

# Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro

João Carlos Ferreira de Melo Júnior<sup>1</sup>, Gregório Ceccantini<sup>2</sup> & Cleusa Bona<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade da Região de Joinville, Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas. Rua Paulo Maschitzki, 10, CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil. joao.melo@univille.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biociências. Rua do Matão, 277, CEP 05508-090, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas. Caixa Postal 19031, CEP 81531-990, Curitiba, PR, Brasil

Recebido em 11.V.2011. Aceito em 16.XI.2011.

---

**RESUMO** – *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*, subfam. *Caesalpinioideae*) é uma planta de hábito arbóreo de ampla distribuição no Brasil, conhecida como copaíba. Este estudo discute, numa perspectiva ecológica, alterações estruturais em populações de copaíba em três substratos distintos do cerrado do Paraná: neossolo flúvico em margem de rio, afloramento arenítico e latossolo vermelho em campo cerrado. Caracteres como porosidade difusa, camada de crescimento delimitada pelo parênquima marginal, presença de fibras gelatinosas e cristais foram comuns entre os indivíduos estudados. Os resultados quantitativos mostram diferenças significativas entre vários parâmetros. Vasos de grande diâmetro e fibras de maior comprimento foram observadas em plantas de neossolo, sendo superiores aos demais substratos. Variações no comprimento dos vasos e na altura e largura dos raios também são pronunciadas. Sugere-se que a disponibilidade hídrica associada à estruturação e padrões geomórficos dos substratos deve ser o principal fator condicionante das variações anatômicas.

Palavras-chave: anatomia da madeira, xeromorfia, copaíba

**ABSTRACT** – **Wood ecological anatomy of *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*) at different substrate conditions in the Cerrado of South Brazil.** *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*, subfam. *Caesalpinioideae*) is an arboreal plant of wide distribution in Brazil known as copaíba. This study discuss in an ecological perspective, structural changes in populations of copaíba in three different substrates of the cerrado in Paraná: alluvial neosoil on riverbank, sandstone and red latosol on cerrado. Features such as diffuse porosity, growing layer bounded by marginal parenchyma, presence of gelatinous fibers and crystals were common among the subjects studied. The quantitative results show significant differences among various parameters. Large diameter vessels and fibers of longer length were observed in neosoils plants, being superior to other substrates. Variations in the length of the vessels and the height and width of the rays are also realized. It is suggested that water availability associated with the structure and patterns of geomorphic substrates must be the main determinant of anatomical variations.

Keywords: wood anatomy, xeromorphic features, copaiba

---

## INTRODUÇÃO

O gênero *Copaifera* é constituído de 72 espécies arbóreas distribuídas na África tropical, Índia ocidental e Américas Central e do Sul (Index Kewensis, 1996), sendo 16 exclusivas da flora brasileira (Record & Hess, 1972). As espécies de *Copaifera*, conhecidas em geral como copaíbas, pau-d'óleo, óleo-vermelho e bálsamo, entre outras denominações regionais, possuem um óleo-resina amplamente utilizado na medicina popular, apresentando propriedades anti-inflamatórias (Alonso, 1998). Certas populações tradicionais empregam o óleo de copaíba para ungir cabelos e corpos e também com propósitos medicinais (Record & Hess, 1972; Rodrigues & Carvalho, 2001). A espécie *C. langsdorffii* Desf. apresenta uma ampla distribuição no território brasileiro, desde a Amazônia a Santa Catarina, no nordeste e centro-oeste (Veiga Jr & Pinto, 2002). Segundo Sarmiento (1983), *C. langsdorffii* é uma espécie comum nos cerrados.

Representando 23% da cobertura vegetal do Brasil, a vegetação de cerrado, formação fisionomicamente similar a savana, é predominante no planalto central brasileiro, estendendo-se nos tabuleiros costeiros da região nordeste e como ilhas disjuntas no Paraná, seu limite austral (Lopes & Cox, 1977; Eiten, 1994). Desenvolve-se em solos lixiviados com baixa fertilidade associados à áreas em que predomina o clima com estação seca definida (Cole, 1986) e regime pluviométrico anual médio na ordem de 1500mm, apresentando aspecto xeromórfico (Coutinho, 1978; Eiten, 1994).

Segundo Metcalfe & Chalk (1989) e Carlquist & Hoekman (1985), a estrutura anatômica e morfológica da madeira pode ser considerada um relevante indicador ecológico das adaptações das plantas, principalmente em xerófitas.

A disponibilidade de água em ambientes que apresentam condições de estresse em relação a este recurso exerce uma influência direta sobre a caracterização estrutural das espécies lenhosas. Estudos realizados comparando o lenho de plantas em habitats distintos indicam fortes relações entre o suprimento de água e as características dos elementos de vaso, a distribuição e arranjo dos parênquimas e o desenvolvimento de fibras e raios (Carlquist, 1966, 1980; Baas, 1976; Baas *et al.*, 1983; Baas & Carlquist, 1985; Barajas-Morales, 1985; Fahn *et al.*, 1986; Chimelo & Mattos-Filho, 1988). Poucos são os trabalhos que acrescem à discussão as condições edáficas das áreas estudadas (Villagra & Roig-Juñent, 1997).

A maior parte dos estudos anatômicos com espécies de *Copaifera* são descritivos (Loureiro & Silva, 1968; Barbosa, 1981; Détéienne & Jacquet, 1983; Fedalto, 1989; Mainieri & Chimelo, 1989). O estudo comparativo de Marcati *et al.* (2001) com *C. langsdorffii* de floresta e cerrado mostrou não haver diferenças qualitativas na estrutura do lenho em relação aos ambientes, exceto quanto à distribuição de fibras gelatinosas. Quantitativamente, evidenciou-se variação significativa no diâmetro de vaso.

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar anatomicamente a espécie e diagnosticar, qualitativa e quantitativamente, a estrutura do lenho de *C. langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*) em relação aos tipos de substrato em que ocorre numa área de cerrado do sul do Brasil, interpretando-as ecologicamente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O local estudado (Parque Estadual do Cerrado – PEC) compreende uma área de planalto com 420,2 ha localizada no Município de Jaguariaíva/PR, nas coordenadas geográficas 24°09' S e 50°18' W, a uma altitude de 750-900 m (Fig. 1). A vegetação predominante é a do cerrado. O clima é temperado (Cfb), segundo classificação de Köppen. A temperatura média gira em torno de 22°C nos meses mais quentes. A precipitação pluviométrica é de 1300mm/ano, havendo registro de mais de cinco geadas noturnas anuais (Maack, 1968; Instituto Ambiental do Paraná, 1999). Conforme Embrapa (1984) e Uhlmann *et al.* (1997), o PEC é apresenta diferentes tipos de substrato, sendo delimitados para o estudo três condições distintas: o latossolo vermelho em campo cerrado, afloramentos areníticos e neossolo flúvicos em margem de rio (Figs. 2 - 4). A área de campo cerrado apresenta vegetação xeromórfica com indivíduos lenhosos esparsos e baixos em meio a um estrato herbáceo graminóide. O latossolo é resultante de enérgicas transformações do material originário (basalto e arenito), sendo caracterizado como solo muito profundo, álico, macio, permeável, com textura média no horizonte A e argilosa no horizonte B, pobre em bases trocáveis e alta saturação de óxidos de alumínio e ferro e em estágio avançado de intemperização (Goodland & Ferri, 1979; Embrapa, 1999). O afloramento de rocha arenítica pertence à formação de Furnas, sendo destituído de horizontes e tem baixa capacidade de reter água (Uhlmann *et al.*, 1998). O neossolo flúvico é um solo recente formado por depósitos sedimentares de areia grossa em contato direto com a

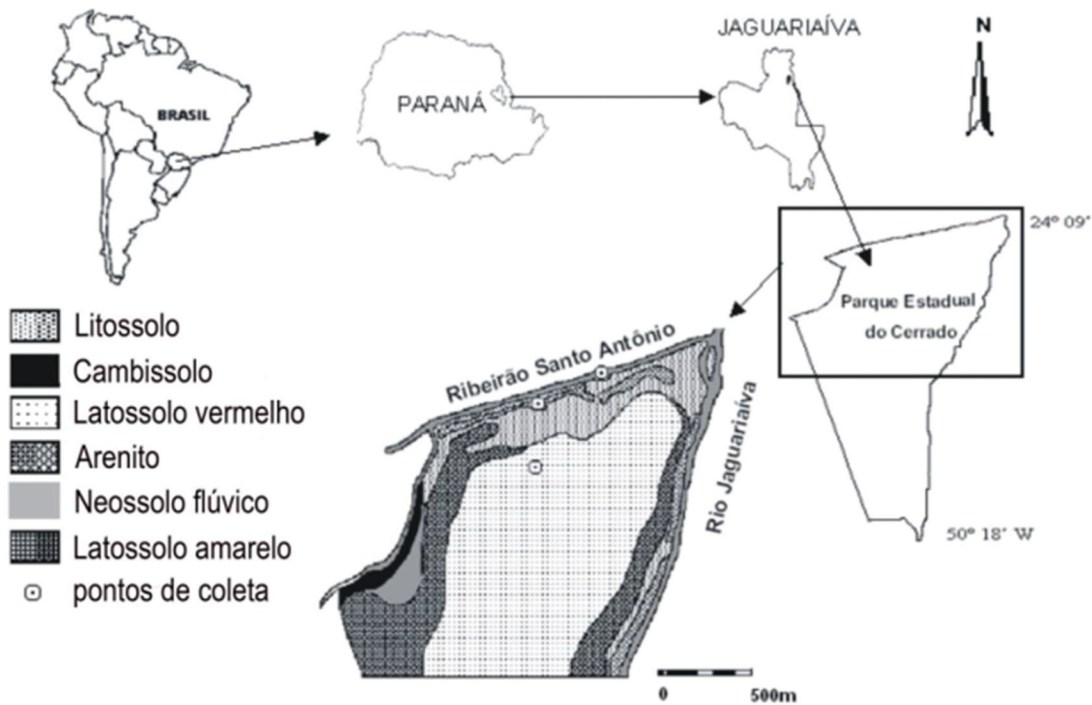


Fig. 1. Localização do Parque Estadual do Cerrado e respectivos pontos de coleta de *Copaifera langsdorffii*.



Figs. 2-4. Habitats de *Copaifera langsdorffii*; 2. Cerrado (latossolo); 3. Afloramento rochoso (arenito); 4. Margem de rio (neossolo flúvico). Indivíduos indicados pelas setas brancas.

rocha matriz, e constantemente lixiviado pela ação da mudança do nível das águas do rio associado (Embrapa, 1999).

Em cada ponto de coleta foram selecionados seis exemplares de *Copaifera langsdorffii*, tota-

lizando um grupo amostral de dezoito plantas. Amostras do lenho de caule foram retiradas com o uso de trado de incremento sempre na face norte do tronco, à altura do peito e próximas ao câmbio para evitar a juvenildade do lenho.

Foram confeccionadas lâminas histológicas para descrição anatômica e biometria do lenho, mediante amolecimento da madeira por cozimento em água e glicerina (Ferreirinha, 1958). Cortes histológicos nos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial foram produzidos com o uso de micrótopo de deslize e navalha tipo C, de acordo com as recomendações de Johansen (1940) e Sass (1951). Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio, lavados em água destilada, corados com safrablau, desidratados em série etílica crescente (Kraus & Arduin, 1997) e montados em resina sintética do tipo verniz vitral (Vaconcelos *et al.*, 2006; Paiva *et al.*, 2006). Elementos celulares dissociados foram preparados segundo o Método de Franklin modificado (Kraus & Arduin 1997).

A descrição foi baseada na terminologia sugerida pelo International Association of Wood Anatomists Committee (1989). A biometria foi baseada na mensuração do diâmetro tangencial dos vasos e fibras, comprimento de elementos de vaso e fibras, frequência de vasos, espessura da parede de fibras, largura de raios em número de células e  $\mu\text{m}$ , número de faixas de parênquima marginal/mm.

O número de mensurações foi fixado  $n=30$ , utilizando-se Eckblan (1991) para validar o tamanho da amostragem. Para a comparação entre as médias dos três substratos aplicou-se análise de variância ANOVA e teste de Tukey com  $p = 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise Qualitativa

Qualitativamente, os espécimens de *Copaifera langsdorffii* apresentaram variação estrutural em relação aos substratos estudados apenas para a distribuição de máculas e de faixas de parênquima marginal. A estrutura observada está de acordo com as descrições de caracteres do lenho de espécies arbóreas para *Leguminosae* (Baretta-Kuipers, 1981; Detienne & Jacquet, 1983; Gasson, 1994). Abaixo segue uma descrição geral comentada das características comuns da espécie nos três ambientes.

Os vasos apresentam porosidade difusa. Predominam os vasos solitários (82%), havendo múltiplos radiais de 2-6 e raros em cachos 3-5, com frequência média de 7,2 vasos por  $\text{mm}^2$  (Fig. 5). A placa de perfuração é simples. Apêndices curtos podem ocorrer em uma ou ambas as extremidades (Fig. 6). As pontoações intervasculares são areoladas, guarnecidas e

de disposição alterna (Fig. 7). As pontoações radio-vasculares e parênquimo-vasculares são alternas apresentando aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em forma. Estudos anteriores registraram a predominância de 79% (Barbosa, 1981), 70% (Mainieri & Chimelo, 1989) e 61% (Marcati *et al.*, 2001) de vasos solitários para a mesma espécie. Détienne & Jacquet (1983) e Fedalto *et al.* (1989) observaram frequência de 3-6 e 5 vasos por  $\text{mm}^2$ , respectivamente. Alves & Angyalossy-Alfonso (2000) mostraram a prevalência do arranjo difuso em 84% das espécies analisadas e de vasos solitários e múltiplos em 76%, podendo-se inferir que esta é uma característica comum da flora brasileira. A situação aqui encontrada é suportada pela tendência encontrada pelas autoras supracitadas e pela consideração de Metcalfe & Chalk (1989) que aponta a porosidade difusa como uma característica marcante em Eudicotiledôneas. Alves & Angyalossy-Alfonso (2000) verificaram uma forte relação entre pontoação guarnecida e ambiente seco, constituindo, conforme Carlquist (1988), uma importante adaptação a ambientes sujeitos ao estresse hídrico, tais como o cerrado (Machado *et al.*, 1997), menos sujeitos a embolias a partir da maior aderência das moléculas de água às paredes das células.

O parênquima axial é paratraqueal vasicêntrico e forma faixas marginais, onde estão presentes os canais secretores axiais em disposição tangencial (Fig. 8). As camadas de crescimento mostram-se evidentes, sendo demarcadas pelo parênquima marginal. Alves & Angyalossy-Alfonso (2002) indicam a tendência do parênquima paratraqueal estar associado, a baixas latitudes e, conseqüentemente, em temperaturas mais elevadas. A sazonalidade térmica durante o ano afeta a atividade cambial provocando o desenvolvimento de anéis de crescimento, característica essa observada em 48% das espécies estudadas por Alves & Angyalossy-Alfonso (2000). Kramer (1964) cita a disponibilidade de água como um dos fatores que implica na atividade do câmbio vascular e, Worbes (1989) confirma que espécies de regiões tropicais mostram anéis anuais de crescimento em locais com seca ou enchente anual. Por meio do monitoramento do diâmetro do tronco de espécies tropicais e subtropicais, Botosso & Tomazello (1999) demonstraram que durante períodos de seca o crescimento tecidual é reduzido ou nulo, fortalecendo a relação entre estresse hídrico, atividade cambial e distensão celular.

Faixas parenquimáticas desprovidas de canais secretores axiais foram observadas no lenho de todos os indivíduos, corroborando os dados de Marcati

*et al.* (2001) que descrevem pela primeira vez em *C. langsdorffii* a existência de faixas parenquimáticas sem canais secretores distribuídas irregularmente no lenho. Quanto à sua distribuição, distintamente dos indivíduos de latossolo, nos representantes de neossolo flúvico e arenito, ocorrem de 1-7 faixas descontínuas de parênquima em faixas localizadas nos espaços existentes entre as faixas parenquimáticas marginais que delimitam as camadas de crescimento, parecendo falsos anéis de crescimento ou, mais propriamente, faixas ou camadas descontínuas, já que não acompanham toda a circunferência do órgão nem delimitam parada de crescimento, segundo a proposição de Lev-Yadun & Liphscitz (1986).

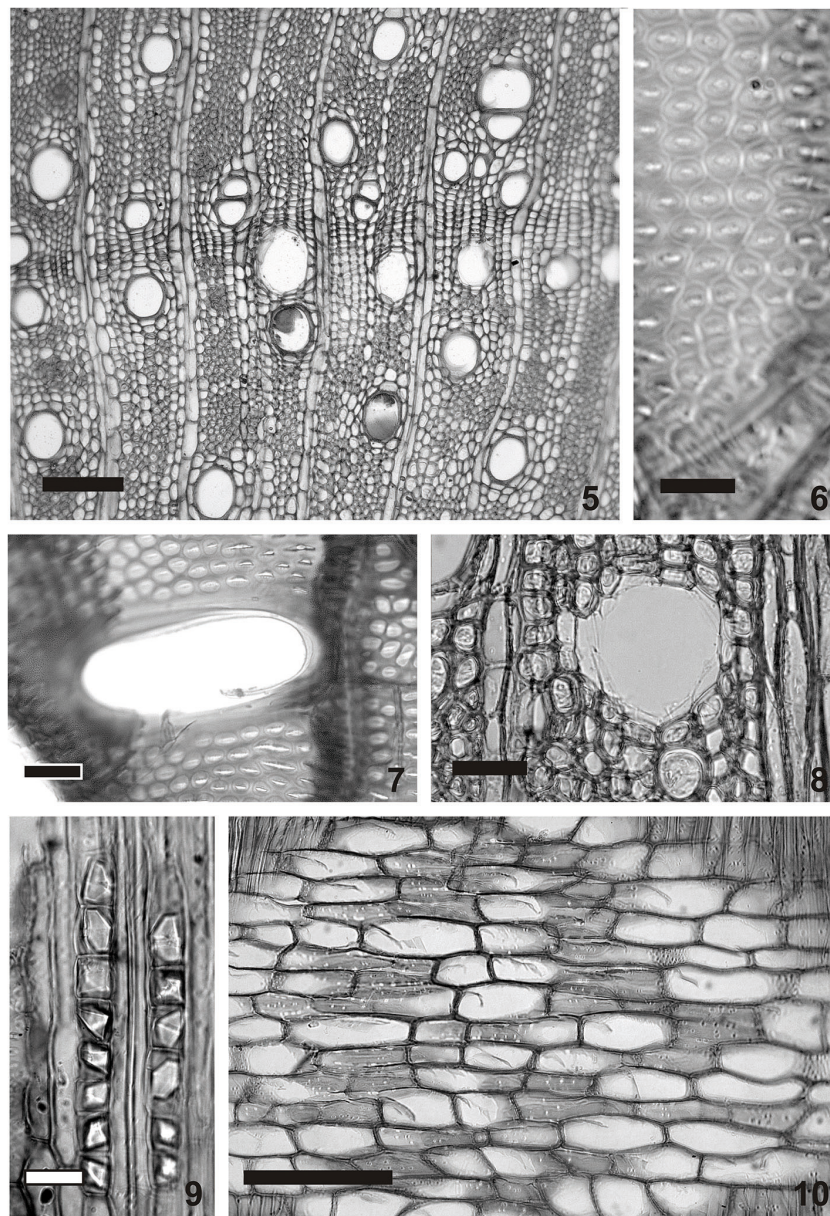
Conforme Tsoumis (1969), diferentes fatores ambientais provocam a formação de falsos anéis, podendo ocorrer um ou mais anéis por estação de crescimento. Creber & Chaloner (1990) verificaram a formação de falsas camadas em plantas submetidas experimentalmente à períodos de seca. Priya & Bhat (1998) concluíram que o regime de chuvas, os períodos suficientes de seca e a juvenilidade da planta são as maiores causas da formação de falsos anéis em *Tectona grandis*. A condição aqui encontrada aponta o fornecimento de água como fator principal. A criação de sucessivos períodos de seca, ocasionando distúrbios intra-sazonais de crescimento, é condicionada, no neossolo flúvico, pela variação do nível de água do rio e, no arenito, pela secagem da água que verte em sua direção dada à exposição da rocha à insolação. No latossolo, devido ao fato do suprimento de água, independentemente dos valores disponíveis, e do período de seca serem mais pontuados não são constatadas as falsas camadas.

Cristais prismáticos de oxalato de cálcio estão presentes em células subdivididas do parênquima axial, em geral, junto aos raios e formando séries cristalíferas de até oito cristais (Fig. 9). Conforme Baretta-Kuipers (1981) e Gasson (1994), a ocorrência de cristais em células do parênquima axial, formando ou não séries cristalíferas, é uma característica constante na maioria das espécies das subfamílias de *Leguminosae*. Segundo Metcalfe & Chalk (1989), a precipitação de cristais pode funcionar como reserva de substâncias a serem incorporadas no ciclo metabólico quando necessárias ou como proteção à herbivoria. A maior frequência é encontrada em plantas de ambientes secos, como o observado por Barrajas-Morales (1985), Fahn *et al.* (1986) e Chimento & Mattos-Filho (1988). Para Metcalfe & Chalk (op. cit.), esta frequência também pode aumentar à medida que a planta envelhece.

O lenho apresenta fibras libriformes sem espessamento de parede e com pontoações simples, podendo conter substância de aspecto gelatinoso. Metcalfe & Chalk (1989) explicam que as fibras gelatinosas aparecem em resposta a fatores mecânicos de estresse agindo sobre o caule e, que para algumas espécies, serve como reserva de celulose capaz de ser absorvida durante a primavera para suprir a necessidade durante o período acentuado de crescimento. A existência de fibras gelatinosas em espécies de cerrado tem sido relatada como uma característica comum, inclusive em plantas com tronco ereto. Fibras do tipo gelatinosa foram observadas em grande quantidade em indivíduos de cerradão (Barbosa, 1981, Marcati *et al.*, 2001). Paviani (1977; 1978) destacou a relevância das fibras gelatinosas em plantas de ambientes como o cerrado, atribuindo-as a função de reservar água por ser uma estrutura hidrófila com considerável papel na fisiologia dessas espécies. Paralelamente, no caso das plantas estudadas, pode ser somada à condição hídrica adversa, a inclinação do terreno para formação de tais fibras associadas ao lenho de tração.

Os raios são homogêneos constituídos por células procumbentes, predominantemente multisseriados com 2-4 células de largura e 5-33 células de altura (Fig. 10). Podem ocorrer raios unisseriados com 1-6 células de altura. Barbosa (1981) e Détienne & Jacquet (1983) citam apenas a existência de raios multisseriados para *C. langsdorffii*. Wheeler & Baas (1991) ressaltam que qualquer interpretação funcional ou ecológica acerca da composição de raios é mera especulação.

Máculas de pequenas dimensões e formadas a partir de células do parênquima radial foram observadas no lenho dos indivíduos estudados. Carlquist (1988) cita as máculas como estruturas de origem traumática relacionadas aos danos causados pelo calor ou frio. Estudos com *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz (Swetnam, 1993) e Manilkara Adans. (Worbes, 1995) mostraram a ocorrência de cicatrizes no lenho provocadas por incêndios florestais, explicando a influência do fogo na formação de máculas, o que pode ser reportado ao cerrado considerando a periodicidade do fogo neste ambiente (Rizzini, 1976). Por outro lado, Kozlowsky (1971) afirma que as máculas são produzidas pela cicatrização do tecido devido ao rompimento de células em função do crescimento de cristais de gelo em seu interior por ocasião de geadas. Provavelmente esta situação explica melhor a origem de máculas nas plantas de *Copaifera*, considerando que estas apresentam maior distribuição nos indivíduos de arenito e neossolo flúvico em margem de rio, os quais estão mais expostos à ação das geadas anuais. Este efeito também



**Figs. 5-10.** Características anatómicas da madeira de *Copaifera lagsdorffii*; **5.** Seção transversal, canais axiais em parênquima marginal; **6.** Seção tangencial, pontoações intervasculares alternas guarnecidas; **7.** Seção radial, placa de perfuração simples; **8.** Seção tangencial; canal axial; **9.** Seção radial, cristais prismáticos em câmaras do parênquima axial; **10.** Seção radial, raio composto exclusivamente por células procumbentes. Barras: Fig. 5 = 200  $\mu\text{m}$ ; Figs. 6,8,9 = 50  $\mu\text{m}$ ; Figs. 7,10 = 100  $\mu\text{m}$ .

pode ser comprovado pela grande quantidade de rebrotas presentes nesses indivíduos. Ceccantini (1996) também atribui às geadas a causa para uma maior ocorrência de máculas em *Casearia sylvestris* Sw. em área de cerrado no estado de São Paulo.

### Análise Quantitativa

As plantas que se desenvolvem sobre neossolo flúvico apresentam, em média, vasos com maior diâmetro tangencial (147  $\mu\text{m}$ ) em relação as que

ocorrem em arenito (90  $\mu\text{m}$ ) e latossolo (89  $\mu\text{m}$ ) (Figs. 11 - 13), sendo a diferença estatisticamente significativa em relação aos dois últimos pontos (Tab. 1). A maior frequência de vasos é observada em latossolo, com média de oito vasos por  $\text{mm}^2$ , mas não há médias estatisticamente diferentes entre os três grupos (Figs. 11 - 13). Os maiores vasos em comprimento aparecem, sem diferença estatística entre si, no lenho das plantas de neossolo flúvico (388  $\mu\text{m}$ ) e latossolo (403  $\mu\text{m}$ ), diferindo significativamente das plantas de arenito (267  $\mu\text{m}$ ) (Figs. 14 - 16).

Détienne & Jacquet (1983) encontraram em *Copaifera* da Amazônia vasos com diâmetro de 110-170  $\mu\text{m}$ . Mainieri & Chimelo (1989) observaram uma variação maior desse parâmetro (70-180  $\mu\text{m}$ ), porém o intervalo mais freqüente (100-180  $\mu\text{m}$ ) assemelha-se aos dados do autor anteriormente citado. O maior diâmetro encontrado neste trabalho equivale ao ponto médio dos intervalos indicados e se aproxima do valor mostrado por Marcati *et al.* (2001) - 150  $\mu\text{m}$ , para a mesma espécie numa área de cerrado da região sudeste.

Levantamento realizado por Ceccantini (1996) aponta, a partir da literatura consultada, a ocorrência de vasos de menor diâmetro em ambientes mais xéricos. Entretanto, o mesmo autor encontrou em *Casearia sylvestris* de cerrado vasos de maior diâmetro tangencial. Baas *et al.* (1983) e Ewers *et al.* (1991) ressaltam que vasos de maior diâmetro são mais eficientes na condução de água, pois oferecem menor fricção e conduzem maior quantidade de líquido quando comparada a mesma área de tecido em espécies arbóreas. Em condições idênticas um vaso duas vezes maior em diâmetro que outro pode elevar o volume de água transportada em dezesseis vezes (Zimmermann, 1983; Ewers *et al.*, 1989). Carlquist (1975) e Zimmermann (1983) acrescentam que a maior eficiência hídrica do sistema condutor se dá pela associação de vasos de maior diâmetro e comprimento, o que também aumenta a vulnerabilidade do tecido quanto à formação de bolhas, representando uma grande perda para o sistema hídrico da planta. Por outro lado, vasos com menor diâmetro e em maior frequência garantem maior segurança na condução à medida que diminuem a chance de rompimento da coluna de água, bem como as bolhas ao se formarem dissolvem-se com facilidade por terem dimensões menores (Zimmermann & Brown, 1971; Zimmermann, 1983; Ewers, 1985), situação esta possivelmente encontrada nas plantas de latossolo.

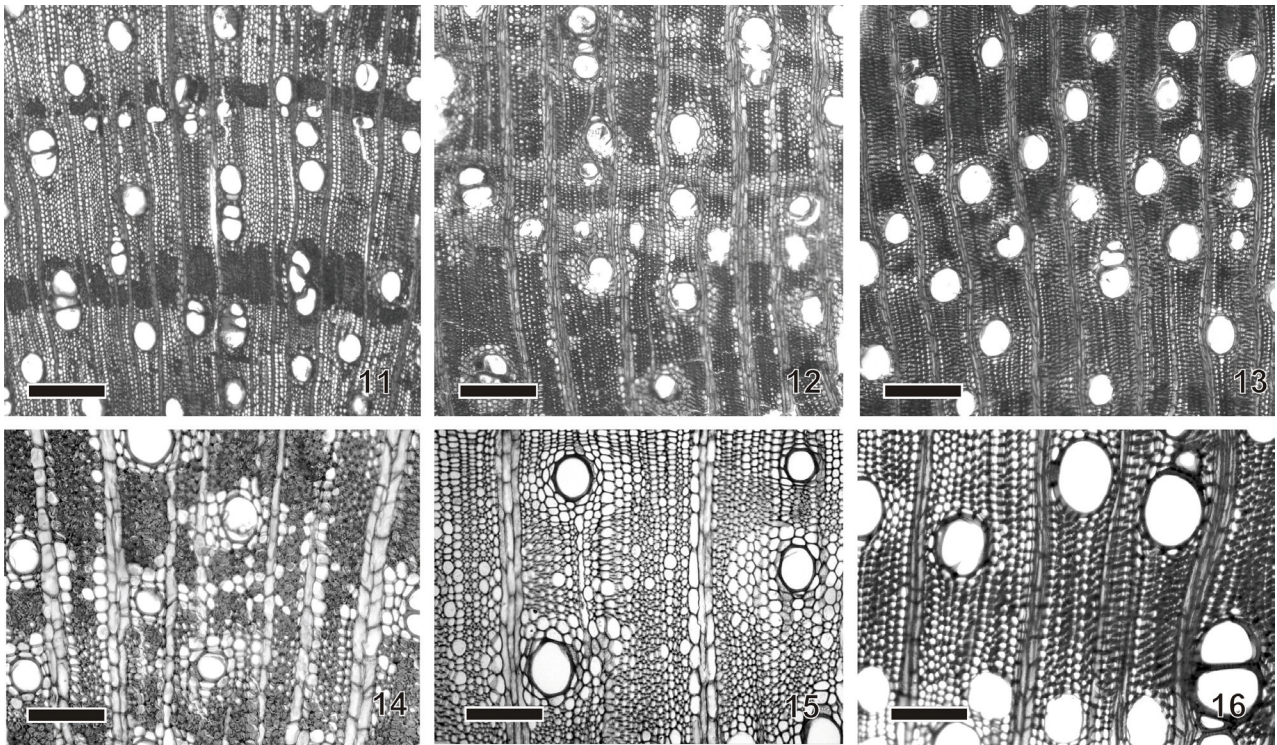
A predominância de vasos curtos, característica observada no lenho das plantas de arenito, pode ser explicada pela resistência mecânica individual que oferece, sendo adaptações em condições xéricas associadas às fortes pressões negativas ou pela força oferecida para bloquear áreas de embolismo. Esse mecanismo pode ser uma adaptação em espécies xéricas e espécies de climas com geadas periódicas (Carlquist, 1975).

As fibras com maior desenvolvimento, tanto em comprimento quanto em diâmetro e espessura de parede, ocorrem nas plantas de neossolo flúvico, seguidas pelas plantas de latossolo. Os espécimes de arenito possuem fibras mais curtas, menores em diâmetro e com espessura de parede intermediária. A variação encontrada no comprimento das fibras, da ordem de

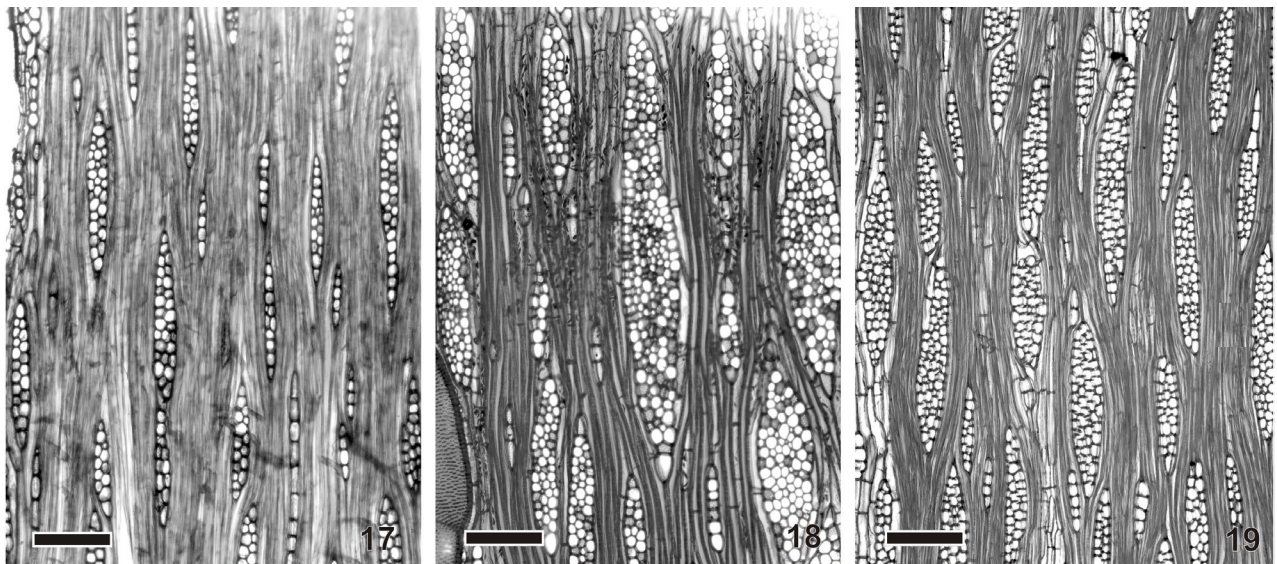
39% do neossolo para o arenito e de 28% do neossolo para o latossolo, sugere que uma maior deficiência de potencial hídrico no arenito e no latossolo estaria limitando o desenvolvimento das células (Tab. 1).

Carlquist (1988) e Hopkins (1995) explicam que as dimensões das fibras dependem das características genéticas e ontogenéticas do vegetal, assim como de fatores externos como o aporte de água. Neste sentido, a constância do turgor da inicial cambial durante a diferenciação e com estímulo auxínico propício, a fibra tenderá a crescer tanto em comprimento quanto em diâmetro. Ceccantini (1996) demonstrou uma correlação negativa entre diâmetro e comprimento de fibras, indicando que, dependendo do ecossistema, o favorecimento do crescimento da fibra pode ser direcionado para o comprimento ou para o diâmetro. Barajas-Morales (1985) e Chimelo & Mattos-Filho (1988) concluíram que fibras mais curtas ocorrem em ambientes mais secos. Por outro lado, a situação encontrada pode estar também associada à altura da planta e ao tipo de substrato em que ocorre. As árvores com maior altura, localizadas em neossolo flúvico, necessitam de uma estrutura mais resistente para sustentar a parte aérea do vegetal que cresce num substrato sem horizontes e que é carregado pela forte correnteza do rio. Sobre o arenito crescem as plantas de menor porte e com a porção aérea muitas vezes reptante, o que pode favorecer o pouco desenvolvimento das fibras como tecido de sustentação mecânica.

Os maiores raios, em altura, são os encontrados em plantas de neossolo flúvico e arenito, diferindo estatisticamente daqueles encontrados nas plantas de latossolo (Tab. 1 e Figs. 17-19). Em número de células, a largura dos raios das plantas de neossolo (4) e de arenito (5) diferem significativamente da largura encontrada nos indivíduos de latossolo (2). De forma geral, Baas (1973) e Oever *et al.* (1981) sugerem que raios mais altos são mais frequentes em latitudes menores, diminuindo de tamanho com o aumento da latitude. Alves & Angyalossy-Alfonso (2002) mostram que raios com duas células de largura são mais encontrados em ambientes com temperaturas mais altas, porém os dados não indicam claramente esta tendência. Já os raios com quatro ou mais células estão associados a ambientes mais úmidos. Como a variação da latitude entre os pontos de coleta é desprezível, os resultados encontrados evidenciam a existência de um mecanismo outro que permite o fluxo contínuo de água do caule para as folhas, através da manutenção da pressão osmótica elevada no interior dos vasos, controlada pela liberação de carboidratos contidos no tecido parenquimático, independentemente das ta-



**Figs. 11-16.** Comparação entre a frequência e diâmetro dos vasos em secção transversal, evidenciando maior frequência de vasos no lenho dos indivíduos de latossolo e maior diâmetro tangencial dos vasos no lenho de indivíduos de neossolo flúvico; **11, 14.** Latossolo; **12, 15.** Arenito; **13, 16.** Neossolo flúvico. Barras: **Figs. 11-13** = 400  $\mu\text{m}$ ; **Figs. 14-16** = 200  $\mu\text{m}$ .



**Figs. 17-19.** Comparação entre o tamanho dos raios em secção tangencial, evidenciando raios com maiores alturas em plantas de neossolo flúvico e arenito e raios mais baixos em plantas de latossolo; **17.** Latossolo; **18.** Arenito; **19.** Neossolo flúvico. Barras: **Figs. 17-19** = 100  $\mu\text{m}$ .



xas de transpiração, conforme aponta Braun (1984). Da mesma forma, uma maior quantidade de parênquima acresce o armazenamento de nutrientes, o que garante à planta sobreviver a períodos adversos (Metcalf & Chalk, 1989), como as constantes geadas ocorridas na região.

Em síntese, verificou-se que diferenças estruturais da madeira podem ser causadas por diferenças nas características dos substratos em que os vegetais se desenvolvem. As estruturas mais claramente modificadas foram o comprimento das fibras e altura e largura dos raios, com diferenças estatisticamente significativas entre os três pontos de coleta. Os demais caracteres variaram significativamente apenas entre dois pontos.

Possivelmente, a organização anatômica e as diferenças estruturais encontradas no lenho de *Copaifera langsdorffii* entre os três tipos de substratos estudados, parecem ser determinadas pela disponibilidade hídrica em cada ponto de coleta através da proximidade das plantas ao lençol freático e da capacidade de retenção e drenagem de água pelo substrato frente à geomorfologia do terreno. Mesmo tendo a vegetação um sistema radicial que possibilite o acesso à água em profundidade, deve ser considerada a porosidade do latossolo enquanto um solo estruturado e a sua posição convexo-retilínea declinando acentuadamente em direção ao afloramento de rochas areníticas e ao neossolo flúvico, o que aumenta o rápido escoamento da água.

Deve-se considerar também que a acentuada carência de nutrientes do neossolo e do arenito em relação ao latossolo, embora classicamente considerado pela literatura como solo deficiente em bases trocá-

veis, dado o seu alto grau de intemperização, ainda mantém maiores condições em termos nutricionais que os demais substratos analisados, principalmente quando comparado ao neossolo que, além de ser destituído de uma estratificação em horizontes, é constantemente lixiviado em virtude da sua proximidade do curso do rio na área estudada.

## REFERÊNCIAS

- Alonso, O. 1998. Tratado de fitomedicina. Isis Editorial, Buenos Aires. 175 p.
- Alves, E. S. & Angyalossy-Alfonso, V. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. I: growth rings and vessels. IAWA Journal, 21:3-30.
- Alves, E. S. & Angyalossy-Alfonso, V. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. II: axial parenchyma, rays and fibres. IAWA Journal, 23(4):391-418.
- Baas, P. & Carlquist, S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. IAWA Bull, 6(4):349-354.
- Baas, P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. Blumea, 21:193-258.
- Baas, P. 1976. Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology. Leiden Botany Series, 3:157-181.
- Baas, P.; Werker, E. & Fahn, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. IAWA Bulletin, 4:2-3.

**Tabela 1.** Análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey entre as plantas de *C. langsdorffii* de neossolo flúvico, arenito e latossolo, com  $p < 0,05$  e  $n = 30$ . Média – desvio-padrão. As letras diferentes indicam significância.

Parâmetros / Ambientes	Neossolo flúvico		Arenito		Latossolo	
Diâmetro tangencial dos vasos ( $\mu\text{m}$ )	147 $\pm$ 20,6	A	90 $\pm$ 15,9	B	89 $\pm$ 19,9	B
Frequência dos vasos ( $\text{n}/\text{mm}^2$ )	7 $\pm$ 1,8	A	7 $\pm$ 1,8	A	8 $\pm$ 2,4	A
Comprimento dos vasos ( $\mu\text{m}$ )	388 $\pm$ 57,3	A	267 $\pm$ 71,1	B	403 $\pm$ 49	A
Comprimento das fibras ( $\mu\text{m}$ )	1095 $\pm$ 151,1	A	667 $\pm$ 72,5	B	781 $\pm$ 73,5	C
Diâmetro tangencial das fibras ( $\mu\text{m}$ )	22 $\pm$ 2,4	A	18 $\pm$ 2,7	B	21 $\pm$ 3,9	A
Parede das fibras ( $\mu\text{m}$ )	9 $\pm$ 1,5	A	7 $\pm$ 1,3	B	6 $\pm$ 1,7	C
Altura dos raio em n° céls.	28 $\pm$ 5,5	A	25 $\pm$ 10	A	13 $\pm$ 7,6	B
Altura dos raios ( $\mu\text{m}$ )	568 $\pm$ 111,9	A	444 $\pm$ 158,3	B	277 $\pm$ 143,6	C
Largura dos raios em n° céls.	4 $\pm$ 0,7	A	5 $\pm$ 2	B	2 $\pm$ 0,7	C
Largura dos raios ( $\mu\text{m}$ )	66 $\pm$ 12,6	A	70 $\pm$ 23,4	A	27 $\pm$ 10,6	B
N° de faixas de parênquima ( $\text{n}/\text{mm}$ )	2 $\pm$ 1,2	A	2 $\pm$ 1	A	1 $\pm$ 0,7	B
N° canais axiais ( $\text{n}/\text{mm}$ )	3 $\pm$ 1,4	A	3 $\pm$ 1,4	A	3 $\pm$ 1,5	A

- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural difference between trees of the tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin*, 6(4):355-364.
- Barbosa, O. 1981. Características estruturais do lenho de *Copaifera langsdorffi* Desf. e *Copaifera lucens* Dwyer. *Silvicultura*, 15(16):23-26.
- Baretta-Kuipers, T. 1981. Wood anatomy of *Leguminosae*: its relevance to taxonomy. In *Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p. 677-715.
- Botosso, P. & Tomazello, M. 1999. Aplicação das faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento em tronco de árvores tropicais e subtropicais. In *Anais do 50 Congresso Nacional de Botânica* (K.E. Quadros, coord.). Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, p. 11.
- Braun, H. J. 1984. The significance of the accessory tissues of the hydrosystem for osmotic water shifting as the second principle of water ascent, with some thoughts concerning the evolution of trees. *IAWA Bulletin*, 5:275-294.
- Carlquist, S. & Hoekman, D.A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern California flora. *IAWA Bulletin*, 6(4):319-348.
- Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso*, 6(2):25-44.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies of xylem evolution. University of California Press, Berkeley. 243p.
- Carlquist, S. 1980. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in wood anatomy and evolution. *Aliso*, 9(4):499-553.
- Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledonous wood. Springer-Verlag, New York. 384 p.
- Ceccantini, G. 1996. Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. e *Machaerium villosum* Vog. 105 f. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chimelo, J. P. & Mattos-Filho, A. 1988. Observações preliminares na estrutura da madeira de cinco espécies de folhosas de diferentes locais do Brasil. *International Union of Forest Research Organizations*, São Paulo. 117 p.
- Cole, M. M. 1986. The savannas: biogeography and geobotany. Academic Press, London. 438 p.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, 1:17-23.
- Creber, G. T. & Chaloner, W. G. 1990. Environmental influences on cambial activity. In *The vascular cambium* (M. Iqbal, ed.). John Wiley and Sons, New York. p. 159-199.
- Détienne, P. & Jacquet, P. 1983. Atlas d'identification des bois de l'amazone et des régions voisines. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-Sur-Marne. 640p.
- Eckblad, J.W. 1991. How many samples should be taken? *BioScience*, 41:346-348.
- Eiten, G. 1994. Vegetação. In *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. (M.N. Pinto, ed.). Universidade de Brasília, Brasília. p. 17-73.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 412 p.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1984. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná. Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina. 89 p.
- Ewers, F. W. 1985. Xylem structure and water conduction in conifer trees, dicot trees and lianas. *IAWA Bulletin*, 6(4):309-317.
- Ewers, F. W.; Fisher, J. B. & Chiu, S. T.. 1989. Water transport in the liana *Bauhinia fassoglensis* (Fabaceae). *Plant Physiology*, 91:1625-1631.
- Ewers, F. W.; Fisher, J. B. & Fichtner, K. 1991. Water flux and xylem structure in vines. In *The biology of vines* (H.A. Mooney & F.E. Putz, eds.). Cambridge University Press, Cambridge. p. 127-160.
- Fahn, A.; Werker, E. & Baas, P. 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from the Israel and adjacent regions. *The Israel Academy of Sciences of Humanities*, Jerusalem. 82 p.
- Fedalto, L. C.; Mendes, I. C. A. & Coradin, V. T. R.. 1989. Madeiras da amazônia: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na floresta nacional dos tapajós. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília. 156 p.
- Ferreirinha, M. P. 1958. Elementos de anatomia de madeiras folhosas portuguesas. Memórias da Junta de Investigação do Ultramar, Lisboa. 89 p.
- Gasson. 1994. Wood anatomy of the tribe Sophoreae and related *Caesalpinioideae* and *Papilionoideae*. In *Ad-*

- vances in legume systematic (I. K. Ferguson & S. Tucker, eds.). p. 165-203.
- Goodland, R. & Ferri, M. G. 1979. Ecologia do cerrado. Itatiaia, São Paulo. 193 p.
- Hopkins, W. G. 1995. Introduction to plant physiology. John Wiley & Sons, New York. 464 p.
- Instituto Ambiental do Paraná. 1999. Unidades de conservação do Estado do Paraná. Diretoria de Biodiversidade e Áreas Protegidas, Curitiba. 126 p.
- International Association of Wood Anatomists Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, 10(3):220-332.
- Index Kewensis. 1996. Clarendon Press, Oxford. Supl. XX.
- Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York. 523 p.
- Kozłowski, T. T. 1971. Growth and development of trees. Academic Press, New York. 340 p.
- Kramer, P. J. 1964. The role of water formation. In The formation of wood in forest trees (M. H. Zimmermann ed.). Academic Press, New York. p. 515-532.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Edur, Seropédica. 197 p.
- Lev-Yadun, S. & Liphshitz, N. 1986. Growth ring terminology – some proposals. IAWA Bulletin, 7:72.
- Lopes, A. S. & Cox, F. R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. Agronomy Journal, 69:828-831.
- Loureiro, A. A. & Silva, M. F. 1968. Catálogo das madeiras da Amazônia. Sudam, Belém. 60 p.
- Maack, R. 1968. Geografia física do Estado do Paraná. Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, Curitiba. 230 p.
- Machado, S. R.; Angyalossy-Alfonso, V. & Morretes, B. L. 1997. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). IAWA Bulletin, 18(1):13-25.
- Mainieri, C. & Chimelo, J. P. 1989. Fichas de características das madeiras brasileiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo. 420 p.
- Marcati, C.; Angyalossy-Alfonso, V. & Benedetti, L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* de floresta e cerrado. Revista Brasileira de Botânica, 24(3):311-320.
- Metcalf, C. R. & Chalk, L. 1989. Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction. Oxford University Press, Oxford. 297 p.
- Oever, L. Van Den.; Baas, P. & Zandee, M. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude of provenance. IAWA Bulletin, 2(1):3-24.
- Paiva, J. G. A.; Fank-De-Carvalho, S. M.; Magalhães, M. P. & Graciano-Ribeiro, D. 2006. Verniz vitral incolor 500: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. Acta Botanica Brasílica, 20(2):257-264.
- Paviani, T. I. 1977. Estudo morfológico e anatômico de *Brasilia sickii* G. M. Barroso II: anatomia da raiz, do xilopódio e do caule. Revista Brasileira de Biologia, 37(2):307-324.
- Paviani, T. I. 1978. Anatomia vegetal e cerrado. Ciência e Cultura, São Paulo. p. 1076-1086.
- Priya, P. B. & Bhat, K. M. 1998. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.f.) and the influence of environmental factors. Forest Ecology and Management, 108: 215-222.
- Record, S. J. & Hess, R. 1972. Timbers of the new world. Arno Press, New York. 642 p.
- Rizzini, C. T. 1976. Tratado de fitogeografia do Brasil – aspectos ecológicos. Editora Hucitec, São Paulo. 327 p.
- Rodrigues, V. E. G. & Carvalho, D. A. 2001. Plantas medicinais no domínio dos cerrados. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 180 p.
- Sarmiento, G. 1983. The Savanas of tropical america. In Ecosystem of the world: tropical savannas (F. Bourlière, ed.). Elsevier, Amsterdam. p. 245-288.
- Sass, J. E. 1951. Botanical microtechnique. State College Press, Iowa. 228 p.
- Swetnam, T. W. 1993. Fire history and climate change in Giant Sequoia groves. Science, 262:885-889.
- Tsoumis, G. 1969. Wood as raw material. Pergamon Press, Oxford. 276 p.
- Uhlmann A., Curcio, G. T. & Silva, S. M. 1997. Relações entre a distribuição de categorias fitofisionômicas e padrões geomórficos e pedológicos em uma área de savana (cerrado) no Estado do Paraná. Arquivos de Biologia e Tecnologia, 40(2):473-484.
- Uhlmann, A., Galvão, F. & Silva, S. M. 1998. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana

- (cerrado) no sul do Brasil. *Acta. Botanica Brasílica*, 12(3):231-247.
- Vasconcelos, M. S.; Milaneze-Gutierrez, M. A. & Inada, P. 2006. Utilização de verniz vitral como meio de montagem de laminários permanentes de material vegetal. *Arquivos do Mudi*, 10(3):32-35.
- Veiga Junior, V. & Pinto, A. C. 2002. O gênero *Copaifera* L. *Química Nova*, 25(2):273-286.
- Villagra, P. E. & Roig-Juñet, F. A. 1997. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. *IAWA Journal*, 18(1):37-51.
- Wheeler, E. A. & Bass, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin*, 2:3-24.
- Worbes, M. 1989. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the Neotropics. *IAWA Bulletin*, 10:109-122.
- Worbes, M. 1995. How measure growth dynamics in tropical trees – A review. *IAWA Journal*, 16(4):337-354.
- Zimmermann, M. H. & Brown, C. L. 1971. *Trees: structure and function*. Springer-Verlag, New York. 336 p.
- Zimmermann, M. H. 1983. *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer Verlag, Berlin. 279 p.