

Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro

Anatomic characterization of wood from gallery forest in Midwest of Brazil

José Elias de Paula
Francides Gomes da Silva Júnior
Albanita Peixoto Paes Silva

ABSTRACT: Wood of 12 species occurring in gallery forest in the Midwest of Brazil were studied. To qualify woods for energy generation, among other parameters, were considered the wall fraction of fibers, parenchymatic cells, vessel elements, percentage of fibers, parenchyma and vessels and the basic density for pulp production. The woods were qualified on the basis of Runkel index, the rigidity and flexibility coefficient and percentage of fibers and basic density. Wood with possibility to be utilized for energy generation are: *Maprounea guianensis*, *Micropholis grandifolia*, *Ocotea corymbosa*, *Ocotea densiflora*, *Qualea dichotoma*, *Siphoneugena densiflora*, *Tabebuia serratifolia*, and *Nectandra myriantha*. *Nectandra myriantha* and *Podocarpus brasiliensis* are indicated for pulp production.

KEYWORDS: Wood, Anatomy, Energy, Charcoal, Pulp, Gallery forest

RESUMO: Foi estudada a anatomia da madeira de 12 espécies ocorrentes em matas ciliares do centro-oeste brasileiro. Para a qualificação de madeiras destinadas à geração de energia, consideram-se a fração parede das fibras e das células parenquimatosas, o percentual das fibras, dos vasos e dos raios, bem como a densidade. Com relação à indicação de madeiras para produção de celulose, tomou-se por base a fração parede, o coeficiente de rigidez, o índice de Runkel, o coeficiente de flexibilidade, os percentuais de elementos constituintes da madeira e a densidade básica. *Maprounea guianensis*, *Micropholis grandifolia*, *Ocotea corymbosa*, *Ocotea densiflora*, *Qualea dichotoma*, *Siphoneugena densiflora* e *Tabebuia serratifolia*, podem ser utilizadas para geração de energia e *Nectandra myriantha* e *Podocarpus brasiliensis* podem ser recomendadas para produção de celulose.

PALAVRAS-CHAVE: Madeira, Anatomia, Energia, Carvão, Celulose

INTRODUÇÃO

O planalto central brasileiro é a região do país onde ocorre o maior número de matas ciliares (ripárias) formadas por uma diversidade expressiva de espécies arbóreas. As madeiras destas espécies são de múltipla utilização, tais como: lenha, carvão, móveis, tá-

buas, construção civil, dentre outras finalidades (Paula e Silva Júnior, 1994; Heringer e Paula, 1989; Silva Júnior et al., 1993; Imaña Encinas, 1995; Paula et al., 1993; Paula et al., 1996).

Grande parte da demanda por carvão vegetal das usinas siderúrgicas e metalúrgicas nacionais é suprida por carvão vegetal produzido de madeira de *Eucalyptus* spp. e outra parte, de madeiras nativas (IBGE, 1994), obtidas por métodos ignominiosos depredadores sob a proteção do extrativismo. Nessa empreitada não se respeitam espécies e nem idade, como se toda madeira fosse boa para geração de energia. Além disso, em nosso País o uso inadequado de madeira para atividades não recomendadas

já se consolidou como tradição cultural. Ressalta-se que no centro-oeste a exploração de madeira, não só para carvão e lenha, como também para usos variados, é muito grande. Nesse sentido, o estudo realizado teve por objetivo, gerar conhecimento no sentido de orientar o uso correto da madeira para atividades apropriadas, bem como para fornecer subsídios em termos tecnológicos para desenvolvimento de práticas silviculturais que tenham como base o manejo florestal sustentado.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira utilizadas neste estudo, bem como o material botânico fértil que serviu de base para a identificação científica de cada espécie, foram coletadas pelos autores em matas ciliares do centro-oeste. Os discos amostrais foram obtidos de árvores com mais de 15 anos de idade, na altura do DAP (1,30 m de altura). O material botânico fértil, após a preparação de exsecatas foi incorporado ao acervo do Herbário da Universidade de Brasília (UB) sob número de coleta, conforme discriminação que se segue:

1. *Maprounea guianensis* Aublet (Euphorbiaceae), procedente da mata ciliar ao Córrego Capãozinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula – 3261 (UB);

2. *Micropholis grandifolia* Pierre (Sapotaceae), coletada na mata ciliar ao Córrego dos Macacos, município de Santo Antônio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula – 3221 (UB);

3. *Nectandra myriantha* Meissn. (Lauraceae), procedente da mata ciliar ao Rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula, 1485 (UB);

4. *Ocotea corymbosa* (Meissn) Mez (Lauraceae), coletada na mata ciliar ao Córrego Capãozinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula - 3262 (UB);

5. *Ocotea densiflora* Meissn. (Lauraceae), procedente da mata ciliar ao Córrego Sobradinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula – 1524 (UB);

6. *Podocarpus brasiliensis* D.J. (Podocarpaceae), coletada na mata ciliar ao Córrego dos Macacos, município de Santo Antônio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula - 3146 (UB);

7. *Qualea dichotoma* Warn. (Vochysiaceae), procedente da mata ciliar ao Córrego dos Macacos, município de Santo Antônio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula - 3263 (UB);

8. *Siphoneugena densiflora* Berg. (Myrtaceae), coletada na mata ciliar ao Córrego Capãozinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula (UB);

9. *Tabebuia serratifolia* Nichols (Bignoniaceae), coletada na mata ciliar ao Rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula (UB);

10. *Vochysia pyramidalis* Mart. (Vochysiaceae), coletada na mata ciliar ao Córrego dos Macacos, Fazenda Canteiro do Paraíso, município de Santo Antônio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula - 3230 (UB);

11. *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae), coletada na mata ciliar ao Córrego dos Macacos, município de Santo An-

tônio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula, - 3265 (UB);

12. *Xylopia sericea* St. Hil. (Annonaceae), coletada na mata ciliar ao Rio Maranhão, município de Planaltina, Goiás, J. Elias de Paula - 1528 (UB).

Para descrição anatômica foram preparados cortes histológicos orientados (transversal, radial e tangencial). Os cortes histológicos foram realizados no micrótomo Jung para madeira, cuja espessura variou entre 25 e 40 μm . Para tanto, as amostras (corpo de prova) foram previamente tratadas em autoclave sob pressão de uma atmosfera a 120°C, para facilitar a obtenção dos cortes histológicos.

De cada disco foi preparada uma amostra em forma de cunha (Figura 1), de onde foram tirados os corpos de prova em 3 áreas disjuntivas, orientadas do centro em direção ao alburno, denominadas área 1, área 2 e área 3, destinadas à obtenção dos cortes histológicos e da densidade.

A espessura da parede dos elementos celulares constituintes da madeira foi determinada utilizando escala micrométrica ocular, com fator de correlação conhecido. A determinação da frequência de vasos, foi feita com o uso de câmara clara e escala micrométrica objetiva.

A fração parede foi determinada pela razão percentual entre duas vezes a espessura da parede da célula (e) e o diâmetro total (D) $100 \cdot 2e/D$ (Moreschi, 1975; Salgiya, 1972; Paula e Alves, 1977).

O coeficiente de rigidez foi determinado pela relação percentual entre o diâmetro do lume (d) e o diâmetro total da fibra: $100 \cdot d/D$ (Petroff e Normand, 1961; Foelkel e Barrichelo, 1975; Paula et al., 1993).

O coeficiente de flexibilidade das fibras, conhecido também por índice de feltragung, foi determinado pela razão entre o comprimento (L) e a largura (W).

O índice de Runkel foi determinado pela razão entre duas vezes a espessura da parede da

fibra e o diâmetro do lume (d). Ressalta-se que o diâmetro do lume é a diferença entre o diâmetro total e duas vezes a espessura da parede. Foi com base nesse índice que Runkel propôs os seguintes grupos para classificação das fibras:

até 0,25	como excelente para papel
0,25 - 0,50	muito boa para papel
0,50 - 1,0	boa para papel
1,0 - 2,0	regular para papel
acima de 2,0	não deve ser usada para papel.

O percentual dos elementos constituintes da madeira foi determinado, utilizando fotomicrografias de cortes transversais da madeira com áreas conhecidas e, com um planímetro, procedeu-se à leitura das áreas ocu-

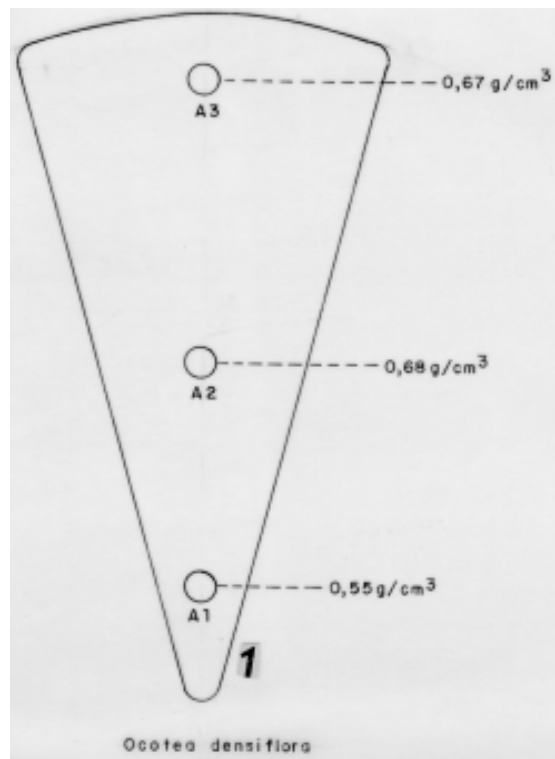


Figura 1. Desenho esquemático em forma de cunha identificando as áreas de estudo anatômico e respectiva densidade.

(Sampling schedule for wood density and anatomical characterization)

padas por cada tipo de elemento celular (fibras, parênquima axial, vasos e parênquima radial).

No que concerne à descrição anatômica adotou-se a terminologia constante da literatura (Milanez e Bastos, 1936; CPNT, 1974; IAWA, 1989; IBAMA, 1992; Paula e Alves, 1997. Os referenciais, *grandes, médios, pequenos, altos, baixos* etc., relativos aos vasos, raios e fibras, constantes das Tabelas 1 e 2 foram baseados na média.

Tabela 1. Fibras e densidade básica (DB) da madeira.

(Fibers and basic density)

Espécies	L/μm	e/μm	D/μm	W/μm	2e/d	GR	L/W	FP %	CR %	Db kg /m ³
Maprounea guianensis	1036	4.30	13.0	15	1.9	IV	69	66	34	700
Micropholis grandiflora	974	4.95	16.5	21	1.5	III	46	60	40	750
Nectandra myriantha	303	6.50	26.0	27	1.0	III	48	51	49	570
Ocotea corymbosa	1450	6.80	20.0	25	2.1	V	57	68	32	800
Ocotea densiflora	1513	6.60	27.0	20	0.9	III	50	60	40	630
Podocarpus brasiliensis	2272	4.95	39.6	40	0.4	II	57	25	75	460
Qualea dichotoma	1570	6.90	18.4	21	3.0	V	75	75	25	829
Siphoneugena densiflora	1320	6.60	17.0	21	3.8	V	61	77	23	930
Tabebuia serratifolia	1145	6.30	16.3	20	3.4	V	57	77	23	820
Vochysia Pyramidalis	1619	6.60	20.0	23	1.9	IV	70	66	34	898
Vochysia tucanorum	1430	6.90	27.0	30	0.5	II	48	51	49	642
Xylopia sericea	1502	5,5	26,0	28	0,73	III	54	60	40	780

e – espessura da parede; L – comprimento; D – diâmetro total; 2e/d – Índice de Runkel; GR – Grupo de Runkel;

W – largura; FP – fração parede; CR – coeficiente de rigidez; L/W – coeficiente de flexibilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando determinar possíveis aplicações de diferentes espécies de madeira, é primordial um estudo detalhado de sua estrutura anatômica, desta forma é possível classificar e agrupar espécies, direcionando-as então, para estudos tecnológicos específicos, visando confirmar ou não a indicação obtida através da análise da estrutura anatômica.

A seguir apresenta-se a descrição anatômica das espécies analisadas neste trabalho.

A densidade básica (Db) foi determinada pela razão do peso da amostra da madeira seca em estufa à temperatura de 105 graus centígrados e o volume da respectiva amostra saturada. De cada disco preparou-se um corpo de prova em forma de cunha (Figura 1), do qual foram obtidos três blocos em locais disjuntivos, orientados do centro em direção ao albúmeno, denominados área 1, área 2 e área 3. Esclarece-se que os valores da densidade básica constante da Tabela 1, refletem a média das 3 áreas.

Maprounea guianensis (Figuras 2 e 3)

Vasos, de distribuição difusa, predominantemente múltiplos radiais de até 5 elementos, ocorrendo também solitários e geminados, diâmetro tangencial de tamanho médio, variando entre 84 e 178 μm. Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total e terminal, apresentam apêndices curtos nas duas extremidades; comprimento médio 660 μm, variando entre 650 e 682, cuja largura média foi de

Tabela 2. Vasos, parênquima axial e raios. (Vessels, rays and axial parenchyma)

Espécies	Diâmetro Vaso		Vasos fração	Vasos parede %	Área ocupada por vasos %	Raios Altura a (µm)	Raios Largura a (µm)	Raios mm limiar	Fração parede da cel. radial %	Área ocupada por raios (%)	Fração P. axial parede cel. (%)
	Vaso (µm)	Vaso Mm ²									
<i>Maprounea guianensis</i>	109	12	8	8	20	280	15	4	20	17	16
<i>Micropholis grandiflora</i>	62	5	10	10	11	545	28	8	14,4	12	12,3
<i>Nectandra myriantha</i>	114	10	13,3	13,3	24	573	37	5	17,2	13	11
<i>Ocotea corymbosa</i>	100	10	8	8	22	753	110	5	12	14	10,5
<i>Ocotea densiflora</i>	184	9	10,3	10,3	10	677	55	7	14,3	37	16,5
<i>Podocarpus brasiliensis</i>	-	-	-	-	-	101	15	8	16	10	-
<i>Qualea dichotoma</i>	165	8	12	12	18	436	57	4	25	16	19
<i>Siphoneugena densiflora</i>	93	15	10	10	12	520	40	15	22,3	20	16,7
<i>Tabebuia serratifolia</i>	118	12	8,7	8,7	18	210	52	7	19,8	21	14,3
<i>Vochysia pyramidalis</i>	186	2	3,4	3,4	7	917	104	3	12,5	26	11,4
<i>Vochysia tucanorum</i>	135	4	12	12	13	752	90	4	14,2	27	9,8
<i>Xylopia sericea</i>	171	3	5,3	5,3	13,3	100	20	3	11,1	18	10,3

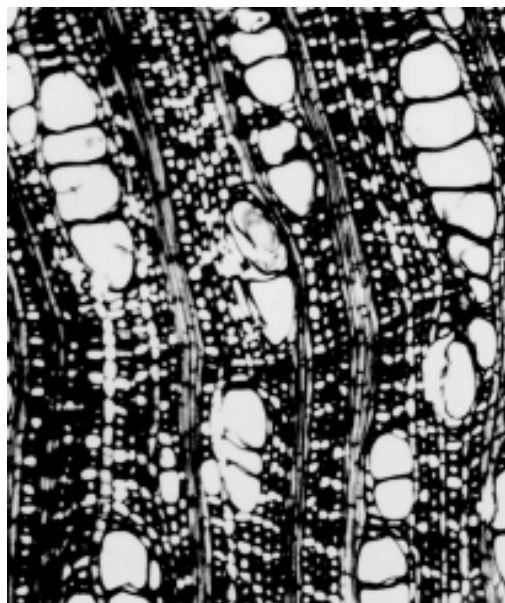


Figura 2. *Maprounea guianensis* - corte transversal mostrando parênquima axial apotraqueal (pontos pequenos brancos) e raios 1-3 seriados. Escala 200 µm.

(*Maprounea guianensis* transversal view with apotracheal parenchyma (small white dots) e uniseriate and multiseriate rays)



Figura 3. *Maprounea guianensis* - corte tangencial mostrando predominância de raios 1 - seriados. Escala 200µm

(*Maprounea guianensis* - tangencial view with uniseriated rays. Scale 200 µm)

75 μm , variando de 68 a 87; pontoações intervasculares areoladas, alternas, com abertura inclusa. Parênquima axial, apotraqueal, escasso, representado por células isoladas ou grupos de células ou de faixas curtas 1 - seriadas. Raios, homogêneos formados de células exclusivamente quadradas, 1-3 seriados, sem predominância, extremamente baixos, variando entre 266 e 318 μm , extremamente finos, entre 12 e 18 μm de largura, poucos, de 2 a 6 por mm linear. Fibras, abundantes, curtas, variando entre 987 e 1080 de comprimento, de parede moderadamente espessa em relação ao diâmetro total da fibra (Tabelas 1 e 2)

Micropholis grandifolia (Figuras 4 e 5)

Vasos, de distribuição difusa, geminados e múltiplos radiais de até 4 elementos, estes são os predominantes, ocorrendo também solitários, diâmetro tangencial, variando de 48 a 72 μm , pequeno, poucos, entre 3 e 7 por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total e terminal, apresentam apêndice curto



Figura 5. *Micropholis grandifolia* - corte tangencial indicando raios 2 - seriados. Escala 200 μm .

(*Micropholis grandifolia* — tangential view with multiseriated rays. Scale 200 μm)

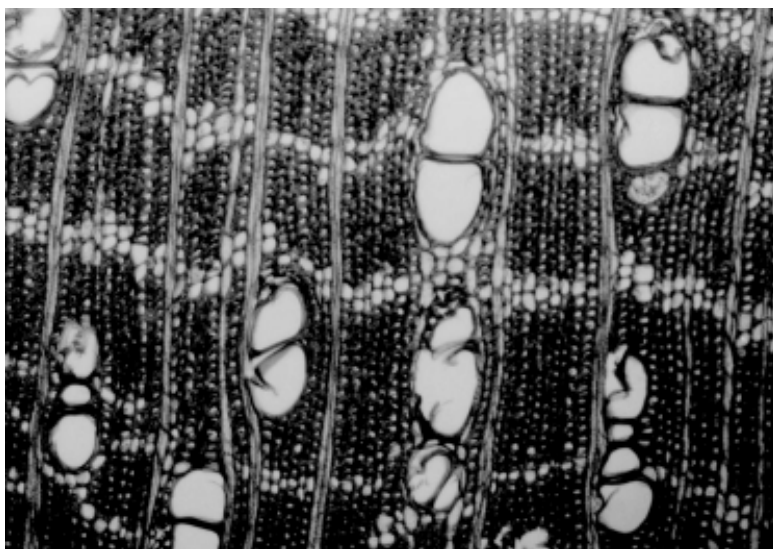


Figura 4. *Micropholis grandifolia* - corte transversal mostrando abundância de fibras e pouco parênquima axial. Escala 200 μm .

(*Micropholis grandiflora* - transversal view with plentifulness of fibers and scarceness of axial parenchyma. Scale 200 μm).

em uma ou nas duas extremidades, comprimento médio foi da ordem de 500 μm , variando entre 350 e 650, cuja largura média foi de 130 μm , variou entre 70 e 190; pontoações intervasculares alternas, areoladas, com abertura inclusa. Parênquima axial, apotraqueal, subagregado, em faixas estreitas, ordenadas entre os raios. Raios homogêneos, 1-3 seriados, muito baixos, variando de 512 a 592 μm , de altura, muito finos, de 22 a 34 μm de largura, numerosos, variando de 6 a 10 por mm linear. Fibras, abundantes, muito curtas, variando entre 942 e 998 μm , de parede moderadamente espessa (4,95 μm) em relação ao diâmetro da fibra.

***Nectandra myriantha* (Figuras 6 e 7)**

Vasos, de distribuição difusa, às vezes com tilos, predominantemente solitários e geminados, ocorrendo também múltiplos radiais de até 5 elementos, diâmetro tangencial de tamanho médio, intervalo de variação entre 102 e 138 μm , pouco numerosos, ocorrendo de 7 a 13 por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total, comprimento médio 460 μm , variando de 150 e 530, cuja largura



Figura 7. *Nectandra myriantha* - corte tangencial ilustrando raios 3 - 4 seriados (pontos claros) . Escala 200 μm .

(*Nectandra myriantha* - tangencial view with multiseriate rays).

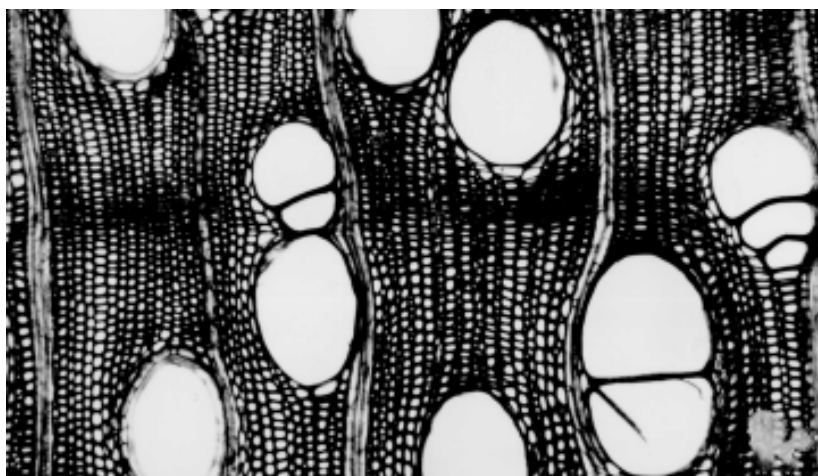


Figura 6. *Nectandra myriantha* - corte transversal mostrando fibras abundantes, ausência de parênquima axial e tênue camada de crescimento. Escala 200 μm .

(*Nectandra myriantha* - transversal view with plentifulness of fibers and thin growth layer. Scale 200 μm)

média foi de 130 μm , variou entre 90 e 250; pontoações intervasculares alternas, areoladas com abertura inclusa. Parênquima axial, ausente. Raios homogêneos, constituídos de células procumbentes, pouco numerosos, de 3 a 7 por mm linear, finos, entre 32 e 46 μm , muito baixos, variando entre 558 e 600 μm . Fibras, abundantes, curtas, entre 1286 e 1333 μm , de parede fina (6,5 μm) em relação ao diâmetro total da fibra.

***Ocotea corymbosa* (Figuras 8 e 9)**

Vasos, de distribuição difusa, solitários, geminados, múltiplos em grupos de até 5 elementos e múltiplos radiais de até 5 elementos, diâmetro tangencial pequeno, variando entre 91 e 112 μm , pouco numerosos, variando entre 6 e 11 por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total, oblíqua, apêndi-

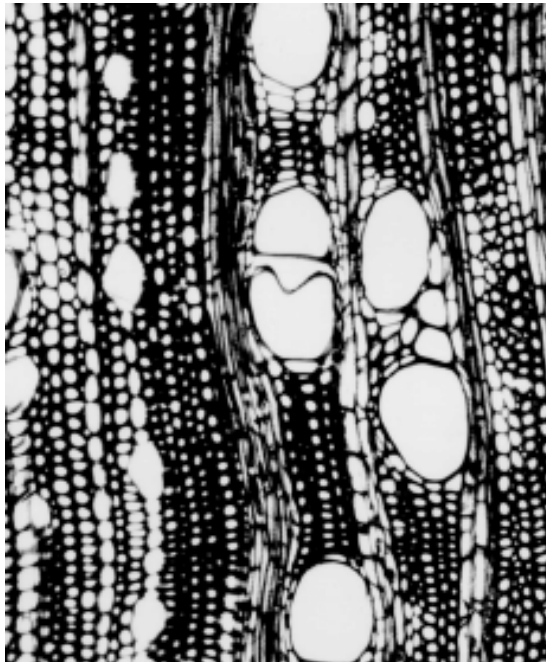


Figura 8. *Ocotea corymbosa* - corte transversal mostrando fibras moderadamente abundantes e vasos solitários e geminados. Escala 200 μm .

(*Ocotea corymbosa* - transversal view with fibers and vessels. Scale 200 μm).

ces curtos nas duas extremidades; o comprimento médio foi de 500 μm , variando entre 397 e 593, cuja largura média foi de 105 μm , variando de 97 a 115; pontoações intervasculares alternas, areoladas, com abertura inclusa. Parênquima axial, paratraqueal, vasicêntrico. Raios, homogêneos, constituídos de células procumbentes, 3 – 10 seriados, predominantemente 3 - 7 seriados, variando de 3 a 7 por mm linear, muito baixos e estreitos, variando de 722 e 794 μm de altura, e estreitos, entre 106 e 197 μm de largura. Fibras, abundantes, curtas, variando de 1435 a 1503 μm , de parede espessa (6,8 μm) em relação ao diâmetro total da fibra.

***Ocotea densiflora* (Figuras 10 e 11)**

Vasos, de distribuição difusa, solitários, geminados e múltiplos radiais de até 5 elemen-

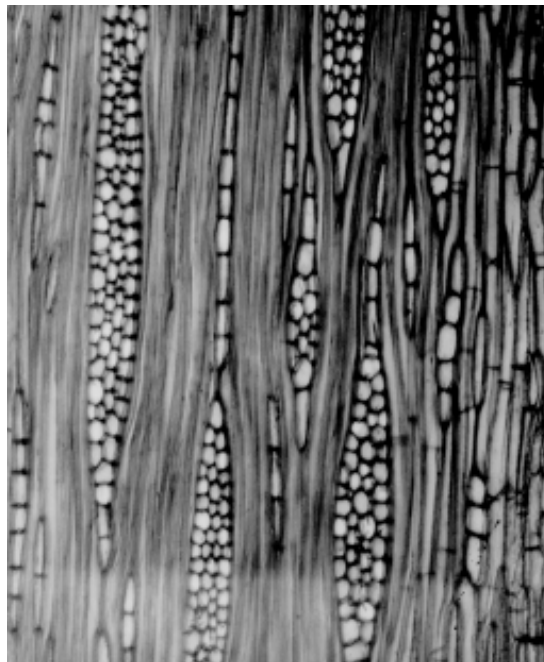


Figura 9. *Ocotea corymbosa* - corte tangencial ilustrando raios 3 - 4 seriados e 1 - seriados. Escala 200 μm .

(*Ocotea corymbosa* — tangencial view with uniseriate and multiseriate rays. Scale 200 μm)

tos, sem predominância de nenhum dos tipos, pouco numerosos, variando entre 7 e 10 por mm², diâmetro tangencial grande, entre 172 e 198µm, às vezes ocorrem vasos com tilos. Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, apêndices curtos nas duas extremidades; o comprimento médio foi da ordem de 335 µm, variando entre 263 e 411, cuja largura média foi de 95 µm, variando entre 86 a 115; pontoações intervasculares areoladas, alternas, com abertura inclusa. Parênquima axial, escasso ou ausente. Raios, homogêneos, constituídos de células procumbentes predominantemente 2 - 3 seriados, pouco numerosos, de 4 a 9 raios por mm linear, estreitos, variando entre 46 e 64 µm de largura, muito baixos, variando entre 640 e 694 µm. Fibras, abundantes, longas, entre 1508 e 1539µm de comprimento, com parede moderadamente espessa (6,6 µm) em relação ao diâmetro da fibra.

Podocarpus brasiliensis D.J. (Figuras 12 e 13)

Traqueides, curtos, variando de 2151 a 2294µm de comprimento, parede fina (4,95µm), em relação ao espaço ocupado, abundantes, fibrotraqueídes escassos, restritos ao lenho tardio, que é representado por uma faixa muito

estreita. Parênquima axial, ausente. Raios, 1-seriados, extremamente baixos, entre 91 e 127 µm de altura, numerosos, variando entre 6 e 11 por mm linear e extremamente finos, variando de 11 a 18 µm de largura.

Qualea dichotoma (Figuras 14 e 15)

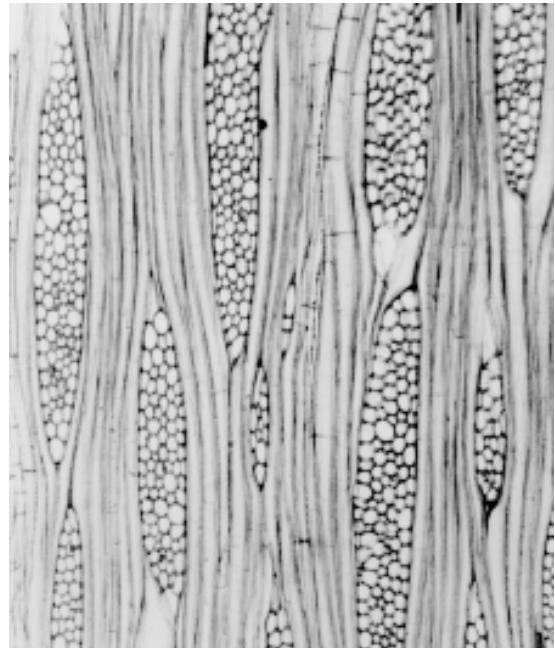


Figura 11. *Ocotea densiflora* - corte tangencial mostrando raios 3 - 5 seriados e fibras. Escala 200 µm.

(*Ocotea densiflora* - tangencial view with multiseriate rays and fibers. Scale 200 µm).

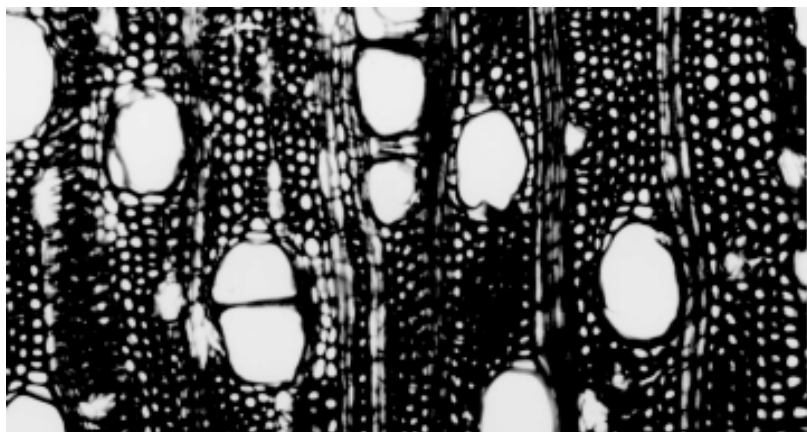


Figura 10. *Ocotea densiflora* - corte transversal mostrando fibras moderadamente abundantes e vasos solitários e geminados. Escala 200 µm.

(*Ocotea densiflora* - transversal view with fibers and vessels. Scale 200 µm).

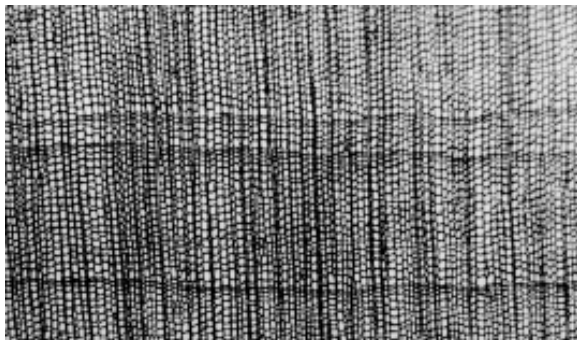


Figura 12. *Podocarpus brasiliensis* - corte transversal mostrando camadas de crescimento bem nítidas. Escala 200 μ m

(*Podocarpus brasiliensis* - transversal view with growth layers. Scale 200 μ m)



Figura 13. *Podocarpus brasiliensis* - corte tangencial mostrando raios 1 seriados e extremamente baixos. Escala 200 μ m.

(*Podocarpus brasiliensis* - tangencial view with uniseriated rays. 200 μ m).

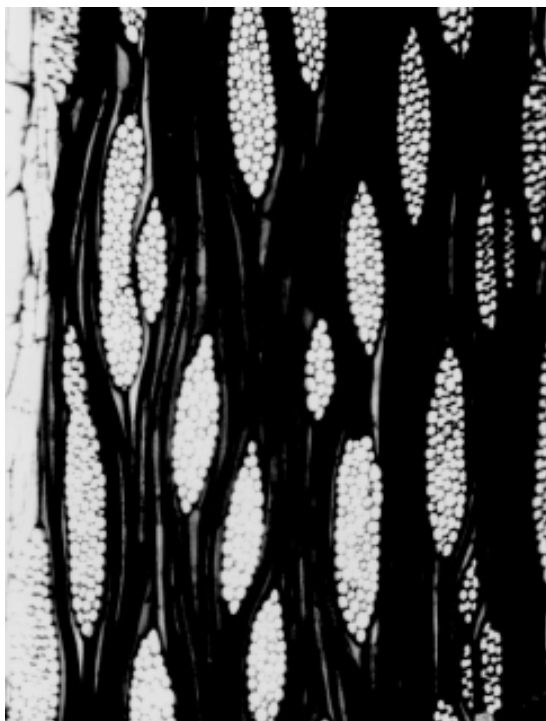


Figura 15. *Qualea dichotoma* - corte tangencial mostrando fibras moderadamente abundantes (faixas negras e estriadas) e raios 3 - 5 seriados (partes brancas). Escala 200 μ m.

(*Qualea dichotoma* - tangencial view with fibers and multiseriated rays. Scale 200 μ m).

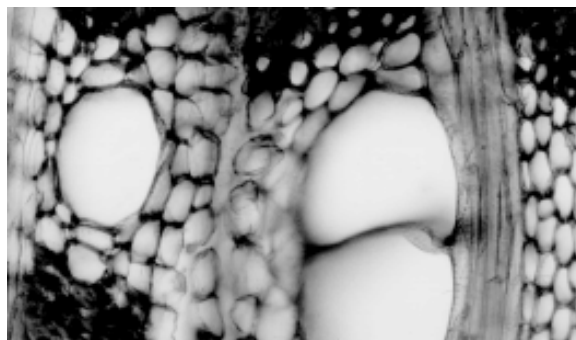


Figura 14. *Qualea dichotoma* - corte transversal mostrando um raio largo, um vaso germinado, um solitário e parênquima paratraqueal. Escala 200 μ m

(*Qualea dichotoma* - transversal view with large ray, vessels, and paratracheal parenchyma. Scale 200 μ m).

Vasos, de distribuição difusa, solitários, geminados e múltiplos radiais de até 7 elementos, diâmetro tangencial de tamanho médio, variando entre 142 e 171 μm , pouco numerosos, entre 6 e 9 por mm. Elementos de vaso, com apêndices curtos em uma ou nas duas extremidades, às vezes sem apêndice; placa de perfuração simples, terminal e total; comprimento médio, da ordem de 323 μm , variando de 200 a 480 μm , cuja largura média foi de 157 μm , com intervalo entre 110 e 210 μm ; pontoações intervasculares areoladas, alternas, com abertura inclusa, ocorrendo também exclusiva ou exclusiva coalescente. Parênquima axial, paratraqueal, vasicêntrico. Raios, homogêneos com células procumbentes e heterogêneos com células procumbentes e quadradas, predominam os 3 - 4 seriados, ocorrendo também 1 - 2 seriados, extremamente baixos, variando entre 321 e

357 μm , estreitos, entre 46 e 64 μm de largura e poucos numerosos, de 2 a 4 por mm linear; são frequentes células radiais com cristais rômnicos de oxalato de cálcio. Fibras, abundantes, longas, variando entre 1508 e 1663, de parede espessa, (6,94 μm) em relação ao diâmetro da fibra.

***Siphoneugena densiflora* (Figuras 16 e 17)**

Vasos, de distribuição difusa, predominantemente solitários, diâmetro tangencial pequeno, variando entre 81 e 103 μm , numerosos, de 13 a 18 vasos por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, raramente multiperfurada, apêndices curtos em uma ou nas duas extremidades; comprimento médio da ordem de 346 μm , variando de 250 a 400, cuja largura média foi de 82 μm , variando entre 70 e

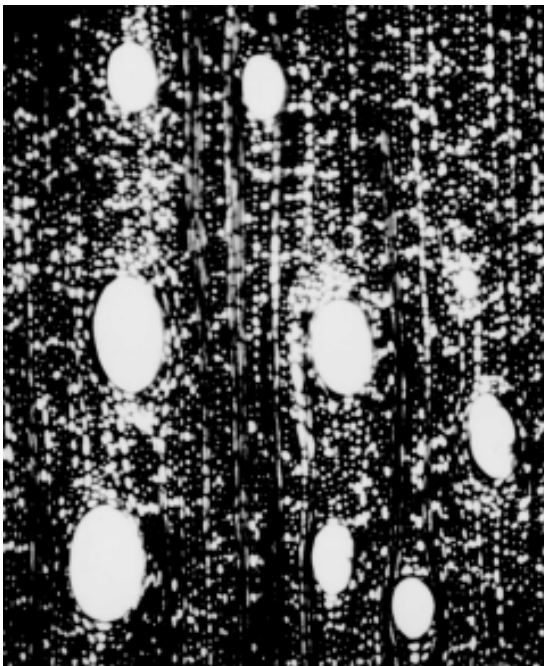


Figura 16. *Siphoneugena densiflora* - corte transversal mostrando abundância de fibras, parênquima axial (apotracheal,) e vasos solitários. Escala 200 μm .

(*Siphoneugena densiflora* - transversal view with plentifulness of fibers, apotracheal parenchyma and vessels. Scale 200 μm).



Figura 17. *Siphoneugena densiflora* - corte tangencial evidenciando raios abundantes 1 - 2 seriados. Escala 200 μm .

(*Siphoneugena densiflora* - tangential view with plentifulness of uniseriated and multiseriated rays. Scale 200 μm).

110; pontoações intervasculares areoladas, alternas, muito pequenas, com abertura inclusa. Parênquima axial, apotraqueal subagregado, pouco, representado por linhas curtas tangenciais, ordenadas entre os raios, ocorrendo também paratraqueal. Raios, heterogêneos, constituídos de células quadradas e procumbentes, predominam os 1 - 2 seriados, muito baixos, entre 491 e 549 μm de altura, finos, de 43 a 61 μm de largura e muito numerosos, variando entre 5 e 10 por mm linear. Fibras, abundantes, curtas, com intervalo de variação entre 1110 e 1212, de parede fina. (6,64) em relação ao diâmetro da fibra.

Tabebuia serratifolia (Figuras 18 e 19)

Vasos, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também

geminados e múltiplos radiais de até 3 elementos, diâmetro tangencial de tamanho médio, variando entre 109 e 131 μm , numerosos, entre 8 e 15 por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total e terminal, comprimento médio 226 μm , variando de 150 a 400 μm , pontoações intervasculares areoladas, opostas, com abertura inclusa. Parênquima axial, paratraqueal, unilateral adaxial, ou apotraqueal, representado por células isoladas ou em grupos de até 6 células, as vezes paratraqueal aliforme. Raios, homogêneos, constituídos de células procumbentes, predominantemente 2-3 seriados, extremamente baixos, variando entre 197 e 228 μm de altura, estreitos, variando de 41 a 62 μm e poucos numerosos, variando entre 4 e 9 por mm linear. Fibras, abundantes, curtas, entre 1122 e 1740 μm , de parede espessa (6,6 μm) em relação ao diâmetro da fibra.

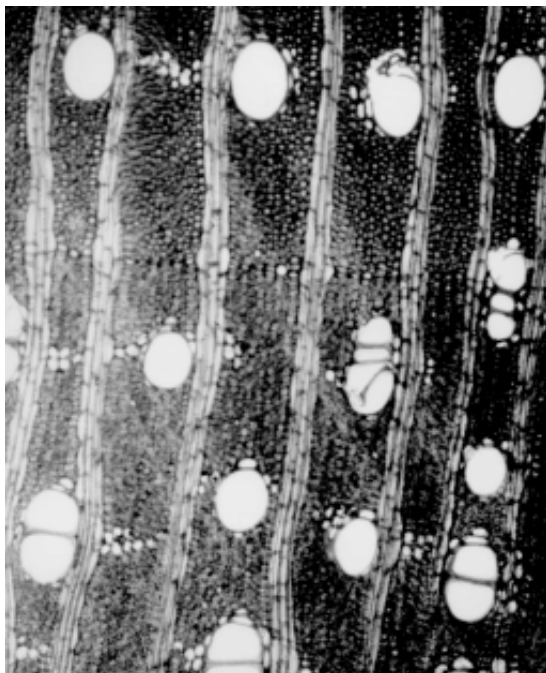


Figura 18. *Tabebuia serratifolia* - corte transversal mostrando parênquima axial escasso e fibras abundantes. Escala 200 μm .

(*Tabebuia serratifolia* - transversal view with scarce parenchyma and plentifulness of fibers. Scale 200 μm).



Figura 19. *Tabebuia serratifolia* - corte tangencial mostrando raios abundantes, baixos e abundância de fibras (partes escunas estriadas). Escala 200 μm .

(*Tabebuia serratifolia* - tangencial view with scarce rays and plentifulness of fibers. Scale 200 μm).



Figura 20. *Vochysia pyramidalis* - corte transversal mostrando um canal secretor no parênquima axial, um vaso solitário e fibras moderadamente abundantes. Escala 200 μm .

(*Vochysia pyramidalis* - transversal view with gum duct in the axial parenchyma, vessel, and fibers. Scale 200 μm).

***Vochysia pyramidalis* (Figuras 20 e 21)**

Vasos, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados, diâmetro tangencial de tamanho médio, variando entre 171 e 201 μm , muito poucos, entre 0 e 3 por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total e terminal, comprimento médio de 421 μm , variando entre 392 e 464, e a largura média foi de 130 μm , variando de 90 a 250; pontoações intervasculares areoladas, alternas, guarnecidas, com abertura inclusa. Parênquima axial, paratraqueal, em faixas curtas confluentes, vacicêntrico, ocorrendo também apotraqueal. Raios, predominantemente homogêneos constituídos de células procumbentes, ocorrendo também homogêneas constituídas de células quadradas, predo-

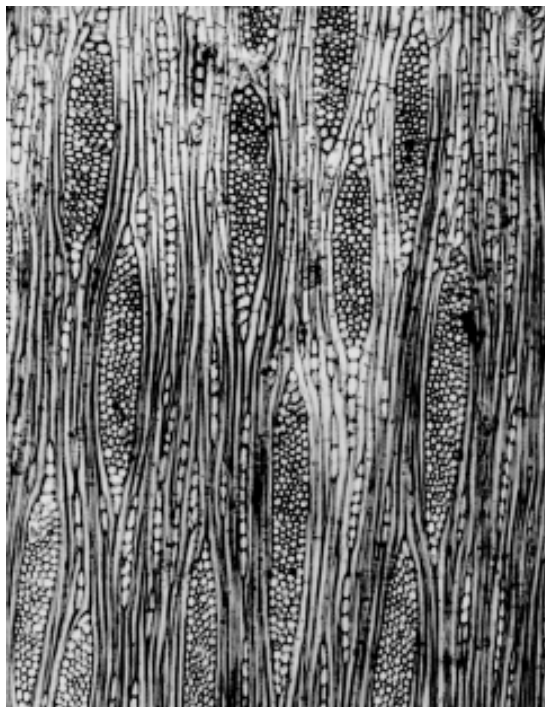


Figura 21. *Vochysia pyramidalis* - corte tangencial mostrando raios 4 - 6 seriados. Escala 200 μm .

(*Vochysia pyramidalis* - tangencial view with multiseriate rays. Scale 200 μm)

minam os 4 - 6 seriados, largos, entre 92 e 110 μm de largura, poucos, entre 0 e 5 por mm linear, muito baixos, variando entre 896 e 942 μm de altura. Fibras, abundantes, entre 1603 e 1648 μm (longas), de parede moderadamente espessa (6,3 μm) em relação ao diâmetro da fibra.

***Vochysia tucanorum* (Figuras 22 e 23)**

Vasos, de distribuição difusa, predominantemente solitários e geminados, diâmetro tangencial de tamanho médio, variando de 122 a 151 μm , poucos, entre 2 e 6 por mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total e terminal, comprimento médio 550 μm , variando de 400 a 750 e a largura média foi da

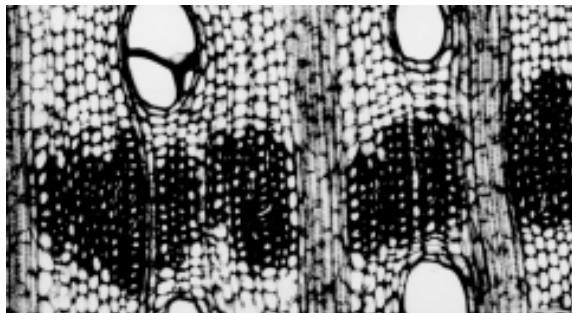


Figura 22. *Vochysia tucanorum*, - corte transversal mostrando poucas fibras (partes negras) e duas faixas largas de parênquima axial. Escala 200 μ m.

(*Vochysia tucanorum* - transversal view with fibers and plentifulness of axial parenchyma. Scale 200 μ m).

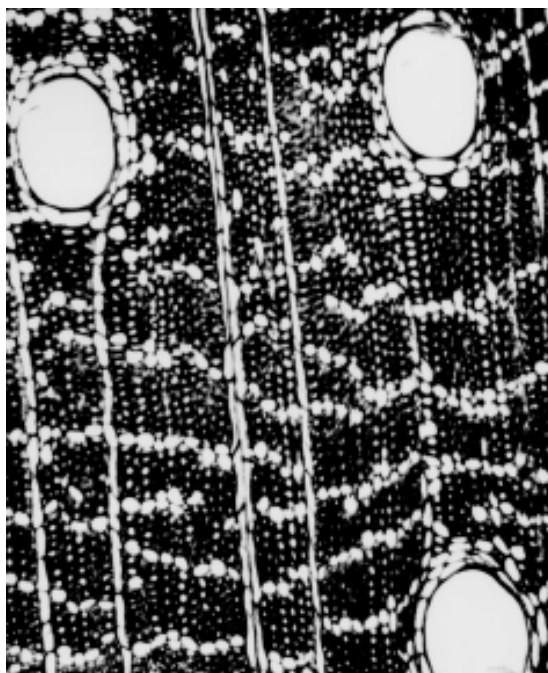


Figura 24. *Xylopia sericea* - corte transversal mostrando parênquima axial apotraqueal (faixas curtas entre os raios) e três vasos solitários e fibras abundantes. Escala 200 μ m.

(*Xylopia sericea* - transversal view with axial apotracheal parenchyma, vessels and plentifulness of fibers. Scale 200 μ m).



Figura 23. *Vochysia tucanorum* - corte tangencial mostrando raios 3 - 5 seriados e fibras. Escala 200 μ m.

(*Vochysia tucanorum* - tangencial view with multiseriate rays and fibers. Scale 200 μ m).

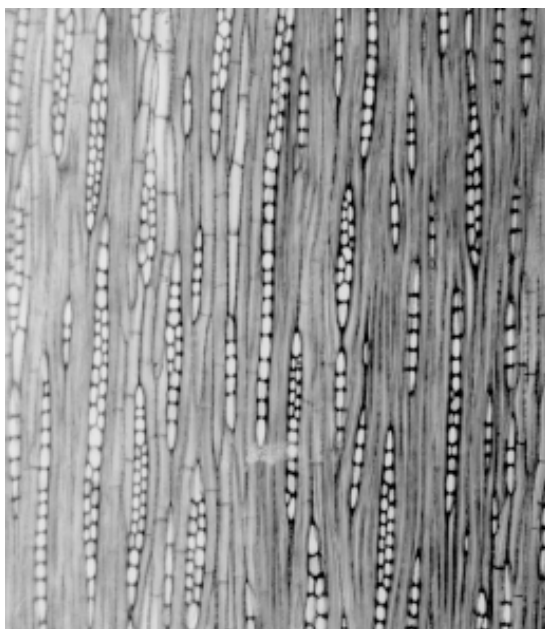


Figura 25. *Xylopia sericea* - corte tangencial mostrando raios 1 - 2 seriados. Escala 200 μ m.

(*Xylopia sericea* - tangencial view with uniseriate and multiseriate rays. Scale 200 μ m).

ordem de 210 μm , variando ente 160 a 290, às vezes com apêndice em uma das extremidades; pontoações intervasculares alternas, areoladas, com abertura inclusa, às vezes exclusiva. Parênquima axial, paratraqueal, em faixas confluentes; são freqüentes máculas medulares e floema incluso. Raios, homogêneos, com células procumbentes 2-5 seriados, sem predominância; ocorrem com freqüência células desse parênquima com cristais rômnicos de oxalato de cálcio e em formas de drusas. Raios, largos, variando entre 87 e 112 μm de largura, muito baixos, entre 736 e 774 μm , poucos, variando entre 2 e 6 por mm linear. Fibras, curtas, variando de 1402 a 1460 μm , de parede fina (6,6 μm) em relação ao diâmetro da fibra.

***Xylopia sericea* (Figuras 24 e 25)**

Vasos, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados e múltiplos radiais de até 4 elementos, diâmetro tangencial de tamanho médio, entre 162 e 189 μm , poucos, de 0 a 4 mm^2 . Elementos de vaso, com placa de perfuração simples, total e terminal, com apêndices curtos em uma ou nas duas extremidades; comprimento médio da ordem de 413 μm , variando entre 360 e 480, cuja largura média foi de 103 μm , com intervalo de variação de 90 a 120; pontoações intervasculares areoladas, alternas, com abertura exclusiva. Parênquima axial apotraqueal, subagregado. Raios, homogêneos, constituídos de células procumbentes, 1-2 seriados, extremamente baixos, variando entre 89 e 112 μm , estreitos de 14 a 26 μm , poucos, variando entre 1 e 5 raios por mm linear. Fibras, abundantes, comprimento entre 1489 e 1572 μm , de parede fina (5,2 μm) em relação diâmetro da fibra.

Visando facilitar as análises dos resultados obtidos na descrição anatômica, bem como facilitar a classificação do possível uso das ma-

deiras, elaborou-se a Tabela 1, onde também estão incluídos os resultados de dimensões de fibras e densidade básica, e a Tabela 2 com os resultados das dimensões dos raios elementos de vaso e percentuais de parênquima axial e de raios.

O coeficiente de rigidez indica o grau de colapso (achatamento) que as fibras sofrem durante o processo de fabricação do papel, nesse sentido, o índice de Runkel, na prática tem o mesmo significado do coeficiente de rigidez. Por outro lado, o coeficiente de flexibilidade das fibras, conhecido também por índice de feltragem indica a aptidão das fibras a formarem uma rede fibrosa (CPNT, 1974; Foelkel e Barrichelo, 1975; Moreschi, 1975, Paula e Alves, 1997). Daí a razão de se ter determinados os três parâmetros em apreço, que consubstanciam um bom referencial na qualificação de madeiras nativas com vistas a fabricação de papel.

A descrição anatômica das madeiras é de fundamental importância para a determinação de seu possível aproveitamento tecnológico. Esta afirmação está baseada no fato de que as dimensões, a freqüência e o arranjo dos elementos anatômicos têm grande influência sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

A densidade básica é uma propriedade da madeira de grande importância quando na avaliação de possíveis utilizações tecnológicas de diferentes espécies. A despeito da grande facilidade de sua determinação, a densidade básica apresenta fortes correlações com as propriedades, físicas e mecânicas da madeira, apresentando ainda correlações com parâmetros específicos de cada processo industrial de transformação da madeira, como por exemplo, o rendimento em celulose ou desempenho frente ao processo de secagem, pois madeira com baixa densidade apresenta maior volume e menor rendimento de celulose, lignina e hemiceluloses. Madeira com baixa densidade é rica em parênquima axial ou radial, ou em ambos, ou

em fibras de parede fina, tendo em vista que as células parenquimatosas são de parede fina, portanto, com baixo teor de celulose e lignina.

A associação de resultados entre caracterização anatômica e densidade básica permite uma classificação preliminar das madeiras com relação a possíveis usos tecnológicos e industrial. No entanto, esta classificação não exclui a necessidade de realização de avaliações específicas para cada tipo de utilização industrial; esta classificação representa efetivamente uma grande economia de tempo e recursos em pesquisas.

A madeira é um material bastante versátil, possuindo diversas aplicações. A madeira também pode ser considerada como uma importante fonte de energia e vem sendo utilizada pelo homem desde os primórdios de sua existência. Outra importante utilização da madeira é como fonte de matéria-prima para produção de carvão vegetal destinado à indústria siderúrgica.

Visando a produção de carvão vegetal é importante que a madeira destinada a este fim apre-

sente elevada densidade, com a conseqüente presença de fibras com elevada fração parede e baixas proporções de tecidos parenquimáticos e vasos. Estes fatores estão relacionados com a produção de carvão de alta qualidade em termos energéticos e também com processo de transformação eficiente em termos de rendimento.

Considerando-se os aspectos relativos às características de madeiras para fins energéticos, podemos observar que entre as 12 espécies avaliadas neste trabalho, 11 podem ser consideradas como promissoras para geração de energia, devendo ser analisadas em maiores detalhes tecnológicos, visando confirmar seu potencial.

A implantação de florestas heterogêneas, com espécies indígenas sob planos de manejo de rendimento sustentado, trás no seu bojo a certeza de se produzir o suficiente para atender à demanda sem comprometer a flora, o clima, a fauna, ecossistemas e a biodiversidade como um todo.

CONCLUSÃO

Com base nas análises dos parâmetros determinados e consignados nas partes referentes aos resultados, conclui-se que *Maprounea guianensis*, *Micropholis grandiflora*, *Ocotea corymbosa*, *Ocotea densiflora*, *Qualea*

dichotoma, *Siphoneugena densiflora*, *Tabebuia serratifolia* e *Xylopia sericea*, podem ser utilizadas para produção de energia e *Nectandra rnyriantha* e *Podocarpus brasiliensis* para produção de celulose.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

JOSÉ ELIAS DE PAULA é Professor Doutor do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília - Caixa Postal 4457 - 70910-970 - Brasília, DF

FRANCIDES GOMES DA SILVA JÚNIOR é Professor Doutor de Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP – Caixa Postal 9 – 13400-970 – Piracicaba, SP – E-mail: fgomes@carpa.ciagri.usp.br

ALBANITA PEIXOTO PAES SILVA é Engenheira Florestal, Mestranda do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal da Universidade de Brasília - Caixa Postal 4457 - 70910-970 - Brasília, DF

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro do CNPq - Conselho Nacional de Pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPNT - Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **Descrição microscópica**. Assuncion, 1974. v.30, p.1-19,
- FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus* spp. para produção de celulose sulfato. **IPEF**, n.10, p.17-37, 1975.
- HERINGER, E.P.; PAULA, J.E. Contribuição para o conhecimento ecodendrométrico de matas ripárias da região centro-oeste brasileira. **Acta botânica brasileira**, v.3, n.2, p.33-42, 1989.
- IBAMA. Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: 1- angiosperma. **LPF**, n.15, p.1-19, 1991.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1994. v.1, p.106-150
- IAWA- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. Lent of microscopic features for hardwood identification. **IAWA bulletin**, v.10, n.3, p.220-359, 1989.
- IMAÑA ENCINAS, J.; PAULA, J.E.; KLEIN, N. Wood biomass of one gallery forest. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.30, n.4, p.421-427, 1995.
- MILANEZ, F.R.; BASTOS, A.M. Glossário de termos usados em anatomia de madeira. **Rodriguesia**, v.4, p.1-27, 1936.
- MORESCHI, J.C. **Levantamento da qualidade da madeira em plantações artificiais de *Pinus elliottii* nos estados do sul do Brasil**. Curitiba, 1975. 148p. Tese (Mestrado)- Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.
- PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. **Madeiras nativas**. Brasília: MOA, 1997. 543p.
- PAULA, J.E.; IMAÑA ENCINAS, J.; PEREIRA, B.A.S. Parâmetros volumétricos e da biomassa da mata ripária do Córrego dos Macacos. **Cerne**, v.2, n.2, p.91-105, 1996.
- PAULA, J.E.; SILVA, B.A.; MENDONÇA, R.C. Inventário de um hectare de mata ripária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.28, n.2, p.143-152, 1993.
- PAULA, J.E.; SILVA JÚNIOR, F.G. Anatomia de madeiras indígenas com vistas à produção de energia e papel. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.29, n.12, p.1807-1821, 1994.
- PETROFF, G.; NORMAND, D. Correlation between the physical and mechanical properties of paper and dimensional characteristics of fibers from tropical woods. **ECA-BTAO-FAO**, v.2, p.267-287, 1961.
- SALGIYA, S.C. Seasonal variation in the anatomical characteristics of Bakain wood (*Melia Azedarach* Linn.) and its suitability for pulp making. **Indian pulp and paper**, p.85-89, 1972.
- SILVA JÚNIOR, F.G.; GOMES, I.M.B.; PAULA, J.E. Caracterização anatômica e tecnológica da madeira de *Hirtella glandulosa*, *Hirtella gracilipes* e *Hirtella martiana*, ocorrentes na região centro-oeste, visando a produção de carvão. do Congresso Florestal Pan-americano, 1, Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba: SBEF/SBS, 1993. v.2, p.600-602.

