças florais e nas partes carnosas dos frutos. As células de parênquima podem apresentar características especiais, que possibilitam o desempenho de atividades essenciais na planta como fotossíntese, **reserva**, transporte, secreção e excreção. O parênquima está presente no xilema e floema, constituindo caminho importante para o movimento de substâncias – água e elementos orgânicos – entre a parte viva e a não-viva do sistema vascular. De forma geral existem três tipos básicos de parênquima: de preenchimento ou fundamental, clorofiliano e de reserva. O de preenchimento está presente na região cortical e medular do caule e da raiz do pecíolo e nas nervuras salientes da folha, suas células podem ter formas variáveis e conter cloroplastos, amiloplastos, cristais e várias substâncias secretoras, como compostos fenólicos e mucilagem. O clorofiliano é aquele que é fotossintetizante, ou seja, converte a energia luminosa em energia química. O parênquima de reserva tem como principal função armazenar substâncias provenientes do metabolismo primário das plantas.

**Colênquima:** O termo é derivado da palavra grega *colla*, que significa cola ou substância glutinosa, referindo-se ao espessamento fino e brilhante característico das paredes primárias das células do colênquima. Tem como função sustentar regiões e órgãos da planta que possuem crescimento primário, ou que estão sujeitos a movimentos constantes. Como possui paredes flexíveis, com áreas mais espessas que outras, é encontrado em órgãos que ainda estão sofrendo distensão, bem como em caules de plantas herbáceas e pecíolos das folhas. Também pode estar presente nas nervuras de maior porte, na borda das folhas e em raízes aquáticas e aéreas.

**Esclerênquima:** O termo é derivado do grego *skleros*, que significa duro. A característica principal deste tecido é a presença de paredes secundárias espessadas, lignificadas ou não, havendo espessamento homogêneo e regular da parede celular. É um tecido de sustentação presente na periferia ou nas camadas mais internas do órgão, no corpo primário ou secundário da planta. Há basicamente dois tipos de células no esclerênquima: fibras, células mais longas que largas, e esclereídes, células menores.

**Xilema:** é o tecido responsável pelo transporte de água e solutos a longa distância, armazenamento de nutrientes e suporte mecânico. Ocorre em todos os órgãos da planta. Pode ser primário e secundário.

**Floema:** é o principal tecido de condução de materiais orgânicos e inorgânicos em solução nas plantas vasculares. Água, carboidratos na forma de sacarose, substâncias nitrogenadas como aminoácidos e amidas, lipídios, ácidos orgânicos, ácidos nucléicos, substâncias reguladoras de crescimento, vitaminas, íons inorgânicos são as principais substâncias transportadas na solução floemática. Ocorre em todos os órgãos da planta. Pode ser primário e secundário.

**Estruturas secretoras:** células secretoras, células produzindo variedade de secreções, não formam um tecido claramente definido, mas ocorrem entre outros tecidos, primários ou secundários, como células isoladas, grupos ou séries de células, ou também, em formações mais ou menos organizadas, na superfície da planta. As principais estruturas secretoras da superfície do corpo vegetal são células epidérmicas glandulares, pelos e várias glândulas, como por exemplo, nectários florais e extraflorais. Estruturas secretoras internas são células secretoras, cavidades intercelulares ou canais revestidos de células secretoras (ductos resiníferos, ductos de óleo) e cavidades secretoras resultantes da desintegração de células (cavidades oleíferas). Os laticíferos também podem ser incluídos entre as estruturas secretoras internas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores cultivadas no sul do Brasil**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004.
- BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Ed. Blucher, 1981. 293p.
- FENGEL, D. & WENEGER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1989. 613p.
- GLORIA, B.A; GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003.
- GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol. 2. Nova Odessa, São Paulo: Editora Plantarum, 1998.
- MARCHIORI, J.N.C. **Elementos de dendrologia**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1995. 163p.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1996. 728p.
- SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

## 4 PLANTAS PRODUTORAS DE MADEIRA

Classificação dos organismos vivos			
Em vermelho a classificação das plantas produtoras de madeira			
Domínio Procariótico	Bactérias		
<b>Domínio Eucariótico</b>			
-Reino Fungi	Fungos		
-Reino Protista	Protistas, algas		
<b>-Reino Plantae</b>	Briófitas	Hepáticas, antóceros e musgos	
	Plantas vasculares sem sementes	Psilofitas, licofitas, cavalinhas e samambaias	
	<b>Plantas vasculares com sementes</b>	<b>Gimnospermas</b>	
		Filo Cycadophyta (cicas)	
		Filo Ginkgophyta (ginkgo)	
	<b>Filo Coniferophyta (coníferas)</b>		
	Filo Gnetophyta (gnetofitas)		
	<b>Angiospermas</b>		
	<b>Filo Anthophyta</b>		
	Classe Monocotyledones		
	<b>Classe Dicotyledones (folhosas)</b>		

Raven, Evert &amp; Eichhorn (2001)

#### 4.1 GIMNOSPERMAS

A palavra gimnosperma, oriunda do grego, significa semente (*sperma*) nua (*gymnos*). A etimologia indica que os componentes desta Divisão do Reino Vegetal não apresentam frutos verdadeiros. Popularmente chamadas de **coníferas**, em inglês **softwood**.

As gimnospermas, pouco numerosas no contexto da flora atual, reúnem apenas 675 espécies, arranjas em 63 gêneros. Sob o ponto de vista tecnológico, as gimnospermas constituem o grupo produtor das chamadas “**madeiras macias**” ou “**madeiras de fibras longas**”. O primeiro destes termos, uma tradução literal de *softwood* de larga utilização nos países de língua inglesa, não mostra estreita vinculação com a dureza da madeira, uma vez que existem angiospermas dicotiledôneas que possuem madeira menos resistente do que a mais macia das gimnospermas. É antes de tudo uma designação conveniente para o conjunto das gimnospermas, servindo para distingui-lo das demais plantas produtoras de madeira.

O termo “**madeira de fibra longa**” explica-se pela predominância no lenho das gimnospermas de um único tipo celular: o traqueóide longitudinal, que desempenha as funções de condução e sustentação mecânica, incluindo-se entre as maiores células da natureza, variando entre 2 e 6mm de comprimento, com 20 a 40µm de diâmetro.

A notável diferença no comprimento das células lenhosas de angiospermas e gimnospermas influencia nas propriedades da madeira, e muito especialmente, nas características de resistência do papel obtido com as mesmas.

Sob o ponto de vista dendrológico, verifica-se uma nítida preponderância das coníferas sobre os demais táxons gimnospérmicos, a qual se manifesta tanto no número de espécies como na amplitude da distribuição geográfica e na importância econômica. **Gimnospermas e coníferas não são termos equivalentes, coníferas fazem parte das gimnospermas.**

As gimnospermas são pouco numerosas na flora brasileira (são reconhecidas 30 espécies) incluindo apenas os gêneros *Araucaria*, *Podocarpus*, *Zamia*, *Gnetum* e *Ephedra*. Somente os dois primeiros incluem espécies arbóreas, os demais não produzem madeira utilizável, tendo os indivíduos adultos uma estrutura caulinar pouco lenhosa (*Zamia*) ou do tipo cipó (*Gnetum*, *Ephedra*).

O gênero *Zamia* possui 6 a 8 espécies amazônicas; o gênero *Gnetum* inclui diversas espécies conhecidas como toás, utilizadas em trabalhos de cestaria. Os gêneros *Araucaria* e *Podocarpus* possuem espécies nativas valiosas pela produção de madeira, utilizadas para diversas finalidades.

Apesar do reduzido número de gimnospermas na flora brasileira, o grupo assume grande importância, devido às numerosas espécies introduzidas para fins ornamentais (ex: *Cupressus* spp.; *Juniperus* spp.; *Taxodium* spp. ou madeireiros (ex: *Pinus* spp.).

## CONÍFERAS

A divisão das coníferas inclui atualmente o grupo de gimnospermas mais numeroso e de distribuição mais ampla. Incluem cerca de 50 gêneros e 550 espécies. A planta vascular mais alta, a sequóia (*Sequoia sempervirens*) é uma conífera, atinge uma altura de mais de 117m e o diâmetro do tronco pode atingir mais de 11 metros. As coníferas incluem também os pinus e os abetos.

Os *Pinus* incluem as gimnospermas mais comuns, dominam em amplas extensões da América do Norte e Eurásia e são amplamente cultivados mesmo no Hemisfério Sul. Há cerca de 90 espécies de pinus, todas caracterizadas pela filotaxia das folhas, que é única entre todas as coníferas atuais. As folhas são aciculares. Nas plântulas elas têm arranjos espiralados e nascem solitárias nos caules.

**Existem apenas três coníferas nativas do Brasil: *Araucaria angustifolia*; *Podocarpus selowii* e *Podocarpus lambertii*.**

Outras coníferas: abetos (*Abies*); espruces (*Picea*), *Tsuga*, *Pseudotsuga*, ciprestes (*Cupressus*), juníperos (*Juniperus*); *Taxus*, *Taxodium*

**OUTRAS GIMNOSPERMAS:** *Cycas*; *Ginkgo biloba*; *Gnetum*, *Ephedra*; *Welwitschia*.

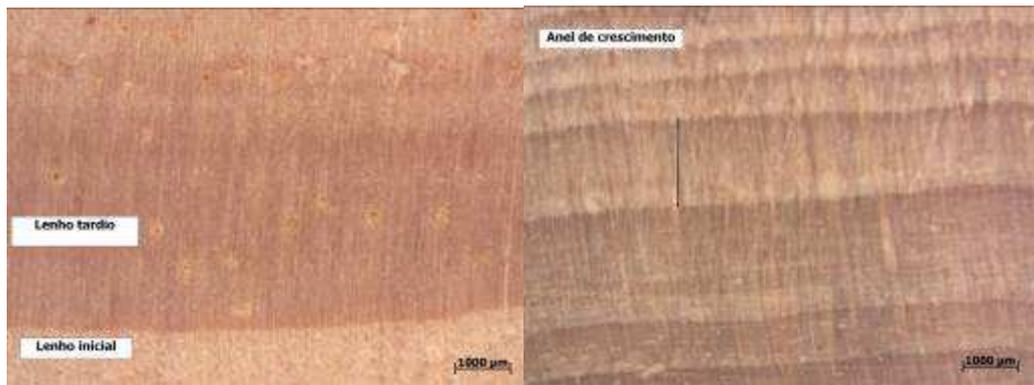


Figura 15: Exemplo da madeira de *Pinus* sp e *Araucaria angustifolia*. Imagem macroscópica (Fonte: LANAQM, 2015)

## 4.2 ANGIOSPERMAS

A palavra angiosperma significa semente protegida por fruto, oriunda do grego, semente (*sperma*) urna ou recipiente (*angios*). A etimologia indica que os componentes desta Divisão do Reino Vegetal apresentam frutos verdadeiros. Popularmente chamadas de **folhosas**, em inglês **hardwood**.

Constituem a divisão que inclui espécies, que variam em tamanho, desde *Eucalyptus* com mais de 100m de altura e 20m de circunferência, até algumas monocotiledôneas flutuantes simples, que medem até 1mm de comprimento. Algumas angiospermas são lianas que alcançam as alturas do dossel das florestas tropicais úmidas, enquanto outras são epífitas, que crescem sobre os ramos deste dossel. Muitas, como os cactos, possuem adaptações para viver em regiões extremamente áridas.

As angiospermas incluem duas classes:

- **Monocotiledôneas:** planta cujo embrião tem um cotilédone; a nervação da folha é usualmente paralela, os feixes vasculares primários do caule apresentam-se em disposição complexa, não possuem crescimento secundários. Incluem cerca de 65.000 espécies entre gramíneas, lírios, antúrios e palmeiras.
- **Dicotiledôneas:** planta cujo embrião tem dois cotilédones; a nervação da folha é usualmente em rede, os feixes vasculares primários do caule apresentam-se em anel, possuem crescimento secundários. Incluem cerca de 170.000 espécies entre árvores e arbustos, além de ervas.

As dicotiledôneas são divididas em dois grupos: **Monóica:** diz-se da espécie ou do vegetal que produz flores masculinas e femininas na mesma planta; **Dióica:** diz da espécie ou do vegetal com flores unissexuais, sendo que as masculinas e femininas estão contidas em plantas separadas, ou seja, a planta que possui órgãos sexuais masculinos e femininos em indivíduos distintos.

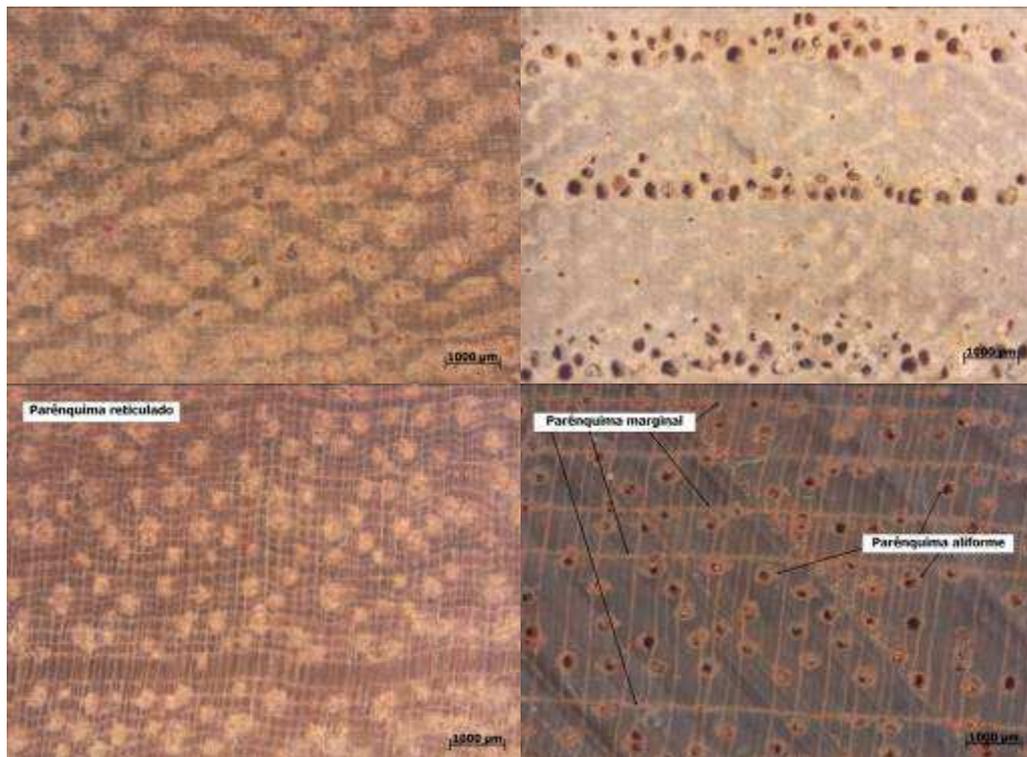


Figura 16: Exemplo da madeira de cerejeira, cinamomo, castanheira e jatobá. Imagem macroscópica. (Fonte: LANAQM, 2015)

#### 4.3 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES BRASILEIRAS

Neste momento, são reconhecidas 46097 espécies para a flora brasileira, sendo 4747 de Algas, 32831 de Angiospermas, 1524 de Briófitas, 5712 de Fungos, 30 de Gimnospermas e 1253 de Samambaias e Licófitas (Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>).

Textos para leitura/apoio:

- A atividade madeireira na Amazônia (2010) -

[http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/\\_arquivos/miolo\\_resexec\\_polo\\_03\\_95\\_1.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/miolo_resexec_polo_03_95_1.pdf)

- Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico atual ou Potencial (2011) -

[http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb2008\\_dcbio/\\_ebooks/regiao\\_sul/Regiao\\_Sul.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb2008_dcbio/_ebooks/regiao_sul/Regiao_Sul.pdf)

- Florestas Nativas de Produção Brasileira (2011) e Florestas do Brasil em Resumo (2013) -

<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/tecnico-cientifico>

- Indústria Brasileira de Árvores (2015) - [http://iba.org/images/shared/iba\\_2015.pdf](http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf)

#### 4.4 EXEMPLOS DE FAMÍLIAS DE ÁRVORES NATIVAS PRODUTORAS DE MADEIRA COMERCIAL

- A) Lecythidaceae –** Castanheira (*Bethollethia excelsa*)  
Jequitibá (*Cariniana* spp.)

Tauari (*Couratari* spp.)

**B) Fabaceae (ex. Leguminosae) – Sub-famílias Caesalpinioideae, Faboideae, Mimosoideae**

Angelim

Jatobá

**C) Meliaceae -** Andiroba (*Carapa guianensis*)

Cedro (*Cedrela* spp.)

Mogno (*Swietenia macrophylla*)

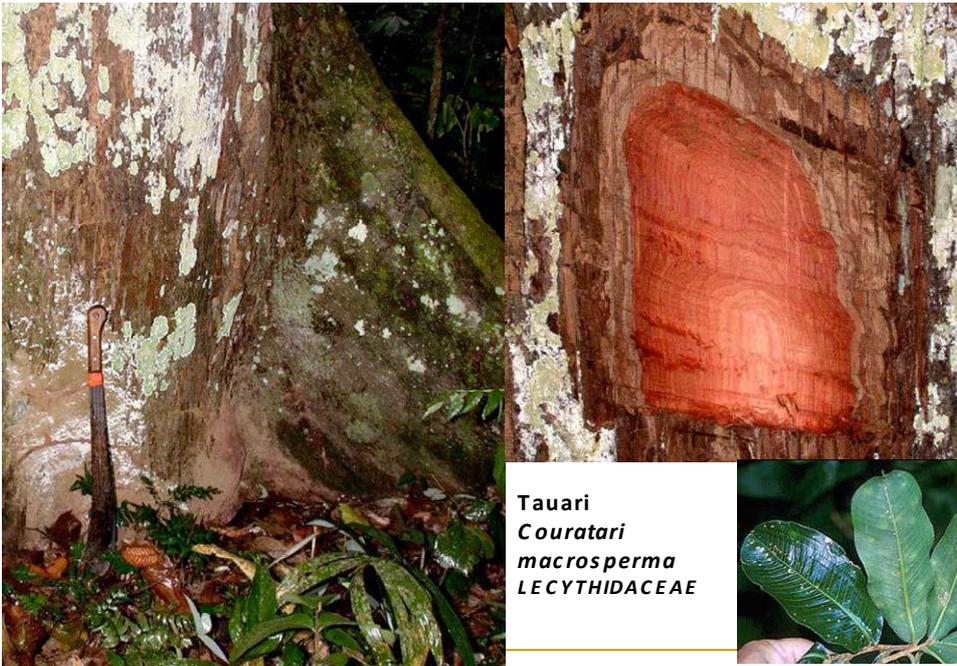
Cinamomo (santa bárbara) – (*Melia azedarach*) – exótica

**D) Vochysiaceae –** Cambará (*Qualea* spp).

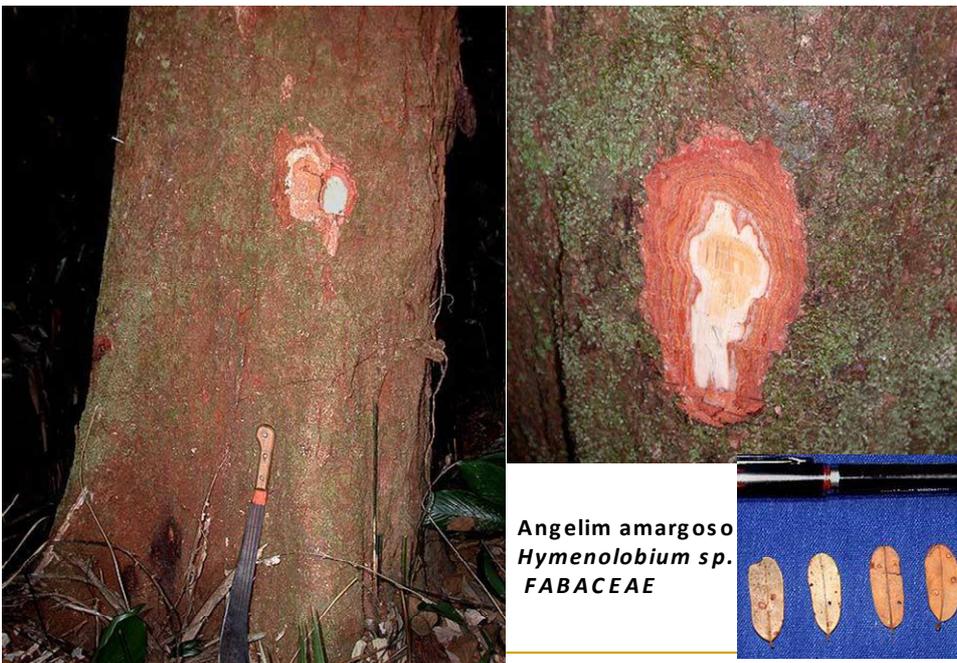
Cedrinho (*Erisma uncinatum*)



Baraloto et al. Árvores Madeiras do Acre, Brasil: um guia para os mateiros



Baraloto et al. Árvores Madeireiras do Acre, Brasil: um guia para os mateiros



Baraloto et al. Árvores Madeireiras do Acre, Brasil: um guia para os mateiros



Peltogyne  
FABACEAE-CAESALP.

Baraloto et al. Árvores Madeireiras do Acre, Brasil: um guia para os mateiros



Baraloto et al. Árvores Madeireiras do Acre, Brasil: um guia para os mateiros



## 5 ESPÉCIES NATIVAS E PLANTADAS – PANORAMA MADEIREIRO

### 5.1 ESPÉCIES NATIVAS

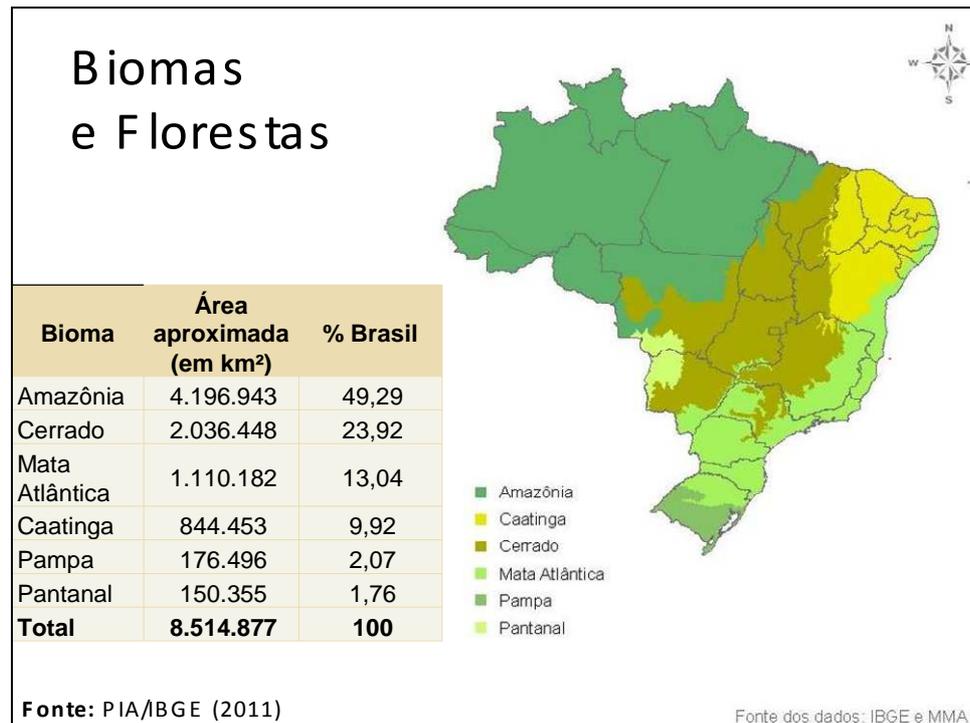


Figura 17: Tipos e áreas dos biomas brasileiros. Fonte: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas>

Tabela 2: Estimativa do volume de madeira total em milhões de m<sup>3</sup> para as florestas naturais por bioma em 2013. (Fonte: Serviço Florestal Brasileiro, 2013)

Bioma	2013
Amazônia	84.857
Caatinga	2.587
Cerrado	4.625
Mata Atlântica	2.114
Pampa	112
Pantanal	670
<b>Brasil</b>	<b>94.965</b>

## 5.2 ESPÉCIES PLANTADAS

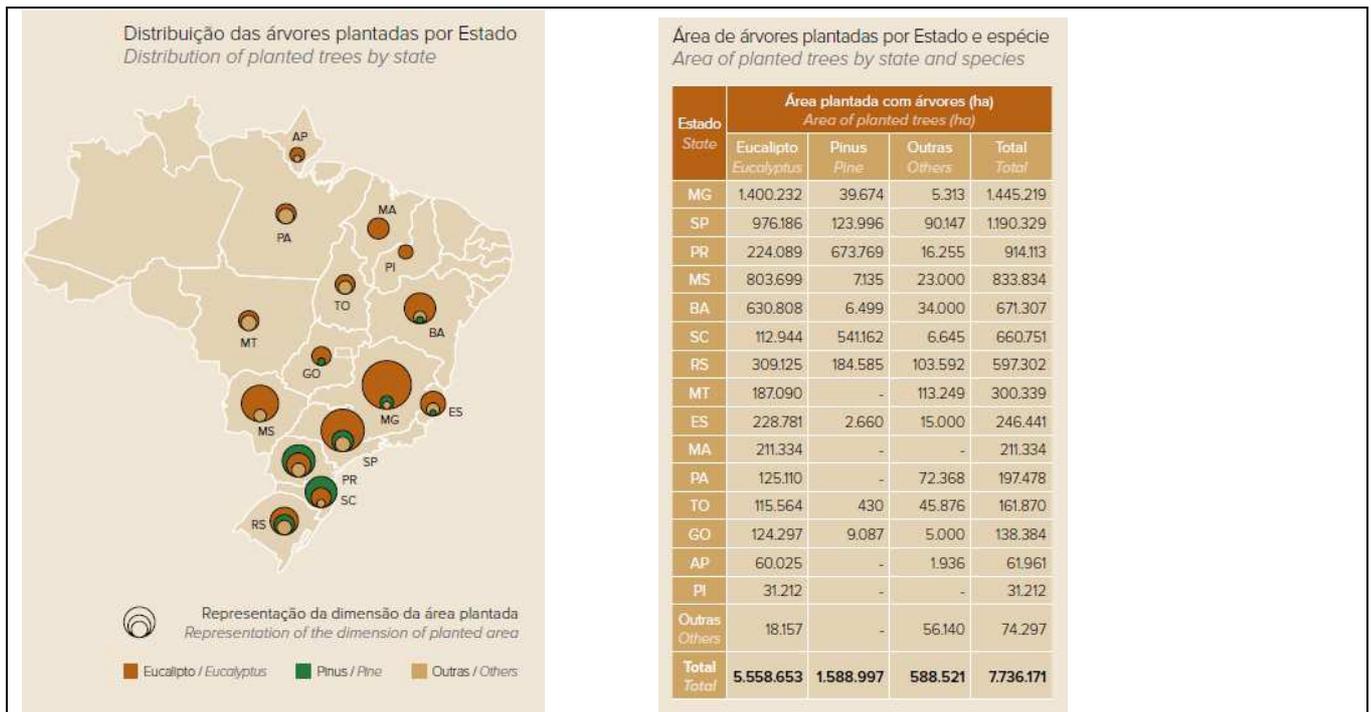


Figura 18: Área plantada por estado. Fonte: [http://iba.org/images/shared/iba\\_2015.pdf](http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf)

Tabela 3: Florestas plantadas no Brasil em 2012 (Fonte: ABRAF, 2013).

Espécie	Principais usos	Principais Estado	Área (ha)	%
Eucalipto	Madeira: Energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira, dormentes, postes, construção civil, óleos essenciais	MG, SP, BA, ES, MS, RS, PR, SC, PA e MA	5.102.030	71,00
Pinus	Madeira: energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira, forros, ripas, móveis. Resina: tintas, vernizes, solventes	PR, SC, RS, SP e MG	1.562.782	21,75
Acácia	Madeira: energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira. Tanino: curtumes, adesivos, petrolífero, borrachas	RS e RR	148.311	2,12
Seringueira	Madeira: energia, celulose. Seiva: borracha	AM	168.848	2,36
Paricá	Lâmina e compensado, forros, palitos, papel, móveis, acabamentos e molduras	PA e MA	87.901	1,22
Teca	Construção civil (portas, janelas, lambris, painéis, forros), assoalhos e decks, móveis, embarcações e lâminas decorativas	MT, AM, AC	67.329	0,97
Araucária	Serrados, lâminas, forros, molduras, ripas, caixotaria, estrutura de móveis, fósforo, lápis e carretéis	PR e SC	11.343	0,16
<i>Populus spp</i>	Fósforos, partes de móveis, portas, marcenaria interior, brinquedos, utensílios de cozinha	PR e SC	4.216	0,06
Outras			33.183	0,46
<b>Total</b>			<b>7.185.943</b>	<b>100</b>

### 5.3 CADEIA PRODUTIVA E EXTRAÇÃO ANUAL DA MADEIRA

## Cadeia Produtiva do Setor Florestal

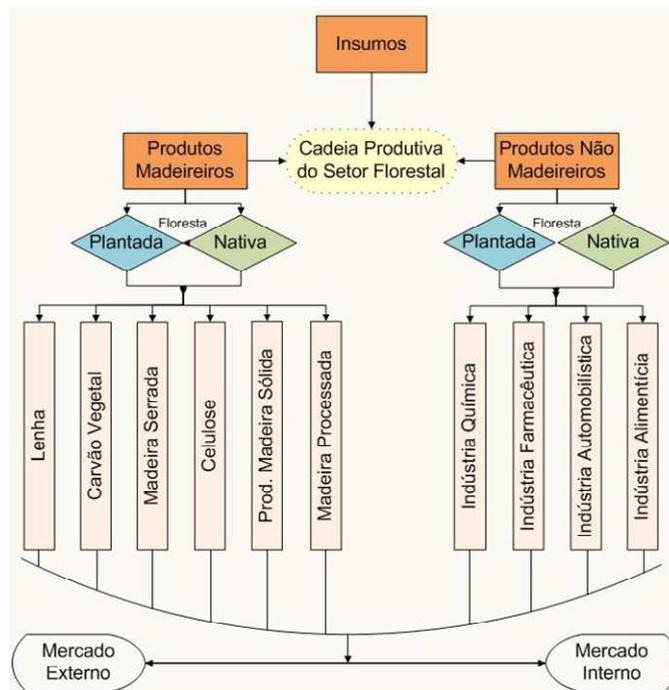


Figura 19: Cadeia produtiva do setor florestal (Fonte: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-produtiva>)

- Importância Ecológica
- Importância Econômica
- Importância Social

Tabela 4: Extração de madeira entre 2005-2014. (Fonte: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo>)

Uso e Origem da Madeira	EXTRAÇÃO ANUAL MADEIREIRA (1000 m <sup>3</sup> )									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Florestas Naturais</b>	86.573	83.192	80.542	74.021	69.806	62.886	62.500	58.517	52.685	50.883
Madeira para Uso Industrial*	17.372	17.986	16.389	14.127	15.248	12.655	14.117	14.926	13.678	13.807
Madeira para Combustível: Lenha	45.422	45.160	43.910	42.118	41.440	38.207	37.574	34.314	30.955	28.907
Madeira para Combustível: Carvão**	23.779	20.046	20.243	17.776	13.118	12.024	10.810	9.278	8.052	8.168
<b>Floresta Plantada</b>	156.368	157.748	174.669	175.103	175.350	191.430	210.616	229.423	230.760	238.646
Madeira para Uso Industrial*	100.615	100.767	105.132	101.262	106.911	115.742	125.853	131.879	130.800	132.724
Madeira para Combustível: Lenha	35.542	36.110	39.089	42.038	41.411	48.103	51.741	56.762	55.295	56.168
Madeira para Combustível: Carvão**	20.211	20.871	30.448	31.803	27.028	27.586	33.022	40.782	44.665	49.755
<b>Total de Madeira Extraída</b>	<b>242.942</b>	<b>240.940</b>	<b>255.211</b>	<b>249.124</b>	<b>245.156</b>	<b>254.317</b>	<b>273.117</b>	<b>287.940</b>	<b>283.445</b>	<b>289.529</b>

\* Madeira utilizada para a produção de celulose, serrados, laminados, chapas e outros usos

\*\* O IBGE fornece dados de carvão em toneladas, os dados aqui apresentados foram convertidos para metros cúbicos

Fonte: IBGE. [PEVS](#) (2015) adaptado / SFB.GEIF.



Figura 20: Destino da madeira em tora extraída em 2014, considerando o total de madeira e a madeira proveniente de florestas naturais ou plantadas, isoladamente - IBGE.PEVS (2015) adaptado / SFB.GEIF. (extraído <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo>)

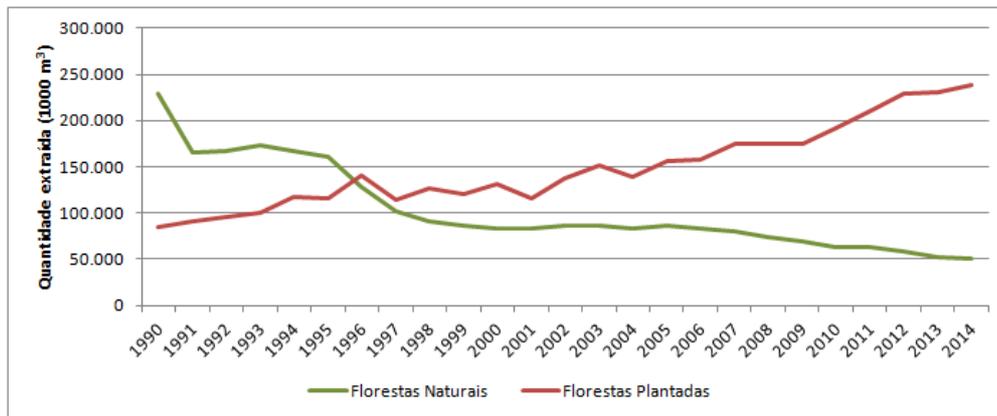


Figura 21: Evolução da quantidade de produtos madeireiros extraídos de Florestas Naturais e Plantadas - IBGE.PEVS (2015) adaptado / SFB.GEIF. (extraído: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo>).



Figura 22: Principais destinos das exportações brasileiras de produtos madeireiros em 2015. Fonte: Brasil/MDIC 2016. (Extraído de [http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&catid=14&id=246](http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&catid=14&id=246))

## 5.4 LEGISLAÇÃO E COMÉRCIO DE MADEIRAS

Existem espécies nativas protegidas por lei para comércio nacional e internacional. Plantios de espécies nativas seguem outras normas. As principais regras vigentes são.

### - Comércio Internacional de Madeiras

Existe um acordo internacional firmado na Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção – **CITES** (texto completo: <https://www.cites.org/eng/disc/text.php>; lista de espécies ameaçadas: <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>) e implementado no Brasil pelo DECRETO Nº 3.607, DE 21 DE SETEMBRO DE 2000 ([http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D3607.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3607.htm)).

Em alguns casos, uma determinada espécie pode ser proibida de corte em um país específico e outros não. Em outros casos, todas as espécies de um gênero podem ter seu comércio restrito.

Em relação às espécies brasileiras, constam na CITES algumas madeiras como o pau rosa (*Aniba roseodora*), pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), jacarandá (*Dalbergia* spp.), cedro (*Cedrella fissilis*, *C. lilloi*, *C. odorata*) e mogno (*Swietenia macrophylla*).

### - Comércio Nacional de Madeiras

No Brasil, as Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção seguem a **PORTARIA MMA 443**, de 17 de dezembro de 2014 ([http://cncflora.ibri.gov.br/portal/static/pdf/portaria\\_mma\\_443\\_2014.pdf](http://cncflora.ibri.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf)) e algumas espécies são protegidas por legislação específica, sendo proibido o seu corte:

- Castanheira (*Bertholetia excelsa*) (Decreto 5.975/2006) - [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm) ;
- Seringueira (*Hevea* spp) (Decreto 5.975/2006) - [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm) ;
- Mogno (*Swietenia macrophylla*) (Decretos 4.722/2003 6.472/2008) - [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4722.htm#art3](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4722.htm#art3) - [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6472.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6472.htm) .

Em 2008, faziam parte da lista oficial de espécies ameaçadas de extinção 276 da Mata Atlântica, 131 do Cerrado, 46 da Caatinga, 24 da Amazônia, 17 do Pampa e duas do Pantanal.

Tabela 5: Algumas espécies ameaçadas de extinção (MMA, 2014).

Nome Popular	Nome científico	Família	Bioma
Aroeira	<i>Myracrodun urundeuva</i>	Anacardiaceae	Cerrado/Caatinga
Pinheiro do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	Mata Atlântica
Cerejeira	<i>Amburana acreana</i>	Fabaceae	Amazônia
Pau-Brasil	<i>Caesalpinia echinata</i>	Fabaceae	Mata Atlântica
Jacarandá da Bahia	<i>Dalbergia nigra</i>	Fabaceae	Mata Atlântica
Pau roxo	<i>Peltogyne maranhensis</i>	Fabaceae	Amazônia
Canela preta	<i>Ocotea catharinensis</i>	Lauraceae	Mata Atlântica
Canela sassafrás	<i>Ocotea odorifera</i>	Lauraceae	Mata Atlântica
Imbuia	<i>Ocotea porosa</i>	Lauraceae	Mata Atlântica
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Amazônia
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	Amazônia
Pau amarelo	<i>Euxylophora paraensis</i>	Rutaceae	Amazônia

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF 2013. Anuário estatístico da ABRAF, Ano Base 2012.  
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>

CITES. Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção. <https://www.cites.org/>

Indústria Brasileira de Árvores - <http://iba.org/pt/>

Serviço Florestal Brasileiro – Sistema Nacional de Informações Florestais. Disponível em <http://www.florestal.gov.br/snif/>.

DECRETO Nº 3.607, DE 21 DE SETEMBRO DE 2000 - Dispõe sobre a implementação da Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção - CITES, e dá outras providências.

DECRETO 5.975/2006 - [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm) ;

DECRETO 5.975/2006 - [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm) ;

Decretos 4.722/2003 6.472/2008) [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4722.htm#art3](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4722.htm#art3)  
- [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6472.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6472.htm) .

PORTARIA MMA 443, de 17 de dezembro de 2014 - Lista Nacional Oficial de Espécies Ameaçadas de Extinção.

## 6 ANATOMIA DA MADEIRA

O termo tem origem em *Anat* = através; *tomos* = cortar

Os principais objetivos são:

- identificar o material vegetal;
- distinguir espécies aparentemente idênticas;
- prever propriedades e utilização;
- avaliar o comportamento tecnológico da madeira.

De maneira geral utiliza-se um conceito básico de **Madeira: material orgânico, heterogêneo, poroso, higroscópico e anisotrópico.**

- Orgânico, pois em sua composição química elementar é formado por carbono(C);
- Heterogêneo devido à grande variação existente em tipos e distribuição dos componentes básicos;
- Poroso, pois a disposição e arranjo dos elementos celulares deixam espaços vazios;
- Higroscópico porque pode absorver e reter água em sua estrutura;
- Anisotrópico porque suas propriedades variam de acordo com os eixos anatômicos.

## 7 ATIVIDADES FISIOLÓGICAS DO TRONCO

**Funções vitais** mais importantes para a anatomia da madeira

1. Condução (Ascendente)
2. Sustentação
3. Armazenamento, transformação, translocação
4. Crescimento

Tabela 6: Principais tipos de tecidos vegetais

	<b>Tipos de tecidos</b>	<b>Características</b>
<b>Origem</b>	Primário	Formados a partir de meristemas primários
	Secundário	Formados a partir de meristemas secundários
<b>Constituição Celular</b>	Simplex	Com um único tipo de célula
	Complexos	Com vários tipos de célula
	Dérmicos	Tecidos de revestimento e proteção
<b>Função</b>	Vasculares	Tecidos de transporte de água e/ou solutos
	Fundamentais	Tecidos de preenchimento, fotossintéticos ou armazenamento

### 7.1 CRESCIMENTO

**Meristema apical ou primário – altura**, ápice do tronco e ramos. Através de sucessivas divisões celulares, novas células são acrescentadas para baixo, enquanto o tecido meristemático vai sendo deslocado para cima. As células produzidas vão constituir os tecidos primários, como a medula, córtex, epiderme, etc. Predomina nas plantas jovens.

**Meristema cambial – largura (diâmetro)**. Tecido constituído por uma camada de células que se localiza entre o floema (casca interna) e o alburno. Existem dois tipos de células no câmbio:

- as iniciais fusiformes, que originam todos os elementos celulares axiais do lenho
- as iniciais radiais, que produzem os elementos celulares transversais do lenho.

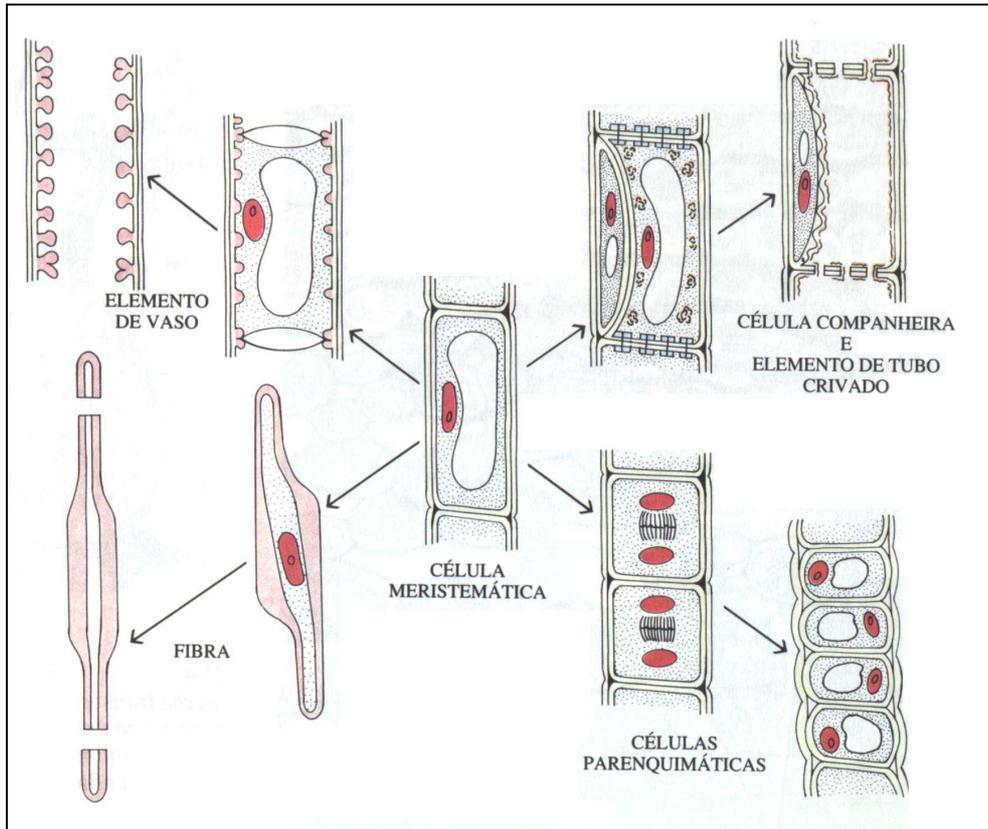
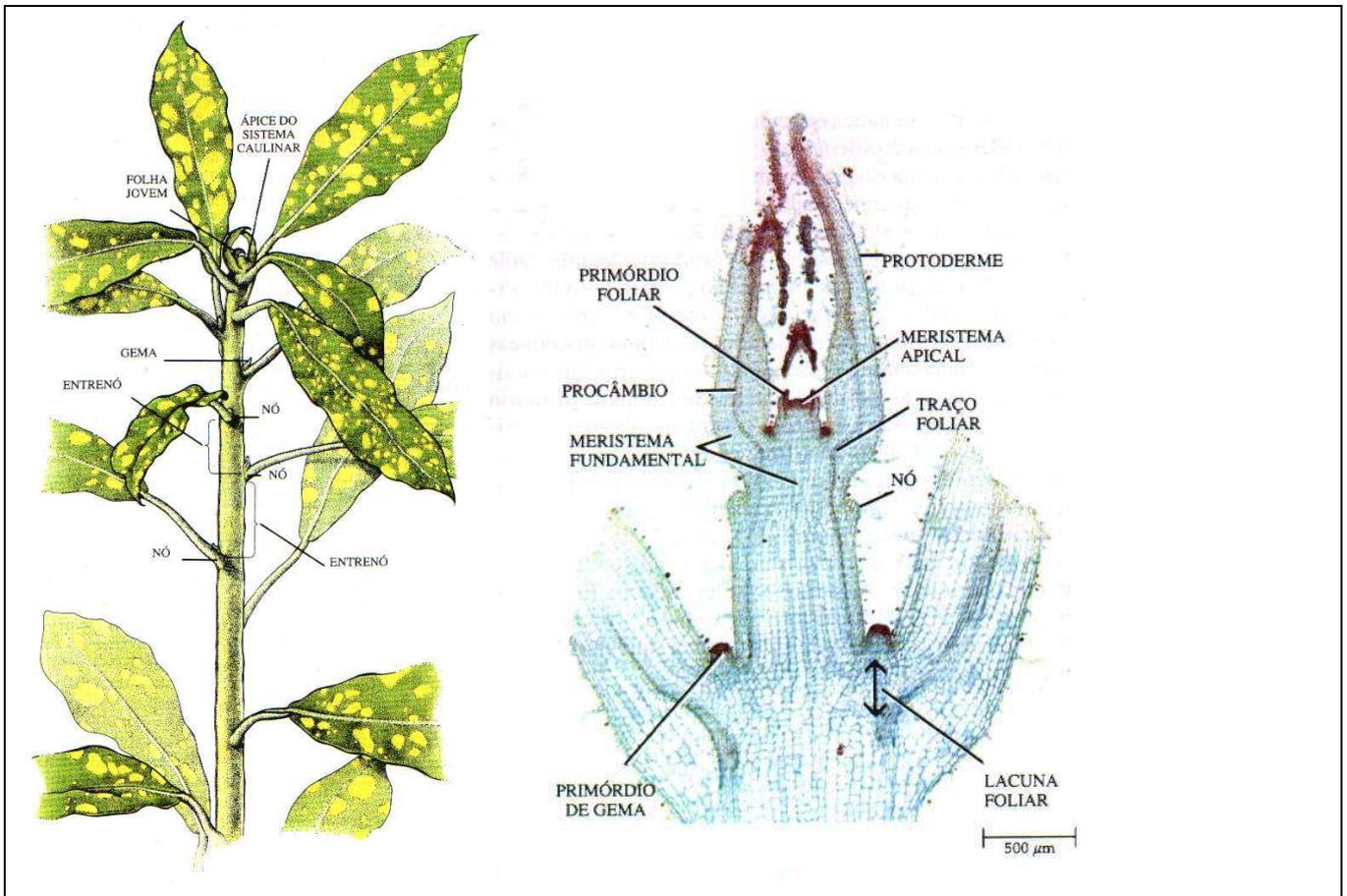


Figura 23: Células originadas das meristemáticas. (Fonte: Raven et al. 1996)



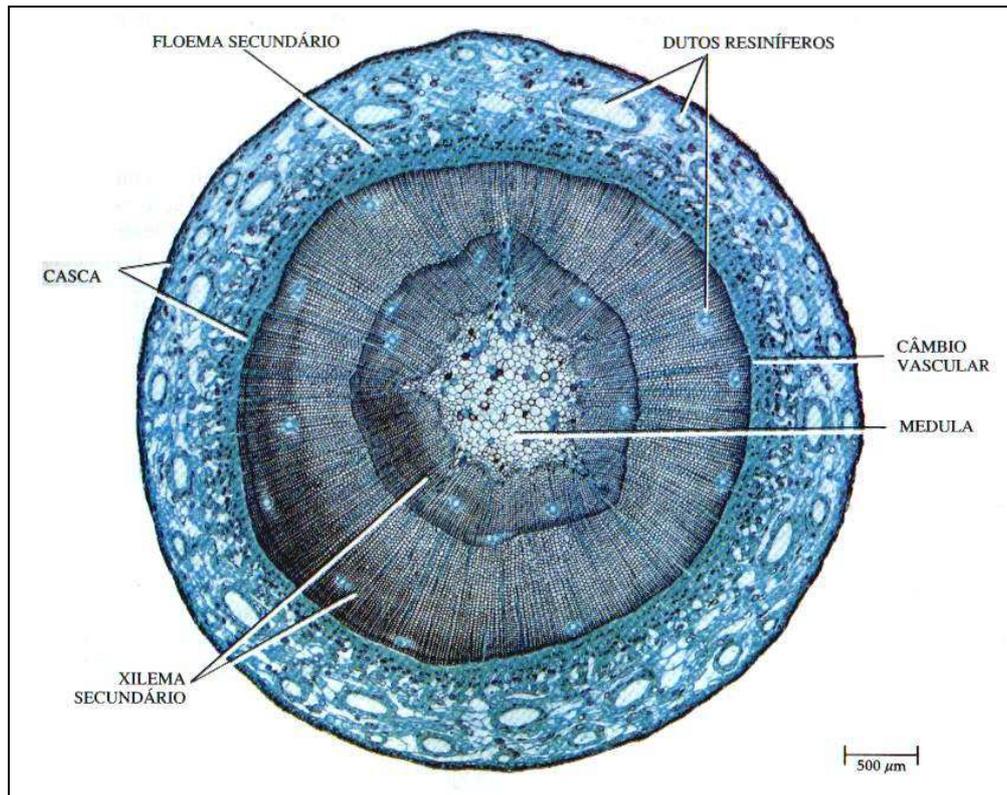


Figura 24: Crescimento vegetal folhas e caule (Fonte: Raven et al. 1996)

Tabela 7: Resumo da origem dos tecidos

	<b>Origem</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo celular</b>	<b>Função</b>
<b>Xilema primário</b>	Procâmbio	Axial	Traqueóides Elementos de vaso	Condução de água
			Fibras libriformes Fibrotraqueóides	Sustentação e eventual armazenamento
			Parênquima axial	Armazenamento, translocação de água e solutos a curta distância.
<b>Xilema secundário</b>	Iniciais fusiformes do câmbio	Axial	Traqueóides Elementos de vaso	Condução de água
			Fibras libriformes Fibrotraqueóides	Sustentação e eventual armazenamento
			Parênquima axial	Armazenamento, translocação de água e solutos a curta distância.
	Iniciais radiais do câmbio	Radial	Parênquima radial	Armazenamento, translocação de água e solutos a curta distância.

A formação de novas células ocorre da seguinte maneira: em uma célula do câmbio, célula mãe ou inicial, surge uma parede num plano tangencial (periclinal – paralelo à superfície), originando duas células mais estreitas, idênticas no início. Uma das duas células mantém o seu caráter

embrionário e sofre um aumento de tamanho, tornando-se uma célula mãe original. A outra célula se diferenciara em um elemento constituinte ou do lenho (xilema) ou do floema (casca interna). Se a célula que mantém o seu caráter embrionário é a mais externa das duas, a outra célula contígua irá constituir o lenho. Se for a mais interna, a outra célula irá formar o floema. Uma vez formada, a nova célula xilemática irá sofrer um processo de diferenciação que envolve modificações na forma e tamanho, até se constituir num dos elementos típicos do lenho em questão, conforme determinação do código genético que a originou.

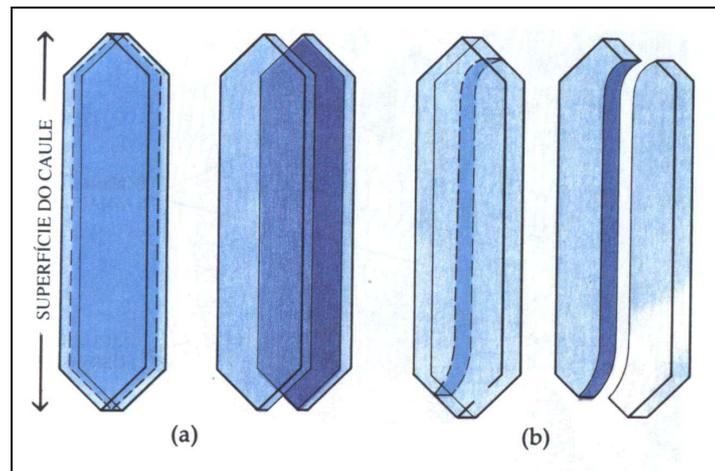


Figura 25: Divisão das células iniciais fusiformes. a) divisões periclinais estão envolvidas com a formação das células do xilema e floema secundários, resultando na formação de fileiras radiais de células (Fig. 4). Quando uma inicial se divide periclinalmente, duas células aparecem, uma atrás (ou na frente) da outra. B) divisões anticlinalmente estão envolvidas com a multiplicação das iniciais fusiformes. Quando uma inicial se divide anticlinalmente, duas células aparecem lado a lado. (Fonte: RAVEN et al., 1996).

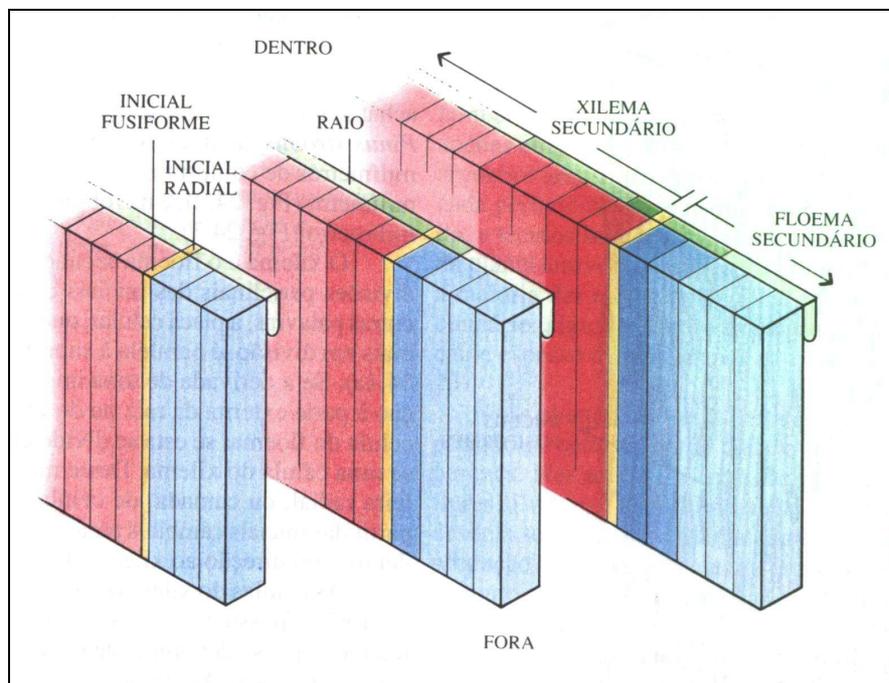
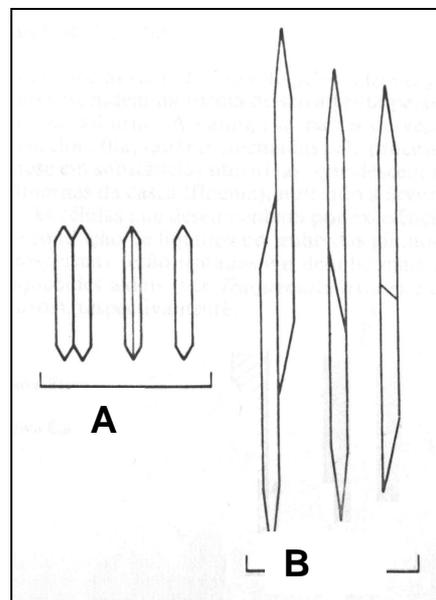


Figura 26 : Diagrama mostrando a relação do câmbio vascular com seus tecidos derivados – xilema e floema secundários. As células mais escuras são as derivadas mais recentes. O câmbio vascular é composto por dois tipos de células (iniciais fusiformes e radiais) que dão origem ao sistema axial e radial, respectivamente, dos tecidos vasculares secundários. As iniciais cambiais quando se dividem periclinalmente produzem xilema e floema secundários. Com a divisão de uma inicial, uma célula filha (a inicial) continua meristemática e a outra

(a derivada da inicial) pode formar uma ou mais células do tecido vascular. As células produzidas em direção à superfície interna do câmbio vascular formam os elementos do xilema, e aquelas produzidas em direção à superfície externa formam elementos do floema. As iniciais radiais se dividem para formar os raios vasculares, que formam um ângulo reto com as derivadas das iniciais fusiformes. Com a produção de xilema secundário adicional, o câmbio vascular e o floema secundário são deslocados para fora. Os diagramas (da esquerda para a direita) representam sucessivamente os estágios de maturação. (Fonte: Raven et al., 1996).

Em consequência da produção contínua de novas células para o interior do tronco, resulta um aumento em periferia, tornando-se também necessário um acréscimo de células no sentido tangencial. Para isso surgem paredes divisórias no plano radial (anticlinal, perpendicular à superfície) nas células cambiais, as quais podem ser:

- retas, originando uma estrutura organizada dos elementos celulares axiais e denominada estratificada
- inclinadas, dando origem a uma estrutura sem organização especial destes elementos.



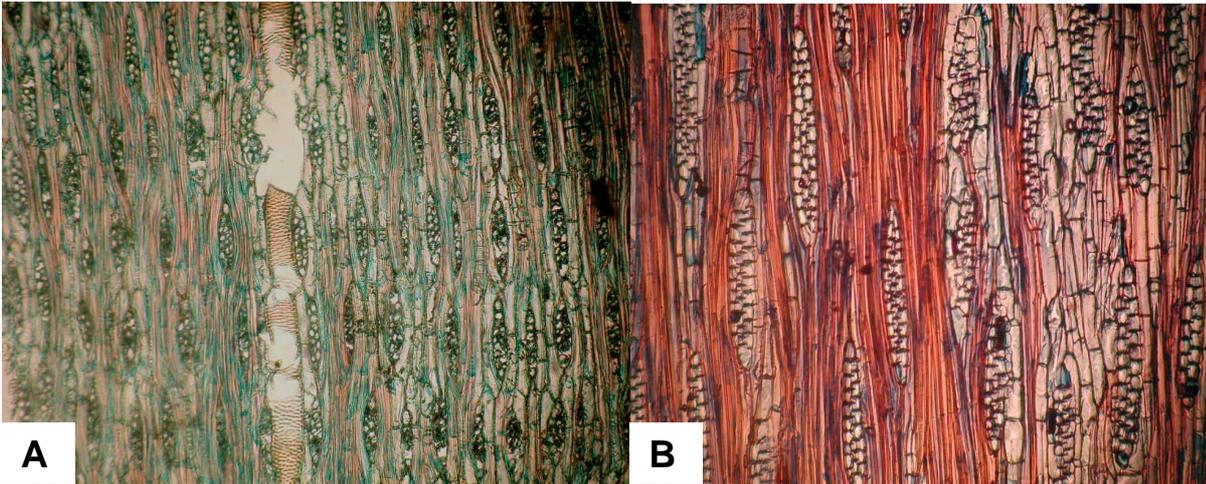


Figura 27: Esquema da divisão celular do câmbio para o crescimento em periferia do tronco. a - divisão que origina uma estrutura estratificada; b – divisão que origina estrutura normal. (Fonte: Burger e Richter, 1991). Estrutura estratificada em jacarandá da Bahia (a) e não estratificada em cedro (b). (Fonte: LANAQM, 2015)

Com exceção das células parenquimáticas, que armazenam substâncias nutritivas e apresentam grande longevidade, apenas as células mais jovens do lenho próximas ao câmbio são células vivas, apresentando núcleos e conteúdo celular. As demais morrem precocemente, perdendo o seu protoplasma; tornam-se simplesmente tubos ocos, nos quais apenas a estrutura da parede celular é mantida.

## 7.2 CONDUÇÃO DE LÍQUIDOS

As substâncias retiradas do solo pelas raízes (água e sais minerais) ascendem na forma de seiva bruta pelas regiões externas do alburno. Ao atingir as partes do vegetal que possuem clorofila, são transformadas pelo processo da fotossíntese em substâncias nutritivas, que descem pelas regiões internas da casca (floema), nutrindo a árvore.

### Em resumo:

A seiva é uma solução aquosa de açúcar, minerais e reguladores de crescimento.

Raízes: Transporte de água e nutrientes para cima;

Xilema: fluxo ascendente em direção às folhas;

Floema: fluxo descendente (açúcar e reguladores);

Raios: fluxo casca-medula.

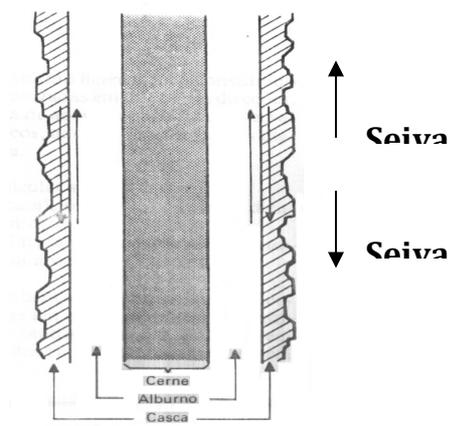


Figura 28: Condução de líquidos no tronco. (Fonte: Burger e Richter, 1991).

As células responsáveis pela condução de líquidos nas coníferas são os traqueóides axiais (Figura 29a) e nas folhosas os vasos (Figura 29b). A circulação entre uma célula e outra é feita através das pontoações (Figura 30)

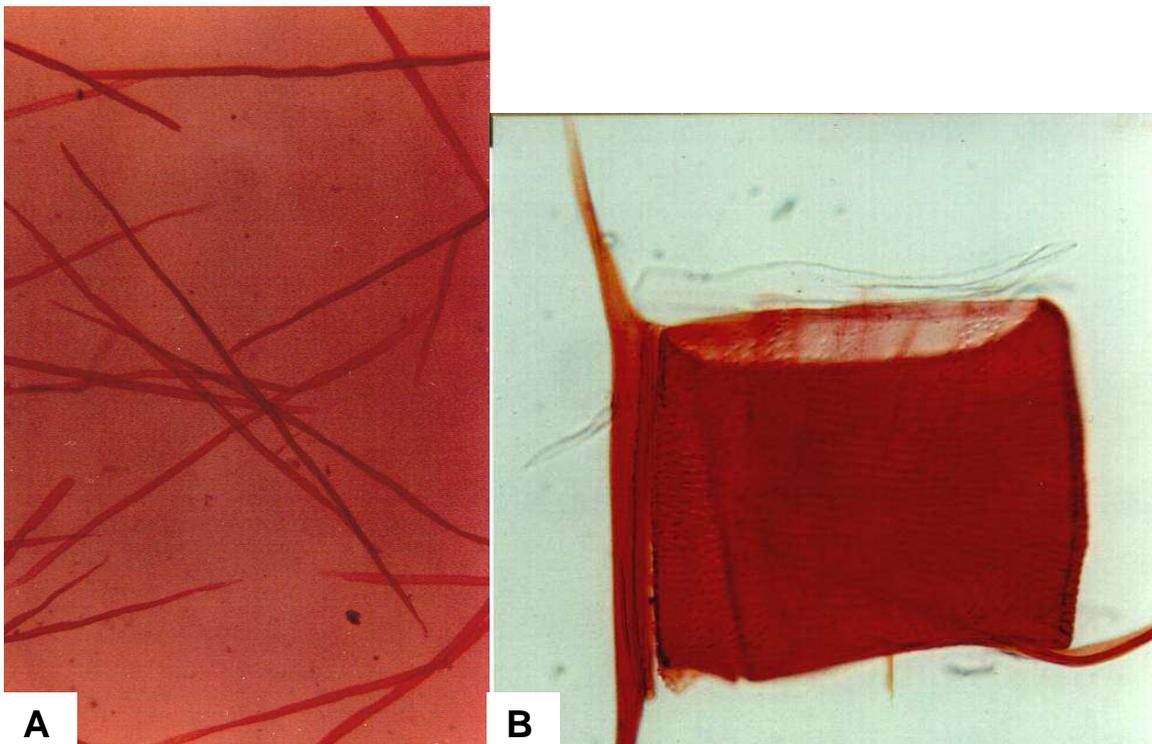


Figura 29: a) traqueóide axial em pinus; b) elementos de vaso na bracatinga (Fonte: LANAQM, 2015)

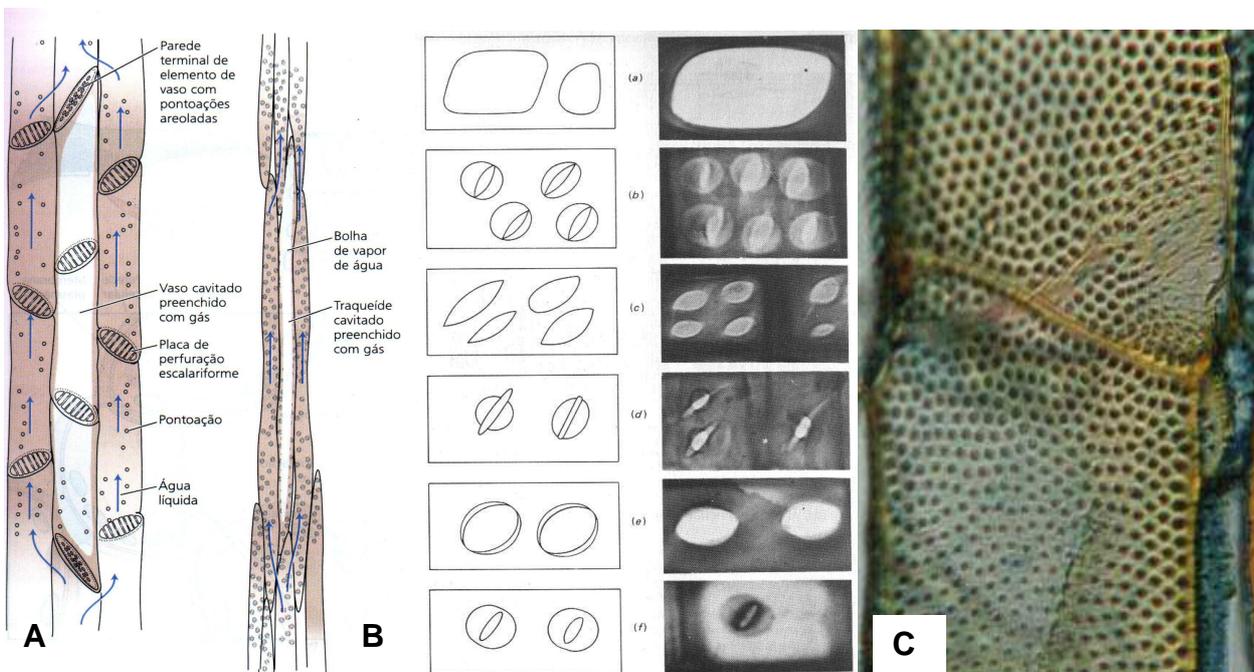


Figura 30: A) Circulação de líquido entre as células (Fonte: Raven et al. 1996). B) Pontoações do campo de cruzamento em coníferas (Fonte: IAWA); C) Pontoações intervasculares em grevílea (Fonte: LANAQM, 2012).

### 7.3 SUSTENTAÇÃO DO VEGETAL

Esta função é desempenhada principalmente pelas células alongadas que constituem, via de regra, a maior parte do xilema secundário.

Nas coníferas os responsáveis são os traqueóides axiais (Figura 31a) e nas folhosas, as fibras (Figura 31b). Na indústria de celulose e papel, os termos utilizados são fibra longa (conífera) e fibra curta (folhosa).

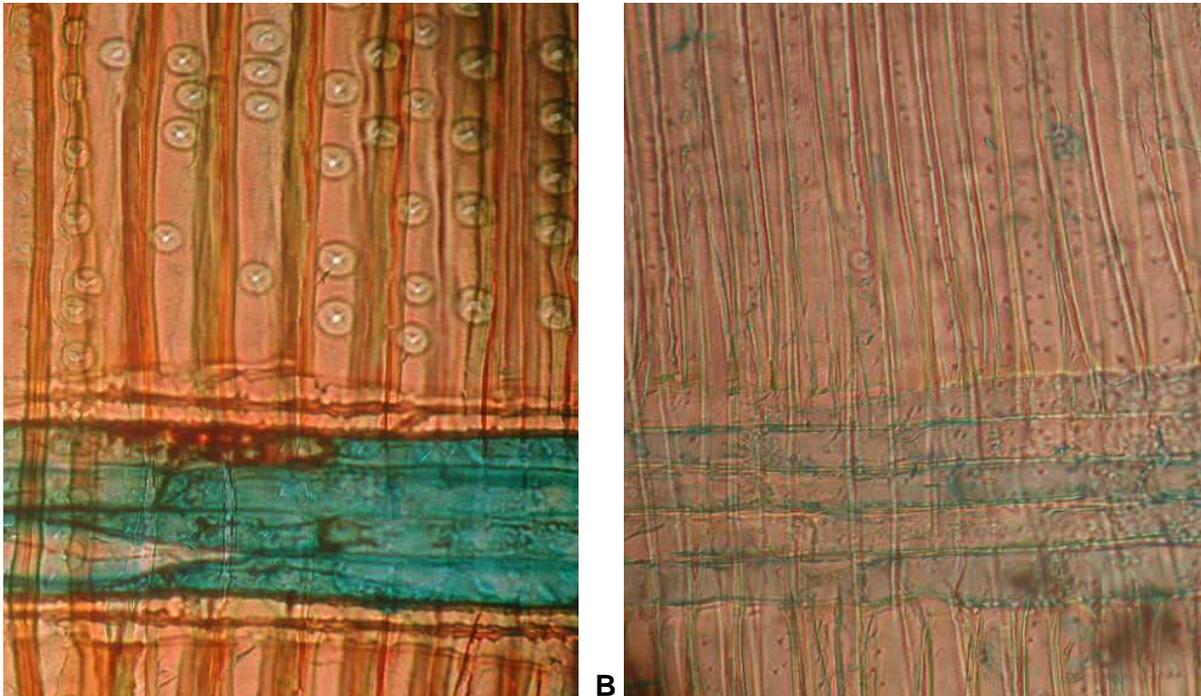


Figura 31: Seção radial ilustrando traqueóides axiais em pinus (A) e fibras em angico (B) (Fonte: LANAQM, 2012)

### 7.4 TRANSFORMAÇÃO, CONDUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SUBSTÂNCIAS NUTRITIVAS

A transformação de seiva bruta em seiva elaborada se processa nos órgãos do vegetal que possuem clorofila, principalmente nas folhas, por meio da fotossíntese. Uma vez transformados, os produtos de assimilação, seu transporte se dá no floema, parte interna da casca, pelas células especiais: os tubos crivados (angiospermas) e células crivadas (gimnospermas)

Ao contrário dos traqueóides e dos vasos, que assumem a função de condução após sua morte, as células do floema, responsáveis pelo transporte da seiva elaborada, são células vivas, translocando os nutrientes pela pressão osmótica de seus protoplasmas.

O armazenamento das substâncias nutritivas é feito nos tecidos parenquimáticos: medula, parênquima axial, raios. Ocasionalmente, fibras vivas, principalmente as septadas, podem armazenar substâncias nutritivas.

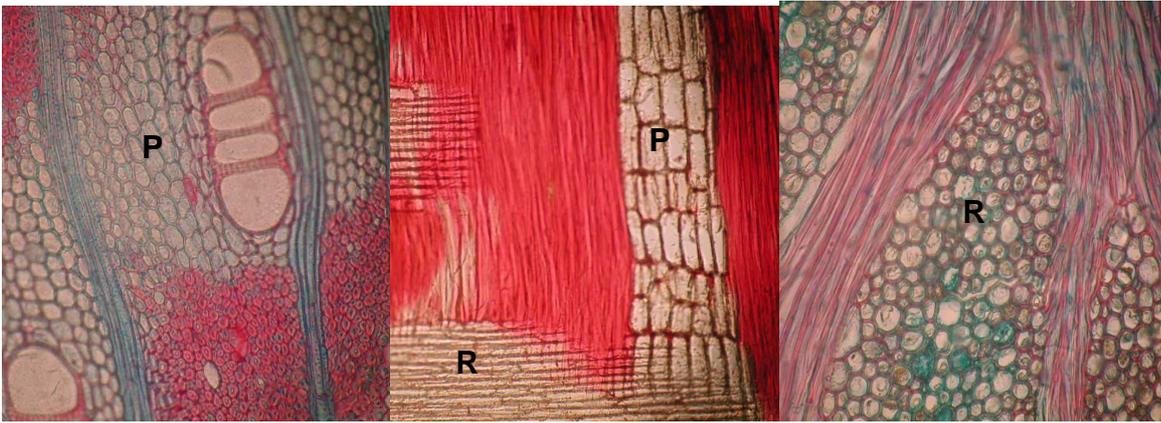


Figura 32: Raios (R) e células de parênquima (P) em acácia, andira e grevílea. (Fonte: LANAQM, 2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

LANAQM – Laboratório de Anatomia da Madeira – UFPR

IAWA – International Association of Wood Anatomists.

## 8 CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DO TRONCO

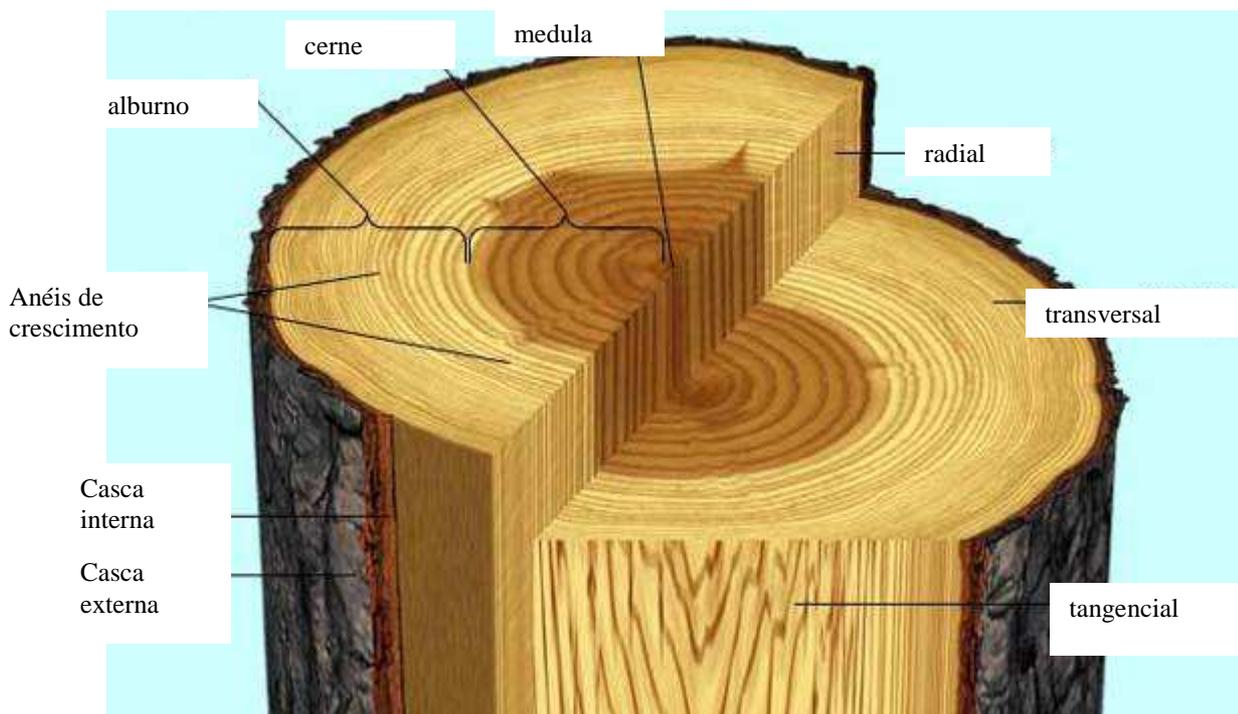


Figura 33 - Seção de um tronco típico. Fonte: Enciclopédia Britânica.

### 8.1 CASCA

Constituída interiormente pelo floema, conjunto de tecidos vivos especializados para a condução da seiva elaborada, e exteriormente pelo córtex, periderme e ritidoma, tecidos que revestem o tronco. A casca é de grande importância na identificação de árvores vivas.

As cascas de algumas espécies são utilizadas industrialmente, como por exemplo, a do carvalho (*Quercus suber* L. Fagaceae) para a fabricação de cortiça; acácia negra (*Acacia decurrens* Willd. – Mimosaceae), angico vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth). Brenan – Mimosaceae), angico preto (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan – Mimosaceae), angico branco (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. – Mimosaceae), na produção de tanino, etc.

Além do armazenamento e condução de nutrientes exercidos pelo floema, a casca tem como função proteger o vegetal contra o ressecamento, ataques fúngicos, injúrias mecânicas e variações climáticas.

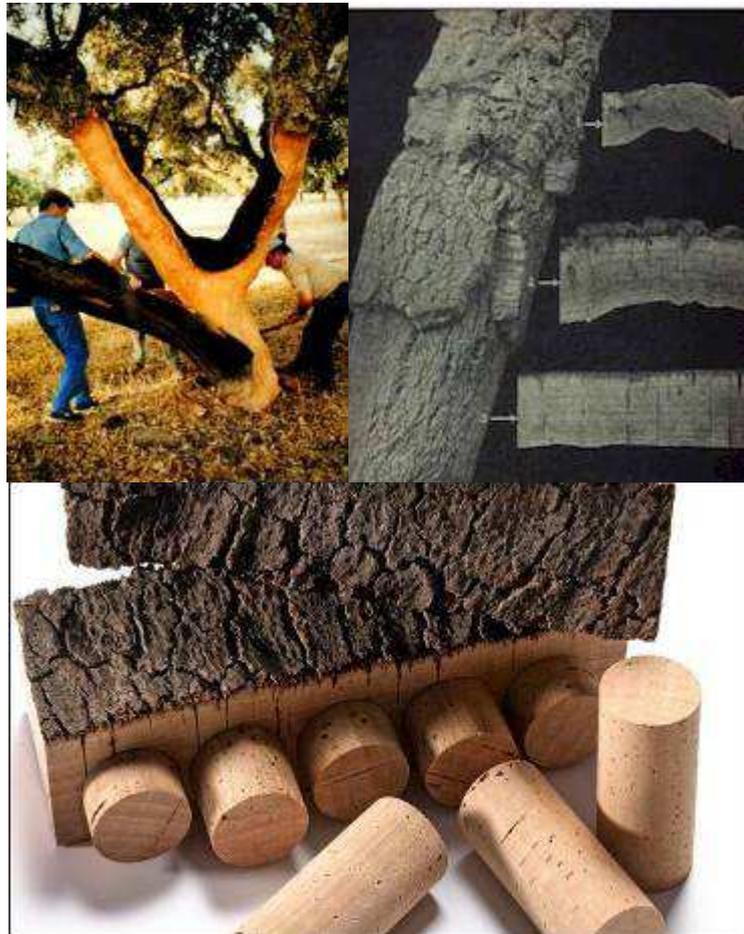


Figura 34: Extração da casca do carvalho, tipos de cortiça, rolha.

(Fonte: <http://www.minerva.uevora.pt/publicar/cortiça/extracao;htm>/<http://www.artwine.com.br/>)

### 8.2 CÂMBIO

Tecido meristemático, ou seja, apto a gerar novos elementos celulares, constituído por uma camada de células situada entre o xilema e o floema. Permanece ativo durante toda vida do vegetal

e é responsável pela formação dos tecidos secundários que constituem o xilema e a casca. A atividade cambial é sensivelmente influenciada pelas condições climáticas.

### 8.3 ANÉIS DE CRESCIMENTO

Em regiões caracterizadas por clima temperado, a diferença entre a madeira formada no início da estação de desenvolvimento e no final é suficiente para produzir anéis de crescimento bem marcados. A cada ano, é acrescentado um novo anel ao tronco, razão por que são também denominados anéis anuais, cuja contagem permite conhecer a idade do indivíduo.

Em coníferas (gimnospermas) os anéis são indicados pela alternância de coloração entre lenho inicial e tardio, onde o tardio é mais escuro (Figura 35). Em folhosas podem se destacar por determinadas características anatômicas, tais como: presença de uma faixa de células parenquimáticas (jatobá, Figura 36), alargamento dos raios no limite dos anéis de crescimento (pau marfim), concentração maior ou menor de vasos (poros) no início do período vegetativo (cedro), espessamento diferencial das paredes das fibras (orelha de macaco, Figura 36), etc. Duas ou mais características anatômicas podem ocorrer simultaneamente. Por outro lado, existem espécies cujos anéis são indistintos. Em um anel de crescimento típico distinguem-se normalmente duas partes: lenho inicial ou primaveril; lenho tardio, outonal ou estival.

O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente primavera, para plantas de clima temperado, quando as plantas despertam do período de dormência em que se encontravam, reassumindo suas atividades fisiológicas com todo vigor. As células da madeira formadas nesta ocasião caracterizam-se por suas paredes finas e lumes grandes, que lhes conferem, em conjunto, uma coloração clara. Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente outono, as células vão diminuindo paulatinamente sua atividade fisiológica. Em consequência deste fato, suas paredes vão se tornando gradualmente mais espessas, e seus lumes menores, distinguindo-se do lenho anterior por apresentarem, em conjunto, uma tonalidade mais escura (lenho tardio). Essa distinção é especialmente evidente em madeiras de coníferas ou de clima temperado.

Esta transição pode ser abrupta ou gradual. É comum encontrarem-se em troncos anéis de crescimento descontínuos (que não formam um círculo completo em torno da medula) e os chamados falsos anéis de crescimento (quando se forma mais de um anel por período vegetativo), que dificultam a determinação exata da idade de uma árvore.



Figura 35: Anéis de crescimento em araucária e pinus (Fonte: LANAQM, 2015)

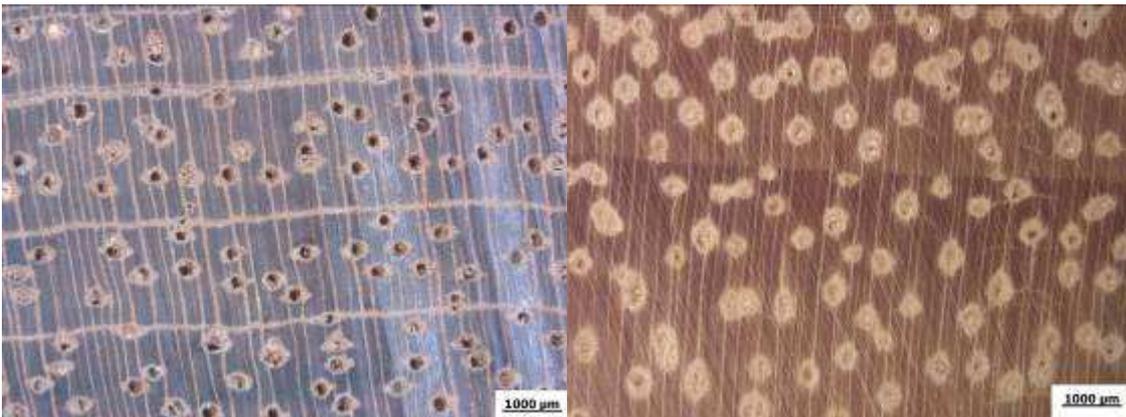


Figura 36: Anéis de crescimento em jatobá (parênquima axial) e orelha de macaca (espessamento fibras) (Fonte: LANAQM, 2012).

A largura dos anéis de crescimento, de grande repercussão nas propriedades tecnológicas da madeira, varia desde uma fração de milímetros até alguns centímetros, dependendo de muitos fatores: duração do período vegetativo, temperatura, umidade, qualidade do solo, luminosidade e manejo silvicultural.

- quanto mais largos os anéis de crescimento, maior o crescimento e vice-versa;
- quanto mais largos os anéis de crescimento, menos densa será a madeira, menos resistência mecânica;
- quanto maior o número de anéis numa peça, maior qualidade e densidade;

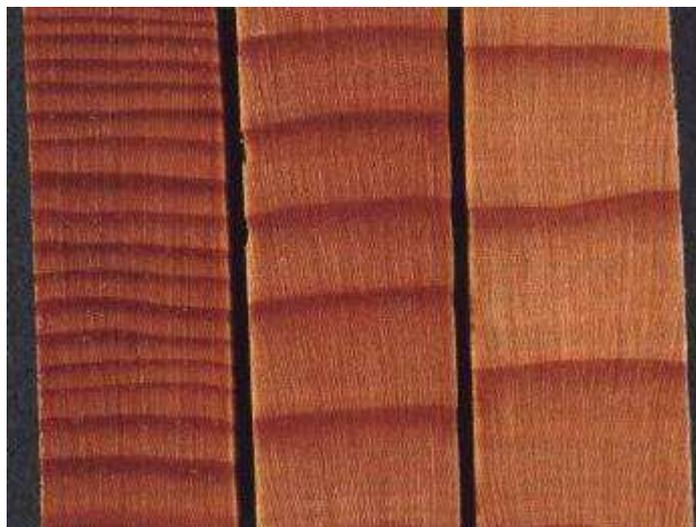


Figura 37: Variação do crescimento em *Pinus resinosa* (Fonte: Hoadley, 2000).

Tudo o que ocorre durante o desenvolvimento da árvore pode ser verificado nos anéis de crescimento (Figura 38), como idade aproximada da árvore, poda, desbaste, incêndios, etc.

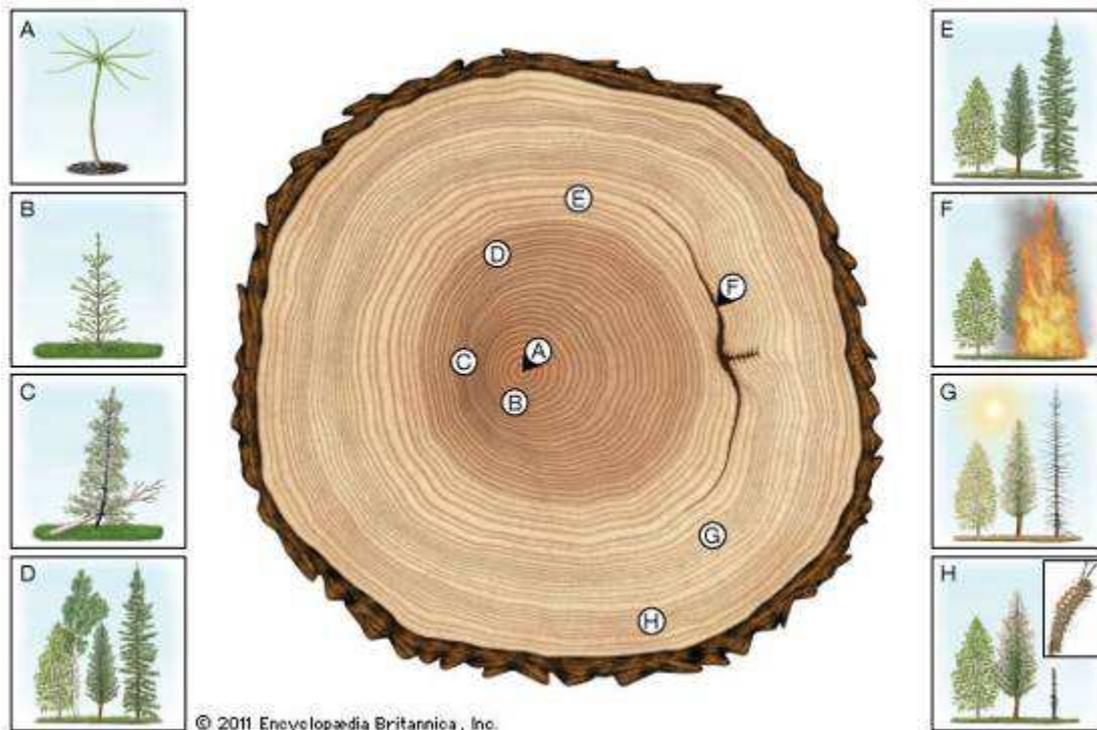


Figura 38: Informações presentes nos anéis de crescimento (Fonte: Enciclopédia Britânica).

#### 8.4 RAIOS

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 (Figura 39).

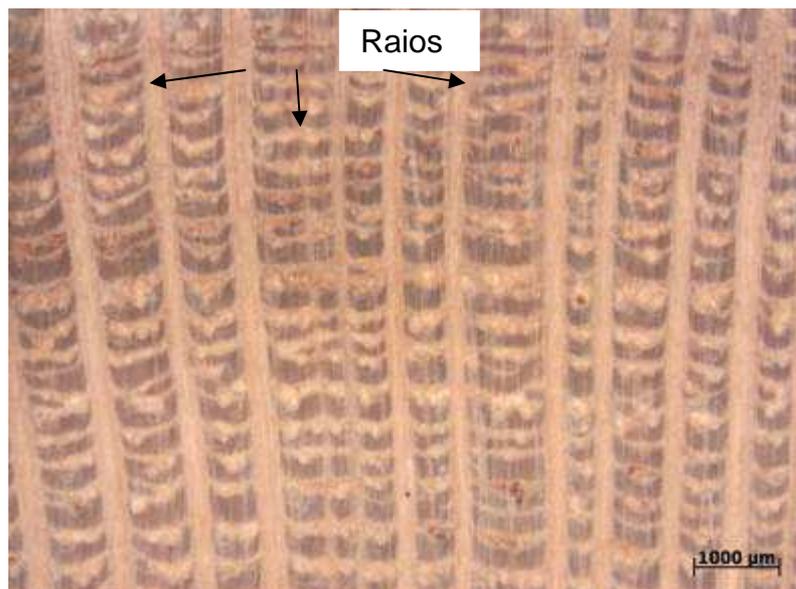


Figura 39 – Raios largos em grevilea (Fonte: LANAQM, 2015)

São faixas horizontais de comprimento indeterminado, formadas por células parenquimáticas, isto é, elementos que desempenham a função de armazenamento de substâncias nutritivas, dispostas radialmente no tronco. 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 (Figura 40) e também por sua abundância.



Figura 40 – Raios estratificados em mogno e não estratificados em grevillea (Fonte: LANAQM, 2015).

Em algumas espécies os raios apresentam apenas poucas células de altura, enquanto em outras, como nos carvalhos, muitas (Figura 39). 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 quando extremamente largos e altos, como por exemplo, no carvalho (*Quercus sp.* - Fagaceae) e louro faia (*Euplassa sp.* - Proteaceae).

## 8.5 CERNE E ALBURNO

A causa da formação do cerne deve-se ao fato de que, com exceção das células parenquimáticas que apresentam maior longevidade e permanecem vivas até certa distância para o interior do tronco (alburno), apenas suas camadas mais periféricas são fisiologicamente ativas; o fluxo ascendente de líquidos retirados do solo ocorre nos anéis de crescimento mais externos do xilema, o transporte da seiva elaborada se dá no floema e finalmente a formação de novas células é realizada pelo câmbio.

À medida que a árvore cresce, as partes internas distanciam-se do câmbio, perdem gradativamente sua atividade vital e adquirem coloração mais escura em decorrência da deposição de tanino, resinas, gorduras, carboidratos e outras substâncias resultantes da transformação dos materiais de reserva contidos nas células parenquimáticas do alburno interno.

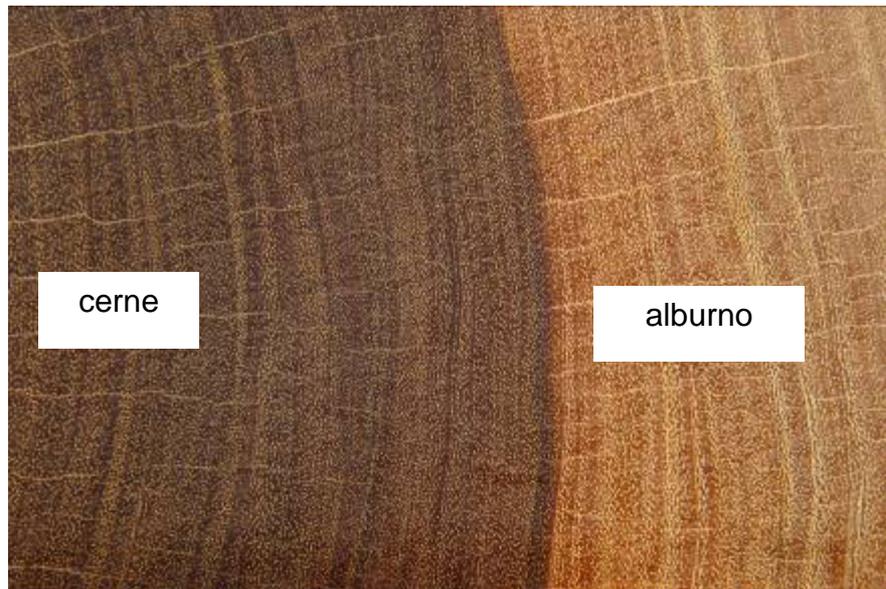


Figura 41: Cerne e alburno em ipê (Fonte: Albuquerque, 2011 - LANAQM).

Além das modificações mencionadas, em determinadas angiospermas, associada à formação do cerne, ocorre a *tilose* (obstrução do lume dos vasos por *tilos*, que consistem em proliferações de células parenquimáticas adjacentes que neles penetram pela pontoações). Este fenômeno é atribuído à diferença de pressão entre vasos e células de parênquima contíguas. Enquanto os vasos conduzem os fluídos ativamente, as pressões dentro das células de ambos são mais ou menos idênticas. Porém com a diminuição da intensidade do fluxo de líquidos nos vasos, a pressão no interior das células parenquimáticas torna-se bem maior e, em consequência, a fina parede primária das pontoações do parênquima se distende penetrando na cavidade dos vasos. Ferimentos externos podem estimular a formação de tilos visando bloquear a penetração de ar na coluna de líquidos em circulação. Às vezes, o surgimento de tilos é decorrente da degradação enzimática das membranas de pontoações por fungos xilófagos.

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.

Tilos são também encontrados em gimnospermas. Ocorrem nos traqueóides axiais de espécies que apresentam pontoações do campo de cruzamento do tipo fenestriforme, como resultado de injúrias mecânicas, infecções ou estímulo químico. É comum encontrarem-se no cerne os canais resiníferos das gimnospermas obstruídos pela dilatação das células que o circundam, fenômeno conhecido por *tilosóide*.

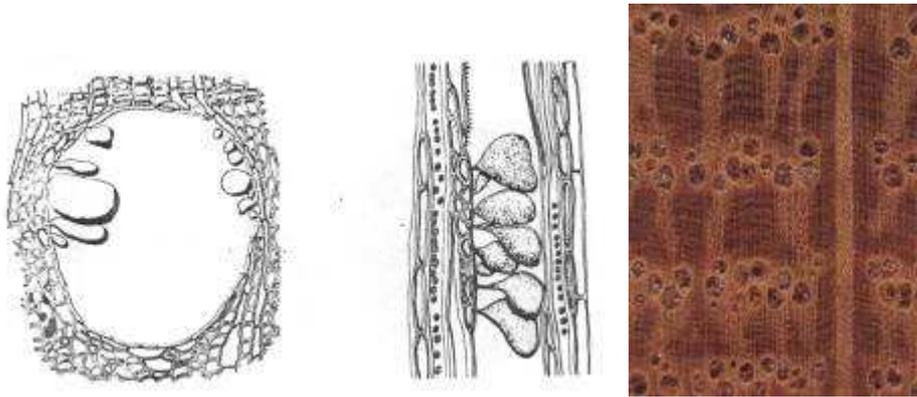


Figura 42: Formação de tilos (Fonte: Burger e Richter, 1994). Tilos em carvalho (Fonte: Hoadley, 2000).

O cessar das atividades fisiológicas acarreta o fechamento das pontoações areoladas. Em consequência da suspensão gradativa da circulação de líquidos pelas células, o toro, parte espessa localizada no centro do retículo de sustentação (margo), torna-se mais ou menos inativo, encostando-se num dos lados. A pontoação nestas condições, denominada *pontoação aspirada*, dificulta ou pode bloquear completamente a passagem de fluídos, uma vez que apenas o retículo de sustentação é permeável, e o toro se encontra muitas vezes irreversivelmente colado por substâncias orgânicas.

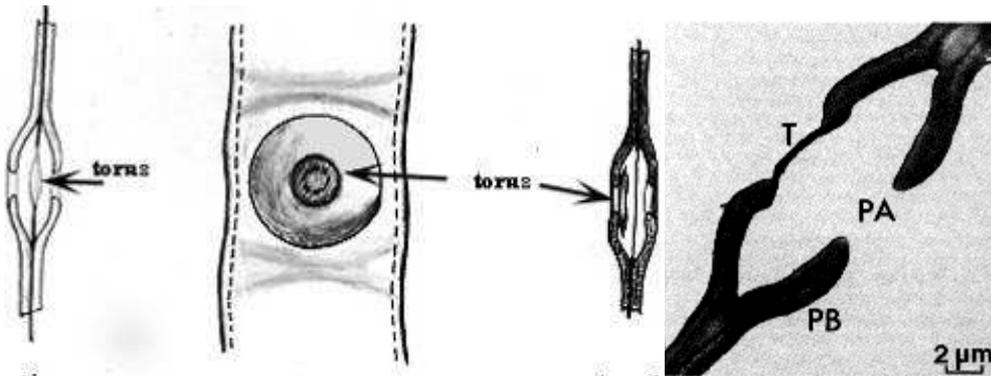


Figura 43: Pontoação aspirada (Fonte: Forest Products Laboratory)

Por possuir um tecido mais compacto e com baixo teor de nutrientes (tilos, pontoações aspiradas, presença de substâncias repelentes e/ou tóxicas, ausência de conteúdo celular), o cerne é muito menos suscetível à ação de agentes deterioradores e apresenta uma durabilidade natural superior à do alburno. Em casos de tratamento preservante, entretanto, o cerne é bem menos acessível à penetração das soluções.

O alburno, juntamente com o câmbio, representa a parte de maior atividade fisiológica no tronco. As células condutoras das zonas mais externas participam ativamente do transporte ascendente de líquidos na árvore e suas células parenquimáticas vivas encerram substâncias nutritivas (amido, açúcares, proteínas), que são em parte responsáveis pela sua maior suscetibilidade ao ataque de insetos e fungos.

Os componentes orgânicos encontrados no cerne apresentam constituição química extremamente complexa e variável, cuja origem muitas vezes não é corretamente explicada. As

cores características são usualmente tons de amarelo, vermelho e marrom, as quais, em muitos casos, explicam a preferência de utilização destas madeiras para móveis e painéis. A presença de extrativos no cerne reduz a permeabilidade, fazendo-o mais resistente à impregnação com preservantes e retardantes químicos de incêndio, causando dificuldade de secagem e problemas na polpação. Por outro lado, a obstrução dos vasos em algumas espécies torna a madeira adequada para usos onde a permeabilidade deve ser baixa.

Em algumas espécies, a formação do cerne não é acompanhada pela mudança de coloração, entretanto, uma vez que as células estão fisiologicamente inativas, a área é tecnicamente cerne.

A proporção de cerne e alburno é variável, algumas espécies são compostas quase que exclusivamente de cerne, com apenas uma faixa estreita de alburno; outras possuem apenas pequena quantidade de cerne. Em algumas espécies o cerne morfológico é absolutamente ausente.

### Resumo:

**Alburno:** porção do tronco com células em funcionamento

**Cerne: porção do tronco com células sem atividade fisiológica, que sofreram**

- *transformações químicas:* infiltrações e deposição de substâncias polifenólicas, taninos, gorduras, resinas, etc.
- *transformações físicas ou anatômicas:*
  - Coníferas – pontoações aspiradas, problemas na secagem e preservação.
  - Folhosas – tiloses, aspecto positivo na identificação, tonéis, ataque de fungos.
  - *Pode existir:* - cor mais escura ou só fisiologicamente
  - *Não existir*

### Diferenças

- o alburno é mais suscetível ao ataque de agentes xilófagos
- o alburno possui mais água, é mais mole e com menor resistência mecânica do que o cerne. Se, no entanto, o alburno for seco ao mesmo teor de umidade do cerne, ambos terão a mesma resistência mecânica.
- a densidade do cerne é maior devido às inclusões e aos depósitos de substâncias. Isto contudo, não implica em um maior aumento da resistência mecânica do cerne.
- o alburno é mais facilmente secado e preservado do que o cerne, porque é mais permeável
- o cerne é geralmente mais escuro do que o alburno.

### 8.6 MEDULA

É a parte que normalmente ocupa o centro do tronco, cuja função é a de armazenar substâncias nutritivas. Seu papel é especialmente importante nas plantas jovens, nas quais, participa também na condução ascendente de líquidos. O seu tamanho, coloração e forma são muito variáveis. Por ser constituída de tecido parenquimático, a medula é uma região suscetível a apodrecimentos causados por fungos (toras ocas).



Figura 44: Medula oca (Fonte: <http://www.comarcaweb.com.br/>).

## 9 PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS

São as propriedades físicas perceptíveis que impressionam os órgãos dos sentidos: cor, odor, gosto, grã, textura, brilho e desenho.

### 9.1 COR

É o resultado da impregnação de substâncias nas células. Algumas dessas substâncias são tóxicas e influenciam na durabilidade natural das espécies. Na prática é muito importante em relação ao valor estético da madeira, e tem importância secundária para a identificação de espécies uma vez que pode variar dentro da árvore (entre cerne e albúrne), com a umidade, exposição à luz e também ser alterada artificialmente.



Figura 45: Exemplo de diferentes cores na madeira: roxinho, piquiarana, angelim pedra e tatajuba. (Fonte: Nahuz et al. 2012)

Algumas espécies são/foram utilizadas para a extração comercial de substâncias corantes, como o pau Brasil (*Caesalpinia echinata* –Caesalpiniac), taiúva (*Chlorophora tinctoria* - Moraceae) e pau Campeche (*Haematoxylum campechianum* – Caesalpiniac.).

### 9.2 ODOR

É o resultado da presença de substâncias voláteis nas células, podendo ser agradável (ex. *sassafrás* – *Ocotea odorifera*, Lauraceae) ou desagradável (ex. algumas canelas *Nectandra* spp. – Lauraceae). É difícil de ser definida e deve ser avaliada em amostras secas e superfícies recém expostas. Pode ser realçado umedecendo-se a madeira ou raspando-se.

É uma propriedade muito importante para a utilização da madeira, restringindo o material em casos de contato direto com o ser humano ou em embalagens para produtos alimentícios. Também podem ser extraídas as substâncias e aplicadas na indústria (ex: artigos de perfumaria com sândalo – *Santalum album* – Santalaceae). A indústria de charutos utiliza caixas de cedro (*Cedrela* sp.) pela reação do odor da madeira com o produto.



Figura 46: Ilustração da madeira e óleo de sândalo (Fonte: <http://www.basenotes.net/features/1898-sandalwood-dreams-part-7>). Caixa de charutos em cedro. Fonte: <http://www.charutosebebidas.com.br/charutospersonalizados.htm>

### 9.3 GOSTO

Propriedade útil para a confirmação da identificação de algumas madeiras e está diretamente relacionado com o odor pois tem origem nas mesmas substâncias. Algumas espécies apresentam gosto característico como angelim amargoso (*Vatairea guianensis* – Fabaceae) e araribá (*Centrolobium tomentosum* – Fabaceae). Madeiras com alto teor de tanino apresentam, em geral, sabor amargo.

O gosto pode excluir a madeira para aplicação em embalagens de alimentos, palitos de dente, brinquedos para bebês, etc.



Figura 47: Palitos de dente e sorvete. (imagens internet)

### 9.4 GRÃ

É definida como a orientação dos elementos verticais constituintes do lenho em relação ao eixo de uma árvore.



Figura 48: Ilustração da grã na madeira. (Fonte: [http://allhardwoodfloor.com/Wood\\_species\\_info\\_pictures/wood\\_species\\_information\\_images.htm](http://allhardwoodfloor.com/Wood_species_info_pictures/wood_species_information_images.htm))

- **Grã direita (linheira ou reta)**
  - considerado o normal;
  - tecidos axiais orientados paralelamente ao eixo principal do tronco ou peças de madeira;
  - contribui para uma elevada resistência mecânica;
  - é de fácil desdobro e processamento;
  - não provoca deformações indesejáveis por ocasião da secagem;
  - sob o ponto de vista decorativo as superfícies se apresentam com aspecto bastante regular e sem figuras ornamentais especiais.
- **Grãs irregulares**
  - elementos axiais apresentam variações de inclinação quanto ao eixo longitudinal do tronco ou peças de madeira
  - **Grã espiral (torcida)**: determinada pela orientação espiral dos elementos axiais constituintes da madeira em relação ao eixo do tronco.

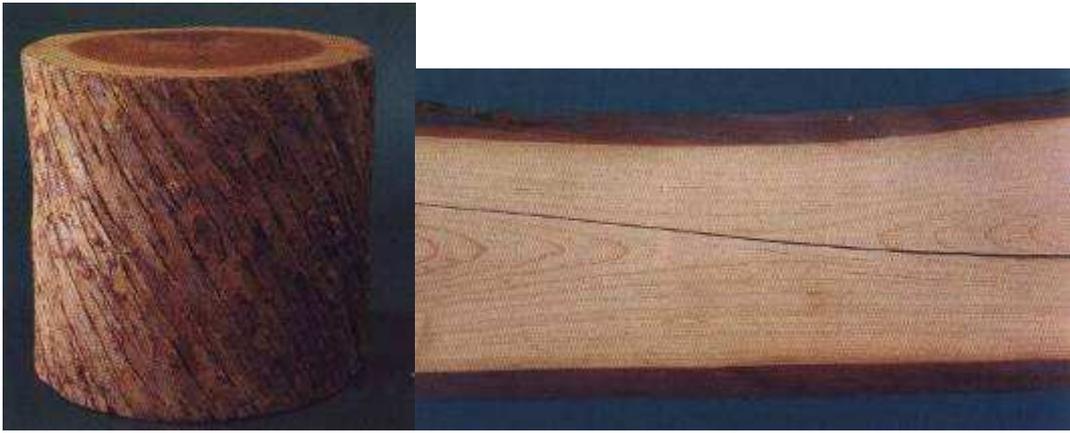


Figura 49: Grã espiral e falha no processamento (Fonte: Hoadley, 2000).

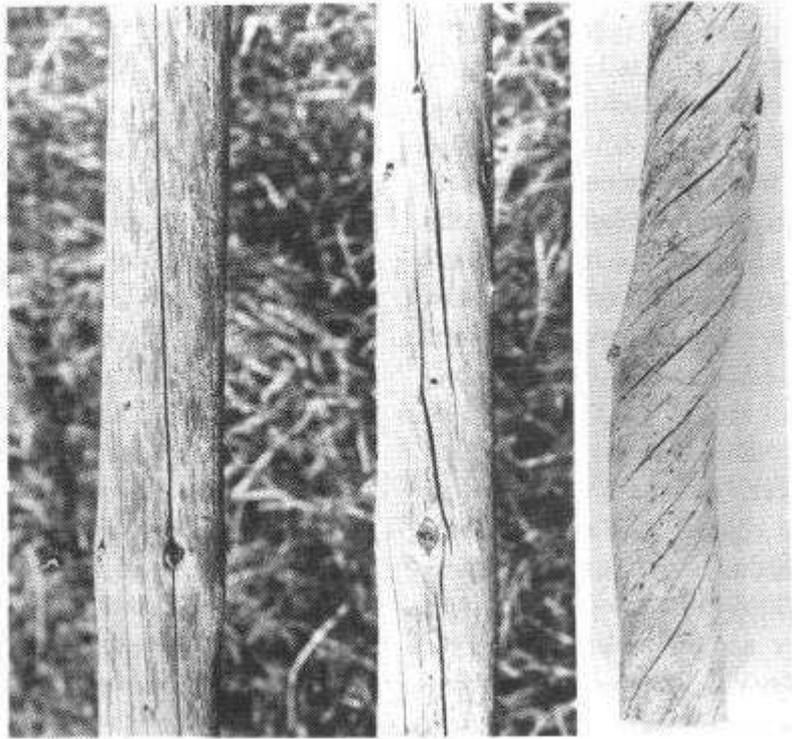


Figura 50: Grã espiral em pinus (Fonte: Kolmann e Cotê)

- **Grã entrecruzada (revessa):** tecidos axiais orientados em diversas direções.
  - origina-se de árvores com grã espiral nas quais a direção de inclinação sofreu alterações periódicas.
  - resistência mecânica não é muito afetada, mas a madeira apresenta problemas de deformações e empenamentos durante a secagem e é de difícil trabalhabilidade.
  - sob o aspecto estético, produz desenhos muito atraentes.

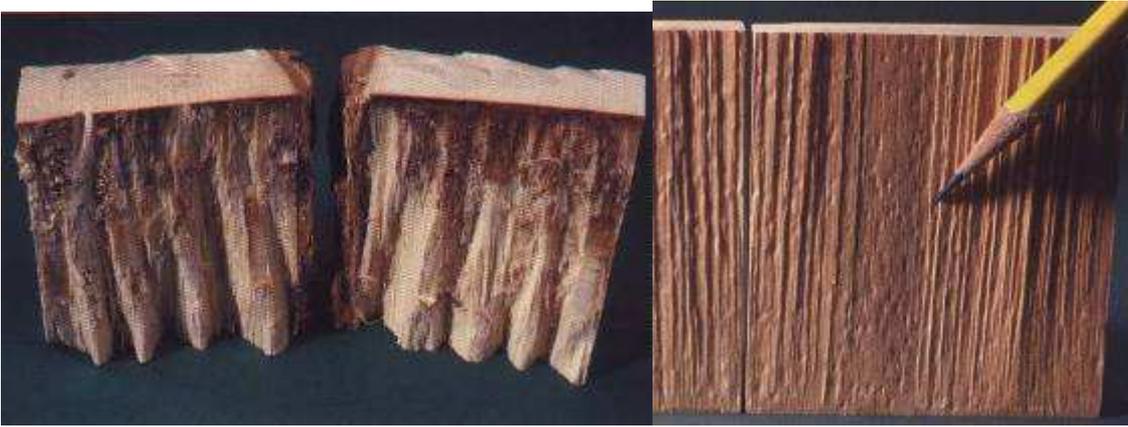


Figura 51: Grã entrecruzada (Fonte: Hoadley, 2000).

- **Grã ondulada (crespa):** elementos axiais do lenho alteram constantemente sua direção, aparecendo como uma linha sinuosa regular.
  - as consequências para utilização da madeira são praticamente as mesmas da grã entrecruzada.
  - superfícies longitudinais apresentam faixas escuras e claras, alternadas e de belo efeito decorativo.
- **Grã inclinada, diagonal ou oblíqua:** é o desvio angular que apresentam os elementos axiais constituintes da madeira com respeito ao eixo longitudinal da peça.
  - proveniente de árvores com troncos excessivamente cônicos, crescimento excêntrico, etc.
  - afeta significativamente as propriedades tecnológicas da madeira: quanto maior o desvio, menor a resistência mecânica e mais acentuada a ocorrência de deformações de secagem.

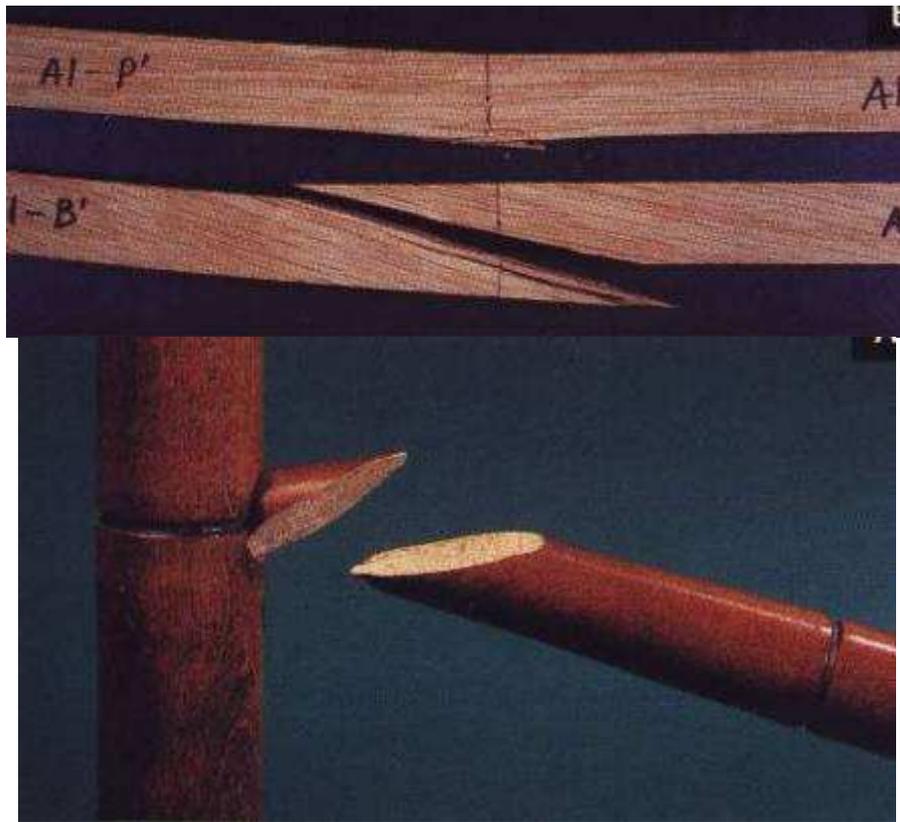


Figura 52: Problemas em grãos irregulares (Fonte: Hoadley, 2000).



Figura 53: Tipos de grã: Fonte: (Laboratório de Produtos Florestais - Intkey – Madeiras comerciais do Brasil).

## 9.5 TEXTURA

É o efeito produzido na madeira pelo conjunto das dimensões, distribuição e percentagem dos diversos elementos estruturais constituintes do lenho.

Nas coníferas, é determinada pela maior ou menor nitidez, espessura e regularidade dos anéis de crescimento: heterogênea, média, homogênea.

- heterogênea: contraste entre LI e LT marcante, ex. *Pinus elliotii* Pinaceae
- homogênea: contraste pouco evidente, ex. *Podocarpus lambertii* Podocarpaceae.

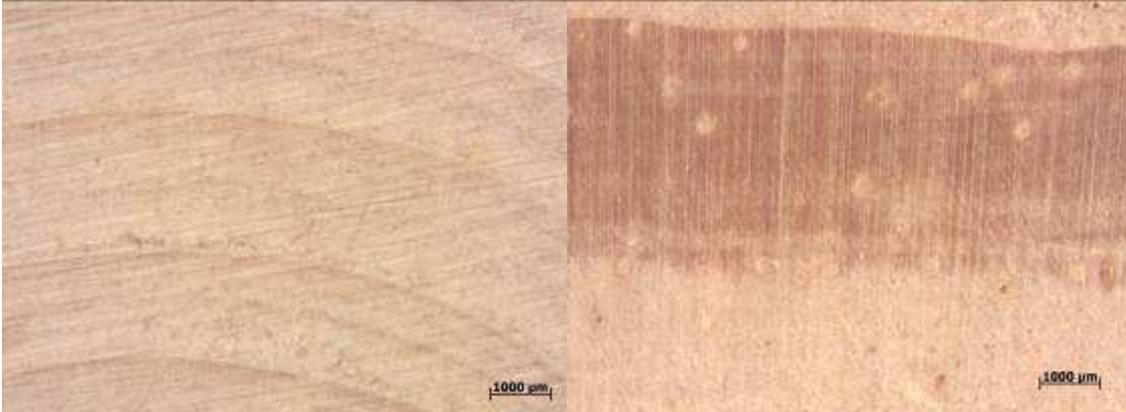


Figura 54: Textura homogênea em podocarpus e heterogênea em pinus. (Fonte: LANAQM, 2015).

Nas folhosas é determinada pelo diâmetro dos vasos e largura dos raios; grossa, média, fina.

- grossa: poros grandes e visíveis a olho nu, parênquima axial contrastante ou raios largos, como por exemplo, no carvalho (*Quercus spp.* Fagaceae), louro-faia (*Roupala sp.* Proteaceae) e acapu (*Vouacapoua americana* Caesalpiniaceae..).
- fina: elementos de dimensões muito pequenas e se encontram principalmente de forma difusa no lenho, conferindo-lhe uma superfície homogênea e uniforme, como por exemplo no pau marfim (*Balfourodendron riedelianum* Rutaceae).

–



Figura 55: Textura grossa em cerejeira e textura fina em pau amarelo superfície transversal (Fonte: LANAQM, 2015). Textura grossa em angelim, média em angelim vermelho e fina em superfície tangencial (Fonte: Nahuz et al. 2012)

Em alguns casos existe a classificação textura fibrosa: ocorre em madeiras de textura grossa e parênquima abundante nas quais existe um contraste de coloração em que as fibras são escuras e o parênquima axial é claro (Ex: angelim: *Hymenolobium* spp.).



Figura 56: Textura fibrosa em Angelim. (Fonte: LANAQM, 2015; Nahuz et al. 2012)).

## 9.6 BRILHO

É a capacidade do corpo refletir a luz incidente. Está relacionado com a orientação dos elementos celulares e com a presença de extrativos (resina, óleo) no cerne. A face radial é sempre mais reluzente. Esta propriedade apresenta importância estética e pode ser acentuado artificialmente por polimentos e acabamentos superficiais.



Figura 57: Superfície com brilho natural (Fonte: Hoadley, 2000).

## 9.7 DESENHO

- resulta das várias características macroscópicas: cerne, alburno, cor, grã, e principalmente de dois elementos estruturais, anéis de crescimento e raios, e obviamente, do plano de corte em si.
- desenhos especialmente atraentes tem sua origem em certas anormalidades como: grã irregular, galhas, troncos aforquilhados, nós, crescimento excêntrico, deposição irregular de substâncias corantes, etc.
- alguns recebem nomes especiais: figura prateada (*silver figure*) pelo efeito dos raios; olho de passarinho (*bird eye*), causado pela presença de brotos adventícios



Figura 58: Diferentes tipos de desenho na madeira. (Fonte: Hoadley, 2000 )

## 10 PLANOS DE CORTE

A madeira é um material anisotrópico, ou seja, não apresenta as mesmas propriedades em todas as direções. Assim também, diferentes aspectos da estrutura celular são revelados em direções distintas, o que exige o estudo da anatomia da madeira em três diferentes planos.

Para estudos anatômicos adotam-se os seguintes planos convencionais de corte (Figura 59):

- Transversal (X): perpendicular ao eixo axial da árvore;
- Longitudinal Radial (R): na direção axial, paralelo ao eixo maior do tronco e paralelo à direção dos raios lenhosos, e ainda perpendicular aos anéis de crescimento;
- Longitudinal Tangencial (T): na direção axial, paralelo ao eixo maior do tronco e em ângulo reto ou perpendicular aos raios lenhosos e ainda tangencial aos anéis de crescimento.



Figura 59: Planos de corte da madeira (Fonte: Botosso, 2011)

Em corte transversal, as células do sistema axial são cortadas transversalmente e revelam suas menores dimensões; os raios, por sua vez, são expostos em sua extensão longitudinal. Quando o caule é cortado longitudinalmente, pode-se obter dois tipos de corte: o radial e o tangencial. Os cortes radiais expõem os raios como faixas horizontais perpendiculares ao sistema axial. Cortes tangenciais seccionam o raio quase perpendicularmente à sua extensão horizontal e mostram sua altura e largura (Figura 60).

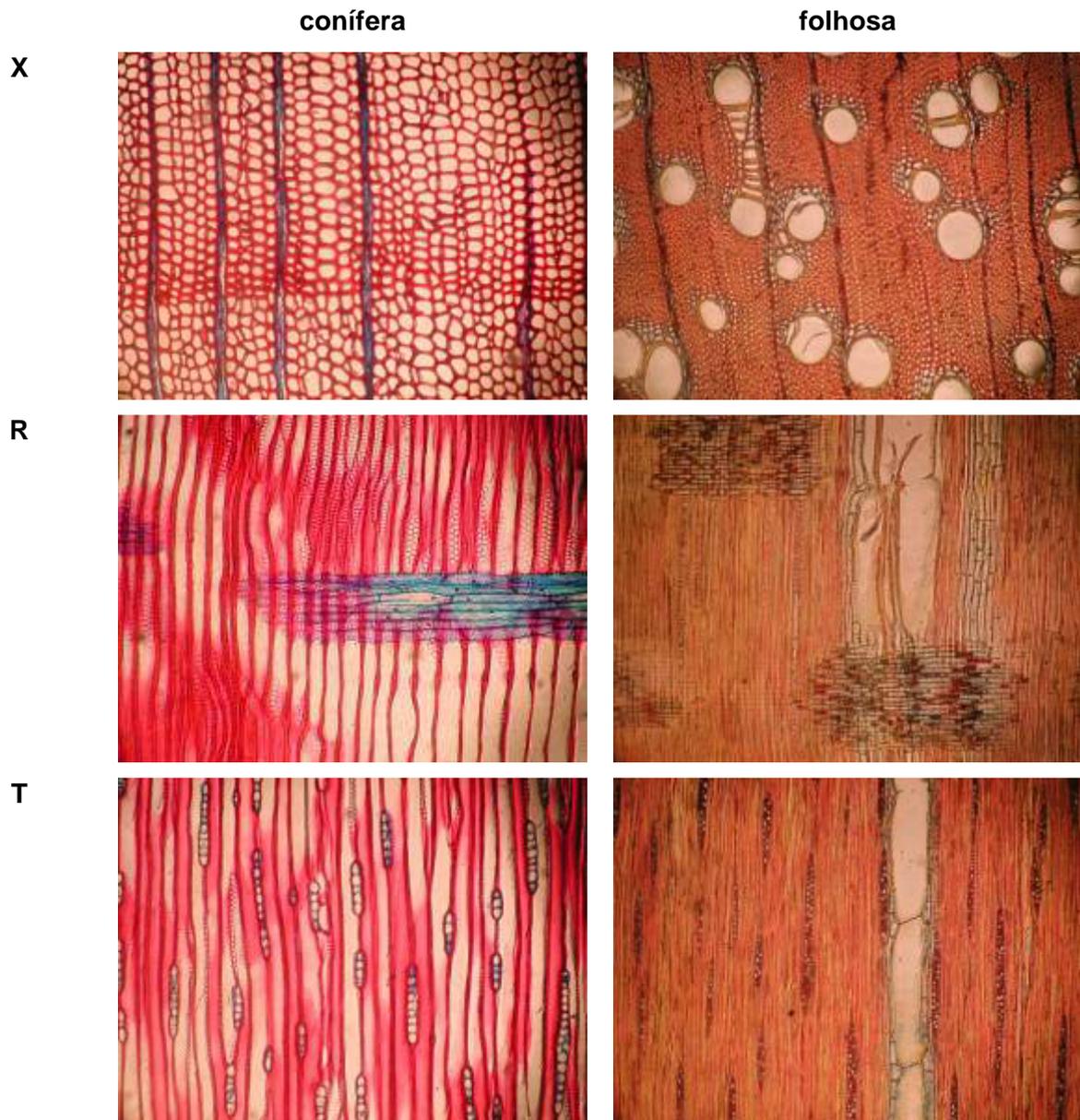


Figura 60: Planos de corte transversal (X) radial (R) e tangencial (T) em coníferas (a) e folhosas (b). (Fonte: LANAQM, 2012)

**BIBLIOGRAFIA**

BOTOSO, 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.

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

HOADLEY, R.B. **Identifying wood: accurate results with simple tools**. United States of America: Taunton Press, 2000. 223p.

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

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.