

# ANATOMIA E DENDROMETRIA DA MADEIRA DE *PTERODON* *POLYGALAEFLORUS* E *P. PUBESCENS*<sup>1</sup>

JOSÉ ELIAS DE PAULA<sup>2</sup> e EDIMAR NERY CARDOSO<sup>3</sup>

**RESUMO** - O estudo foi baseado em três áreas de amostras circulares do tronco, orientadas do centro para a periferia em direção ao alborno, denominadas área 1, área 2 e área 3. O estudo dendrométrico foi feito com 20 indivíduos de cada espécie. A densidade básica aumentou do centro para a periferia, tanto no tronco, como na raiz. A densidade do tronco de *Pterodon polygalaeiflorus* foi de 861 kg/m<sup>3</sup> na área 1, na área 2 foi da ordem de 964 kg/m<sup>3</sup>, e na área 3 foi de 964 kg/m<sup>3</sup>, enquanto em *P. pubescens* os valores foram 750, 1.009 e 1.116 kg/m<sup>3</sup> de madeira seca, respectivamente, nas áreas 1, 2 e 3. O rendimento da madeira seca foi da ordem de 7,311 toneladas de *P. pubescens* e 8,720 de *P. polygalaeiflorus*. A presença de fibras nos troncos de *P. pubescens* foi de 37,5% na área 1, 54,5% na área 2, e 56,5% na área 3. Em *P. polygalaeiflorus*, os percentuais de fibras nos troncos foram de 51,1%, 63,6% e 68,2%, respectivamente, na área 1, área 2 e área 3.

Termos para indexação: produção de madeira seca, alborno, espécie, tronco, raiz, fibras, energia.

## ANATOMY AND DENDROMETRY OF WOOD OF *PTERODON POLYGALAEFLORUS* AND *P. PUBESCENS*

**ABSTRACT** - The study was based on three areas from the internal part of circulate sample of trunk towards the periphery. The basic density of the tree areas of stem in *Pterodon polygalaeiflorus* was as follows: area 1, 861 kg/m<sup>3</sup>, area 2 and 3, 964 kg/m<sup>3</sup>, whereas that of *P. pubescens* was: area 1, 750 kg/m<sup>3</sup>; area 2, 1.009 kg/m<sup>3</sup> and area 3, 1.116 kg/m<sup>3</sup>. Dry wood yields per inventoried 20 trees were of 8.720 tons of *P. polygalaeiflorus* and of 7,311 tons of *P. pubescens*. The fibers percentage in the trunk of *P. polygalaeiflorus* were 51,1%, 63,6% and 68,2% respectively area 1, area 2 and area 3; in *P. pubescens* these percentages were: area 1, 37,5%, area 2, 54,5% and area 3, 56,5%.

Index terms: dry wood yields, album, species, root, stem, fibers.

### INTRODUÇÃO

O estudo de anatomia de madeiras tem sido realizado por um universo de profissionais, sempre com vistas à taxonomia, e, em alguns casos, relacionados com a fisiologia e considerações ecológicas, às vezes de caráter puramente acadêmico, sem, contudo correlacionar a estrutura anatômica com o uso adequado da madeira. Ao contrário, o presente estudo tem por escopo qualificar madeiras destinadas à produção de

energia, tomando por base as características anatômicas e a densidade básica.

Nos dias atuais, do carvão vegetal que ainda atende à demanda das usinas siderúrgicas nacionais, grande parte é produzida de madeira de *Eucalyptus*, e a outra parte, de madeiras nativas, obtidas por métodos ignominiosos sob a égide do extrativismo, em tal intensidade, que várias espécies de elevado valor energético já estão ameaçadas de extinção.

O déficit brasileiro de energia elétrica aumenta ano após ano. Além disso, a capacidade dos rios nacionais de suportarem construção de mais hidrelétricas tende a se esgotar. Por outro lado, a literatura, inclusive dados da ONU, indicam que as principais reservas mundiais de energia fóssil,

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 5 de outubro de 1994.

<sup>2</sup> Prof. Biólogo Adjunto. Universidade de Brasília. Dep. de Botânica. Instituto de Ciências Biológicas, CEP 70910-900 Brasília, DF. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Biólogo. Bolsista do CNPq.

portanto finita, tais como as de petróleo, gás natural ( $\text{CH}_4$ ) e urânio, caminham para a exaustão. Após a era petroleana ou da energia fóssil que se aproxima, a grande alternativa da humanidade é, sem dúvida, a energia renovável. Portanto, em termos de Brasil, é salutar que se desenvolvam em tempo hábil tecnologias seguras com vistas à exploração da energia acumulada nos vegetais.

No que concerne ao déficit de energia elétrica, uma saída alvissareira e segura seria a construção de termoeletricas movidas a lenha oriunda de florestas energéticas heterogêneas, plantadas nas proximidades das referidas termoeletricas sob planos de manejo ecológico de rendimento sustentado. Para tanto, é necessário que se estudem as espécies nativas com valor energético.

É, pois, dentro deste contexto que se situa o objetivo do presente trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras circulares da madeira utilizada neste estudo e o material botânico fértil que serviu para a identificação científica dos binômios foram coletados e identificados pelos autores. As amostras circulares dos troncos foram colhidas na altura do DAP (1,30 m do solo), de árvores com mais de 15 anos de idade, e as amostras da raiz foram obtidas a 40 cm do ponto de inserção no tronco. O material botânico fértil (ramos com folhas, flores e frutos) foi incorporado ao acervo do Herbário da Universidade de Brasília (UnB), sob número de coleta, conforme discriminação que se segue.

*Pterodon polygalaeiflorus* Benth. (Leguminosae, "sucupira"), coletada em cerrado do município de Brasilinha (GO), área da Lagoa Formosa, Loteamento Santa Maria; col. J. Elias de Paula 3421 (UnB), em 20/09/92. *P. pubescens* Benth, "sucupira-branca", coletada em cerrado do Campus da Universidade de Brasília, colina, próximo ao Biotério; col. J. Elias de Paula 3410 (UnB), em 22/09/92.

De cada amostra circular preparou-se um corpo de prova em forma de cunha (Fig. 1), do qual foram obtidos três blocos com seis faces, em áreas disjuntivas, orientadas do centro em direção ao alburno, denominadas área 1, área 2 e área 3. A partir desses blocos, foram realizados cortes histológicos em micrótomo Jung, cuja espessura variou de 20 a 40 micrômetros. Para tanto, esses blocos foram previamente postos em autoclave para amolecimento sob pressão de 1 atmosfera e temperatura de 120°C durante 20 horas. Os cortes em apreço foram clarificados em hipoclorito de sódio a 50%, corados com safranina diluída em álcool a

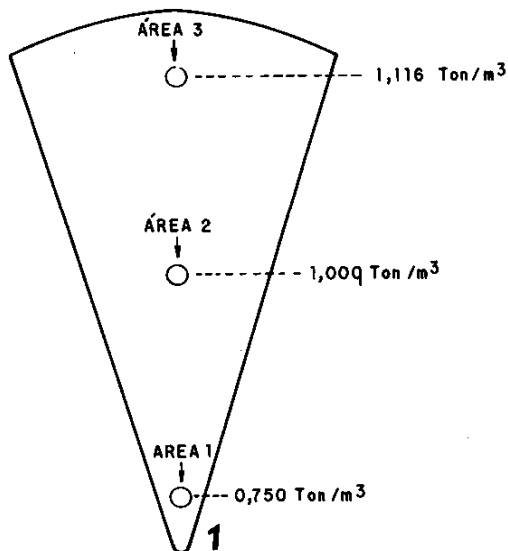


FIG. 1. *Pterodon pubescens* - desenho esquemático da amostra do tronco em forma de cunha, mostrando o aumento da densidade em direção ao alburno.

50%, desidratados e montados em lâminas, usando como aderente "bálsamo-do-canadá".

A contagem de elementos de vasos por  $\text{mm}^2$ , bem como dos raios por  $\text{mm}$  linear, foi feita em microscópio conectado a câmara clara, escala micrométrica objetiva e ocular reticulada, utilizando-se cortes transversais e tangenciais, respectivamente. A fração parede dos elementos celulares constituintes da madeira foi determinada usando-se a fórmula  $100.2e/D$ , onde  $e$  representa a espessura da parede da célula, inclusive das fibras, e  $D$ , o diâmetro total, valor apresentado em porcentagem (Salgiya, 1972; Foelkel & Barrichelo, 1975; Paula, 1993).

Mediu-se a espessura da parede celular, o diâmetro dos vasos, das fibras, das células parenquimatosas, bem como a largura e altura dos raios, além do comprimento das fibras e dos elementos de vasos, usando-se uma escala micrométrica ocular com fator de correlação conhecido. Os dados referenciais estatísticos constantes das Tabelas 1 a 4 foram determinados com base em 25 amostras de cada parâmetro.

Determinou-se o coeficiente de rigidez das fibras pela razão percentual entre o diâmetro do lume ( $d$ ) sobre o diâmetro total:  $100.d/D$ . O coeficiente de flexibilidade das fibras, conhecido também por índice de feltragem, foi de-

terminado pela razão do comprimento (L) sobre a largura (W). Os dados referenciais estatísticos constantes das Tabelas 1 a 4 foram determinados com base em 25 amostras de cada parâmetro.

O percentual de fibras, de parênquima axial, de raios e de vasos foi determinado utilizando fotomicrografias de cortes transversais da madeira, com área conhecida, e com planímetro executou-se a leitura das áreas ocupadas por cada componente, e também por pesagem do papel das áreas ocupadas por cada tipo celular existente na fotografia. Os dados constantes das Tabelas 1 e 3 refletem a média dos dois métodos. Adotou-se a terminologia recomendada por IAWA Bulletin (1989) e Comisión Panamericana de Normas Técnicas (1974). As fotomicrografias foram obtidas no fotomicroscópio Zeiss. Para cada aumento foi fotografada a escala micrométrica objetiva que consta das respectivas fotos ilustrativas.

## Dendrometria

Foram inventariadas 20 árvores de cada espécie, mediu-se o diâmetro inferior (Di) a 10 cm do solo, o DAP (diâmetro a altura do peito - 1,30 m) do solo, o diâmetro superior próximo ao primeiro galho e a altura de todos os troncos com DAP igual ou superior a 15 cm.

No que concerne aos galhos, mediu-se o diâmetro inferior (a 5 cm da bifurcação), o diâmetro superior (a 5 cm abaixo da bifurcação seguinte) e o comprimento ou altura (h), sempre que o diâmetro inferior fora igual ou superior a 5 cm, e o diâmetro superior até 3,5 cm. Para tanto, usou-se paquímetro dendrométrico.

TABELA 1. Madeira do tronco de *Pterodon polygalaeiflorus*.

	Área 1			Área 2			Área 3		
	x	DP	CV	x	DP	CV	x	DP	CV
<b>Vasos</b>									
Diâmetro (um)	82	15.2	3.9	102	20.3	4.5	112	20.1	4.3
Quantidade (mm <sup>2</sup> )	5.9	1.1	1.0	6.5	2.04	1.42	9.5	2.5	1.6
Fração parede (%)	10.86	-	-	8.77	-	-	9.36	-	-
Área ocupada por vasos (%)	14.2	-	-	4.9	-	-	13.6	-	-
<b>Raios</b>									
Altura (um)									
1-seriados	131	10	3.6	150	28.8	5.3	123	11.3	4.2
2-seriados	132	11.2	3.5	169	16	4	187	22.5	4.5
Largura (um)									
1-seriados	10	4	2	14	1.6	1.2	26	4.85	2.2
2-seriados	20	5.5	2.3	20	3.5	1.8	22	4.8	2.2
Quantidade (mm linear)									
1-seriados	4.6	3.1	1.7	7	1.7	1.3	13	2.4	1.1
2-seriados	3.7	2.5	1.9	1.5	0.8	0.89	2.3	1.15	1.1
Área ocupada por raios (%)	9.7	-	-	13.8	-	-	9.2	-	-
<b>Fibras</b>									
Diâmetro total (um)	13.8	-	-	13.8	-	-	13.8	-	-
Comprimento (um)	1031	71	8.4	1005	162	12.7	1038	104	10.1
Espessura da parede (um)	4.6	-	-	5.29	-	-	7.75	-	-
Largura (um)	15.6	3.59	1.9	16.6	2.2	1.5	15	1.1	1.0
Fração parede (%)	66.66	-	-	76.66	-	-	83.33	-	-
Quantidade (%) - Área ocupada	57.1	-	-	63.6	-	-	68.2	-	-
Diâmetro do lume (um)	4.6	-	-	3.22	-	-	2.3	-	-
Densidade básica (kg/m <sup>3</sup> )	861	-	-	964	-	-	964	-	-
Parênquima axial (%)	19	-	-	13.6	-	-	9	-	-

Legenda: (x) - média, (DP) - desvio padrão, (CV) - coeficiente de variação.

TABELA 2. Madeira da raiz de *Pterodon polygalaeflorus*.

	Área 1			Área 2			Área 3		
	x	DP	CV	x	DP	CV	x	DP	CV
<b>Vasos</b>									
Diâmetro (um)	84	16.5	4.0	111.5	10.2	3.2	103	17.6	4.2
Quantidade (mm <sup>2</sup> )	8.5	1.28	1.13	6.0	1.06	9.0	1.8	1.3	1.6
Fração parede (%)	11	-	-	11.5	-	-	12	-	-
<b>Raios</b>									
Altura (um)									
1-seriados	165	17	4.1	166	48	7.0	185	21	4.5
2-seriados	156	21	4.6	125	22.5	4.7	207	24	5.0
Largura (um)									
1-seriados	17	10	3.1	16	9.3	3.0	12	1.5	1.2
2-seriados	27	2.5	1.5	22.7	3.31	1.8	19	5.1	2.2
Quantidade (mm linear)									
1-seriados	4.6	1.91	1.38	11	2.5	1.5	6.4	1.2	1.0
2-seriados	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.5	1.14	1.0
<b>Fibras</b>									
Diâmetro total (um)	13	-	-	12	-	-	11.5	-	-
Comprimento (um)	1059	160	12.6	976	108.2	10.4	926	84.1	9.1
Espessura da parede (um)	4.5	-	-	5.0	-	-	5.0	-	-
Largura (um)	16.5	9.3	3.0	16	9.0	3.0	17	4.6	3.1
Fração parede (%)	70.77	-	-	83.83	-	-	86.95	-	-
Diâmetro do lume (um)	3.80	-	-	2.0	-	-	1.5	-	-
Densidade básica (kg/m <sup>3</sup> )	811	-	-	987	-	-	1.071	-	-

O volume (v) dos troncos e dos galhos com casca foi determinado usando a fórmula de Smailian:  $V = (A_1 + A_2)/2 \times h$ , onde  $A_1 = D_1^2 \times 0,7854$ , que corresponde à área transversal inferior, e (h), a altura;  $A_2 = D_s^2 \times 0,7854$ , que corresponde à área transversal superior (Silva, 1975).

A densidade básica (DB) foi determinada pela razão da massa seca (peso constante) a 105°C em estufa, sobre o volume da respectiva amostra saturada, valor em kg/m<sup>3</sup> de madeira seca. Nesse procedimento, foram usados três corpos de prova obtidos de três partes da amostra circular do tronco e da raiz, orientadas do centro em direção ao alburno, denominadas área 1, área 2 e área 3 (Fig. 1). A área basal (ab) foi determinada pela fórmula:  $0,7854 \times DAP^2$  (Espanha, 1977). O fator de forma foi determinado pela razão do diâmetro superior sobre o DAP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANATOMIA DA MADEIRA DO TRONCO DE *PTERODON POLYGALAEFLORUS* (FIG. 2-4).

**Vasos** - São de distribuição difusa, solitários (38%), geminados (30%) e múltiplos radiais de até 6 elementos (32%), diâmetro tangencial pequeno na área 1, variando entre 66 e 97 micrômetros; na área 2 varia de 76 a 126, e na área 3, entre 82 e 138 micrômetros, sendo pouco numerosos nas três áreas, variando entre 4 e 11 vasos por mm<sup>2</sup>; fração parede dos elementos de vaso, 11%, 9% e 10,9%, respectivamente área 1, área 2 e área 3; elementos de vaso com placa de perfuração simples, total e terminal, cujas pontuações intervasculares são alternas, não guarnecidas, areoladas, com abertura inclusa.

**Parênquima axial** - Paratraqueal, aliforme, vasicêntrico, unilateral, adaxial e em faixas curtas; a fração parede das células foi de 18,18% na área 1, de 21,66% na área 2, e 23,49% na área 3. Na área 1, a presença desse parênquima é da ordem de 19%; na área 2 é de 13,6%, e na área 3 é de 9%.

**Raios** - Homogêneos, 1-2 seriados nas três áreas, extremamente baixos, variando entre 85 e

TABELA 3. Madeira do tronco de *P. pubescens*.

Vasos	Área 1			Área 2			Área 3		
	x	DP	CV	x	DP	CV	x	DP	CV
Diâmetro	68	40	6,3	83	48	7,0	99	54	7,3
Quantidade	12,4	2,0	1,3	7,7	1,45	1,02	5,7	2,4	1,5
Fração parede (%)	14,8	-	-	15,3	-	-	9,3	-	-
Área ocupada por vasos (%)	12,5			18,2	-	-	17,3	-	-
<b>Raios</b>									
Altura (um)									
1-seriados	202	63,5	10,6	196,74	10,0	3,0	182	103	10,0
2-seriados	202	63,5	10,6	218,5	12,5	3,5	198	8,4	2,0
Largura (um)									
1-seriados	15,6	8,7	2,9	12,6	6,5	2,5	14,5	7,8	2,7
2-seriados	15,6	8,7	2,9	28,29	15,7	4,0	11,1	1,45	1,20
Quantidade (mm linear)									
1-seriados	7,1	1,6	1,25	3,0	1,34	1,12	4,8	1,41	1,18
2-seriados	7,1	1,6	1,25	4,4	1,48	1,21	2,0	1,0	1,0
Área ocupada por raios (%)	12,5			13,7	-	-	8,9	-	-
<b>Fibras</b>									
Diâmetro total (um)	14,0			12,19			13,34		
Comprimento (um)	960	130,8	13,6	1020	148	14,5	1080	160,1	14,8
Espessura da parede (um)	5,29			5,06			5,98		
Largura (um)	16	2,6	1,6	15,6	2,8	1,8	16	2,6	1,6
Fração parede (%)	72,46	-	-	82,96	-	-	89,65	-	-
Quantidade (%)	37,5	-	-	54,5	-	-	56,5	-	-
Diâmetro do lume (um)	3,8	-	-	2,3	-	-	1,3	-	-
Densidade básica (kg/m <sup>3</sup> )	750	-	-	1.009	-	-	1.116	-	-
Parênquima axial (%)	37,5	-	-	13,6	-	-	17,3	-	-

230 micrômetros de altura, extremamente finos nas três áreas. Os 1-seriados variam entre 20 e 34 micrômetros de largura; os 2-seriados são também finos nas três áreas, porém, variam de 16 a 30 micrômetros de largura; os 1-seriados são pouco numerosos nas áreas 1 e 2, entre 3 e 9; os raios 2-seriados são poucos na área 1, e muito poucos nas áreas 2 e 3 (Tabela 1). Fração parede das células radiais 22,22% na área 1, na área 2 foi de 23,73%, e na área 3 foi da ordem de 30,77%.

**Fibras** - Abundantes, curtas nas três áreas, variando entre 940 e 1.130 micrômetros de comprimento, de parede espessa.

A densidade básica média da madeira do tronco de *P. polygalaeiflorus* foi de 929 kg/m<sup>3</sup> de madeira seca, enquanto a densidade média da madeira da raiz foi de 865 kg/m<sup>3</sup>.

ANATOMIA DA MADEIRA DA RAIZ DE *PTERODON POLYGALAEIFLORUS* (FIG. 5-7).

**Vasos** - Solitários (56%), múltiplos radiais de até 5 elementos (38%), geminados (6%), distribuição difusa, diâmetro tangencial pequeno na área 1, variando entre 69 e 115 micrômetros; na área 2, os elementos vasos são de diâmetro pequeno, de 73 a 131 micrômetros; na área 3, os vasos são de diâmetro tangencial considerado igualmente pequeno, com intervalo de variação entre 66 e 117 micrômetros. Quanto ao número de vasos por mm<sup>2</sup>, a diferença é muito pequena entre as áreas, de 6 a 10 na área 1, entre 4 e 7 na área 2, e de 6 a 12 na área 3; fração parede dos vasos: 11% na área 1, 11,5% na área 2 e 12% na área 3. Elementos de vasos com placas de perfuração simples, total e

TABELA 4. Madeira da raiz de *P. pubescens*.

Vasos	Área 1			Área 2			Área 3		
	x	DP	CV	x	DP	CV	x	DP	CV
Diâmetro	98	16,5	4	112	10,5	3,4	103	17,6	4,2
Quantidade	12,2	2,8	1,6	7,4	1,2	1,09	6,9	1,3	1,4
Fração parede (%)	10,35	-	-	17,24	-	-	21,15	-	-
<b>Raios</b>									
Altura (um)									
1-seriados	164	28,5	5,1	189	24	4,9	187	24,7	4,5
2-seriados	176	13,2	3,6	204	28,1	5,0	193	23,5	4,5
Largura (um)									
1-seriados	17	3,2	1,8	16	2,6	1,3	17	3,4	1,6
2-seriados	22	1,12	1,06	26	1,8	1,2	24	1,3	1,14
Quantidade (mm linear)									
1-seriados	7,5	1,2	1,12	8,4	0,4	0,6	9	2,6	1,7
2-seriados	0,83	0,49	0,7	1,0	0,6	0,7	0,5	0,3	0,6
<b>Fibras</b>									
Diâmetro total (um)	15			13,8			13,8		
Comprimento (um)	1.239	74,4	8,5	1.223	68,2	8,2	1.186	109,5	10,4
Espessura da parede (um)	5,06			5,29			5,75		
Largura (um)	18	1,7	1,32	21	1,48	1,21	18	3,1	1,7
Fração parede (%)	67,46			72,66	-	-	83,33	-	-
Diâmetro do lume (um)	4,88	-	-	3,22	-	-	2,30		
Densidade básica (kg/m <sup>3</sup> )	811	-	-	987	-	-	1.071		

terminal, curtos nas três áreas, 321 micrômetros de comprimento médio na área 1, variando entre 260 e 350; na área 2, a média foi de 309 micrômetros de comprimento, com intervalo de 290 a 350, e na área 3, a média foi de 306 micrômetros, variando entre 300 e 380 micrômetros de comprimento; a largura variou entre 100 e 150 micrômetros, sendo que na área 1 a média foi de 137, com intervalo de 110 a 160 micrômetros; na área 2, a variação foi de 100 a 160, e a média de 125 micrômetros, e na área 3, a média foi da ordem de 114 micrômetros e variação de 80 a 150 micrômetros. Pontuações intervasculares areoladas, não guarnecidas, alternas, com abertura exclusiva.

**Parênquima axial** - Paratraqueal, moderadamente abundante nas três áreas; nas áreas 1 e 2 as faixas são largas, longas ou curtas, ocorrendo também aliforme e vasicêntrico; na área 3, as faixas são estreitas e curtas, ou largas e curtas, às vezes vasicêntrico, ocorrendo também apotraqueal repre-

sentado por células isoladas ou grupos de células de até três. Fração parede das células: 13,33% na área 1, na área 2, 18,4%, e 20% na área 3. Parênquima terminal ocorre em áreas muito pequenas (Fig. 5).

**Raios** - Homogêneos, 1-2 seriados nas três áreas. Na área 1, os raios 1-seriados são poucos por mm linear, entre 3 e 7 (Tabela 2); os raios 2-seriados são muito poucos (1 por mm linear). Quanto à altura, os raios são extremamente baixos nas três áreas, variando entre 92 e 183 micrômetros de altura. A largura dos raios 1-seriados variou de 9 a 25 micrômetros, e esses raios são considerados muito finos, enquanto que os raios 2-seriados são finos e seu intervalo de variação foi de 23 a 30 micrômetros em todas as áreas. Fração parede das células radiais, 20%, 24% e 28% nas áreas 1, 2 e 3, respectivamente.

**Fibras** - Curtas na área 1 e muito curtas nas áreas 2 e 3, variando entre 800 e 1.250 na área 1, de 720

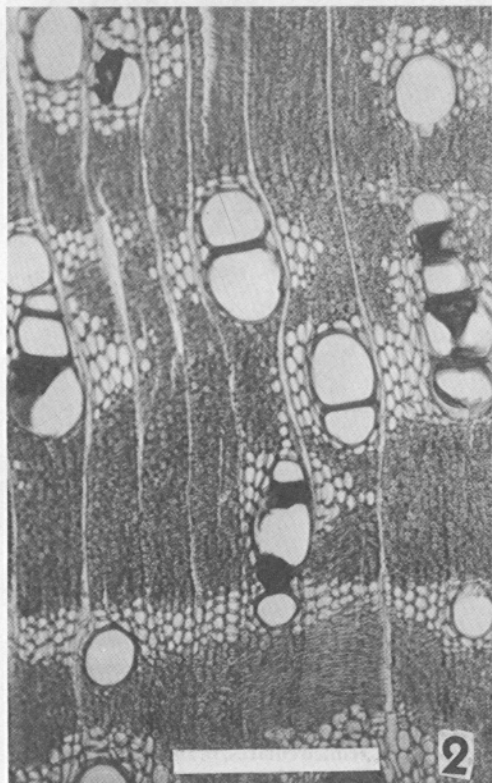


FIG. 2. *P. polygalaeiflorus* - corte transversal da madeira do tronco (área 1), onde se observam áreas de parênquima axial (partes brancas), fibras (partes negras), raios (fitas longas e claras) e vasos (partes brancas semicirculares e orbidas). Escala de 200 micrômetros.

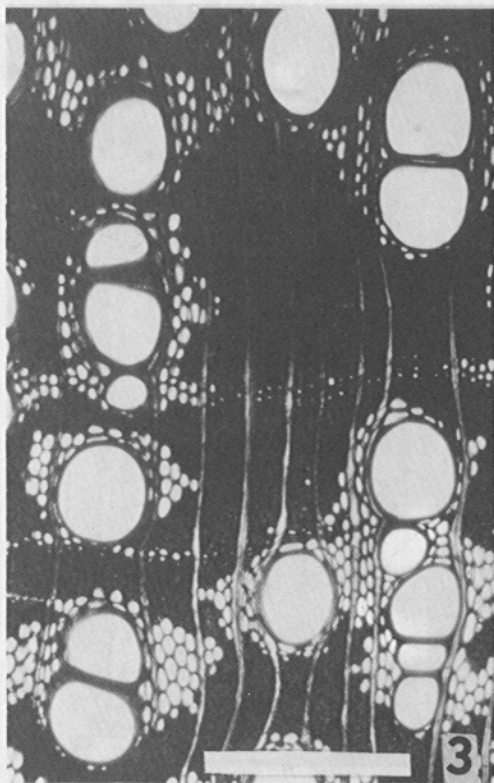


FIG. 3. *P. polygalaeiflorus* - corte transversal da madeira do tronco (área 3) onde se vêem fibras (partes negras), poros (áreas ovóides e semicirculares) e parênquima axial - conjunto de células circundando os poros. Escala de 200 micrômetros.

a 1.113 na área 2 e de 798 a 1.060 na área 3. Em todas as áreas as fibras são de paredes espessas, cuja fração parede foi da ordem de 70,77%, 83,83% e 86,95% nas áreas 1, 2 e 3, respectivamente.

ANATOMIA DA MADEIRA DO TRONCO DE *P. PUBESCENS* (FIG. 8-14).

**Vasos** - Nas três áreas, os vasos são sempre de distribuição difusa, e dentre eles ocorrem os que têm mucilagem no seu interior, solitários (57%), geminados (21%) e múltiplos radiais de até 7 elementos (12%). Diâmetro tangencial pequeno, sendo que, na área 1, varia entre 53 e 87 micrômetros; na

área 2, de 46 a 115, e na área 3, entre 78 e 136. O diâmetro dos vasos também aumenta na direção centro-casca do tronco, enquanto a quantidade de vasos por  $\text{mm}^2$  diminui nessa mesma direção (Tabela 1). Os vasos são numerosos na área 1, variando entre 10 e 15 por  $\text{mm}^2$ ; na área 2, pouco numerosos, de 6 a 10 vasos por  $\text{mm}^2$ , e na área 3, poucos, entre 5 e 9. Fração parede dos vasos, 14,8%, 15,3% e 9,3%, respectivamente área 1, área 2 e área 3. Os elementos de vasos apresentam placa de perfuração simples, terminal e total nas três áreas; o comprimento desses elementos também aumenta na direção centro-casca: na área 1, a média foi de

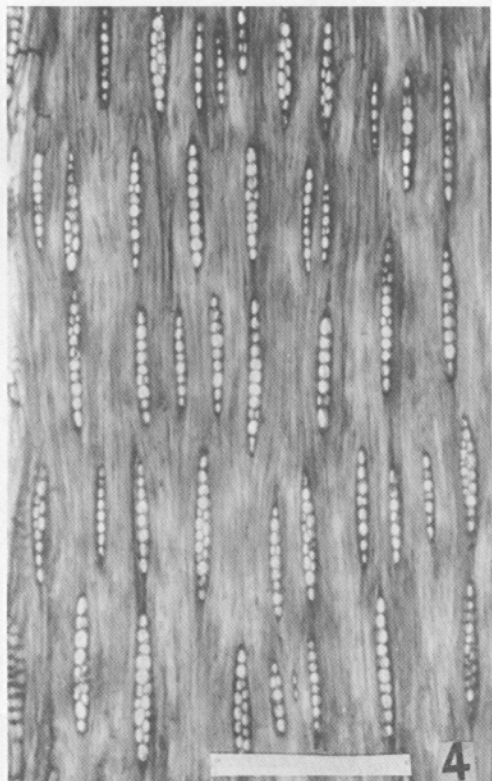


FIG. 4. *P. polygalaeiflorus* - corte tangencial da madeira do tronco (área 3), mostrando raios 1 e 2 seriados (faixas claras) e fibras (partes estriadas). Escala de 200 micrômetros.

263 micrômetros, variando entre 240 e 300; na área 2, de 270 a 310 (média 287 micrômetros), e na área 3, a média foi da ordem de 306 micrômetros, variando entre 270 e 350; em todas as áreas, os elementos de vasos são considerados muito curtos, e a largura também aumenta na direção centro-casca, cuja média foi da ordem de 13,30, 15,0 e 15,50 micrômetros, respectivamente área 1, área 2 e área 3; pontuações intervasculares alternas, areoladas e guarnecidas, com abertura inclusa (Fig. 10).

**Parênquima axial** - Frequente nas três áreas, sempre paratraqueal, unilateral adaxial, vasicêntrico, ou em faixas curtas diagonais ou tangenciais; fração parede das células, 24%.

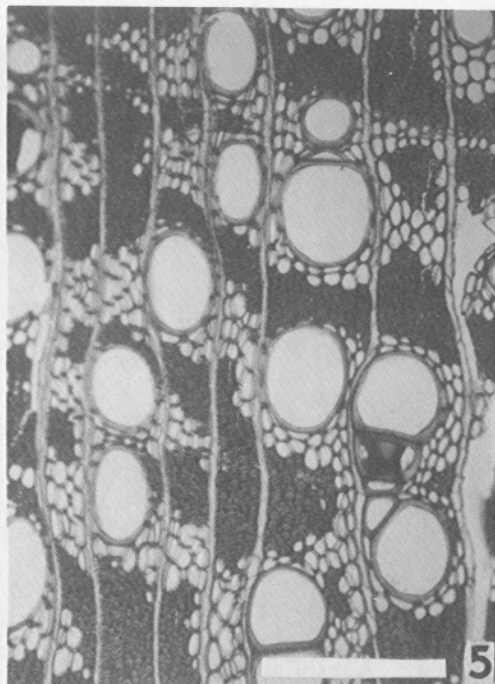


FIG. 5. *P. polygalaeiflorus* - corte transversal da madeira da raiz (área 1) onde se vêem vasos (áreas semicirculares, brancas), parênquima axial (partes brancas), fibras (áreas negras) e raios (linhas claras). Escala de 200 micrômetros.

**Raios** - Homôgeneos (Fig. 14), constituídos de células horizontais e 1-2 seriados nas três áreas. Quanto à largura, a variação foi muito pequena entre as três áreas, e são extremamente finos (Tabela 1). No que concerne à altura, os raios são extremamente baixos, e suas diferenças entre as áreas são pequenas, sendo os da área 3 os mais baixos, e a variação foi de 161 a 230 micrômetros. A fração parede das células radiais apresentou os seguintes valores: área 1, 28,88%; área 2, 33,45%, e área 3, 33,33%.

**Fibras** - Moderadamente abundantes, com paredes espessas nas três áreas; muito curtas na área 1, variando entre 750 e 1.150 micrômetros; curtas nas áreas 2 e 3, de 880 a 1.200 na área 2, e entre 990 e 1.330 micrômetros na área 3; a fração parede das fibras aumentou consideravelmente na direção centro-alburno (Tabela 1).



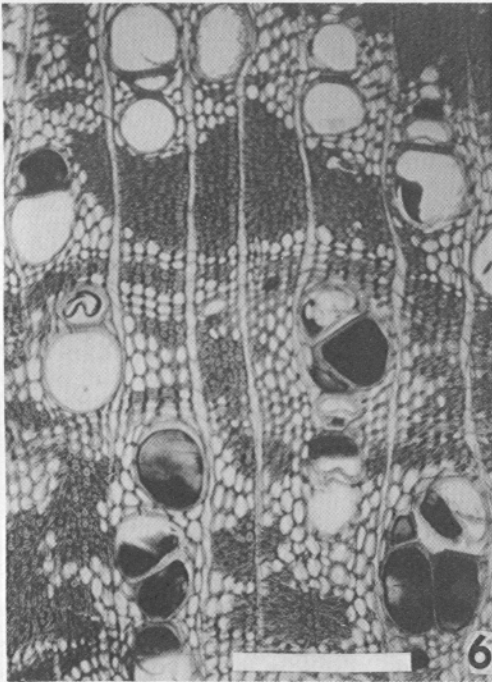


FIG. 6. *P. polygalaeflorus* - corte transversal da madeira da raiz (área 3), mostrando parênquima axial (partes brancas), fibras (partes negras), vasos (partes ovóides e semicirculares, inclusive com conteúdo negro) e raios (faixas estreitas claras). Escala de 200 micrômetros.

A densidade média da madeira do tronco de *Pterodon pubescens* foi da ordem de  $958 \text{ kg/m}^3$  de madeira seca, enquanto a densidade média da madeira da raiz foi de  $956 \text{ kg/m}^3$  (Tabelas 1 e 2).

Gonzalez *et al.* (1985) registram para *P. pubescens* os seguintes valores relativos às fibras da madeira do tronco: 1,06 mm de comprimento médio, fração parede 81,67%, e 6,93 micrômetros na espessura da parede.

ANATOMIA DA MADEIRA DA RAIZ DE *P. PUBESCENS* (FIG. 15-18).

**Vasos** - Na área 1, os vasos são de distribuição difusa, solitários (58%), geminados (28%) e múltiplos (14%), diâmetro tangencial pequeno, variando entre 69 e 126 micrômetros, fração parede 10,35%,

numerosos, entre 6 e 15 vasos por  $\text{mm}^2$ . Elementos de vasos com placa de perfuração simples, total e terminal, muito curtos, 294 micrômetros de com-

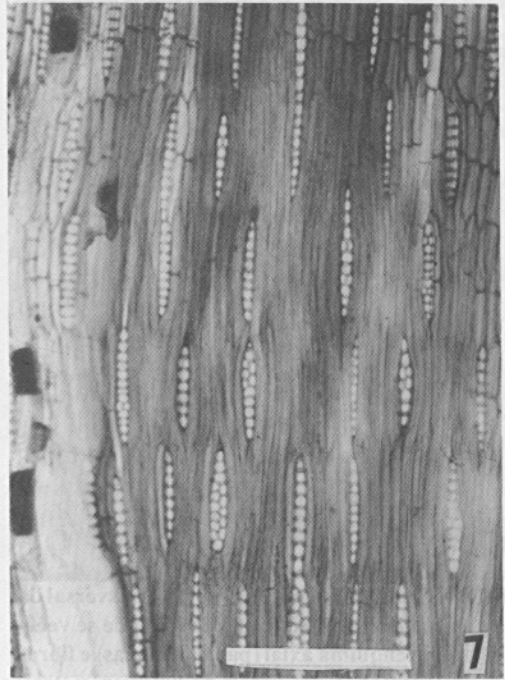


FIG. 7. *P. polygalaeflorus* - corte tangencial da madeira da raiz (área 1) onde se vêem fibras (partes estriadas), e raios 1-2 seriados (faixas claras). Escala de 200 micrômetros.

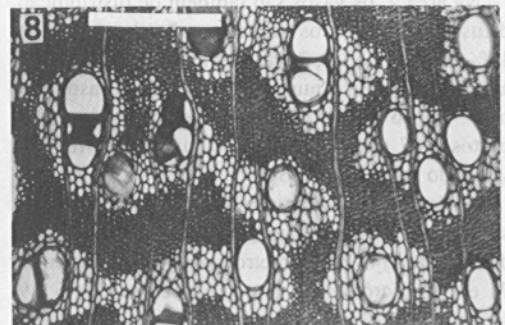
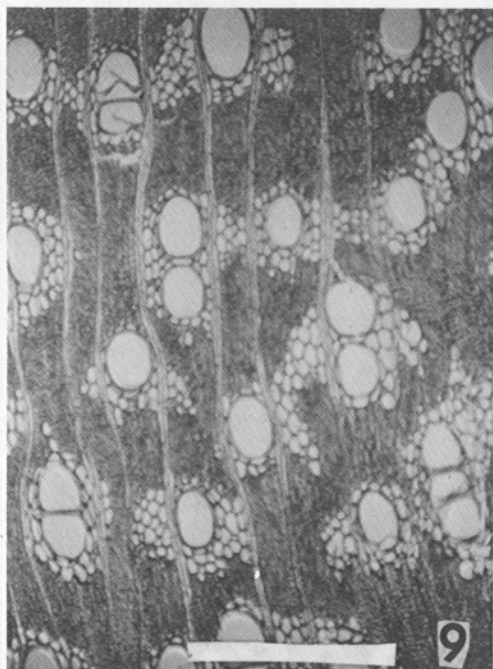


FIG. 8. *Pterodon pubescens* - corte transversal da madeira do tronco (área 1), mostrando parênquima axial (partes brancas) e fibras (partes negras). Escala de 200 micrômetros.

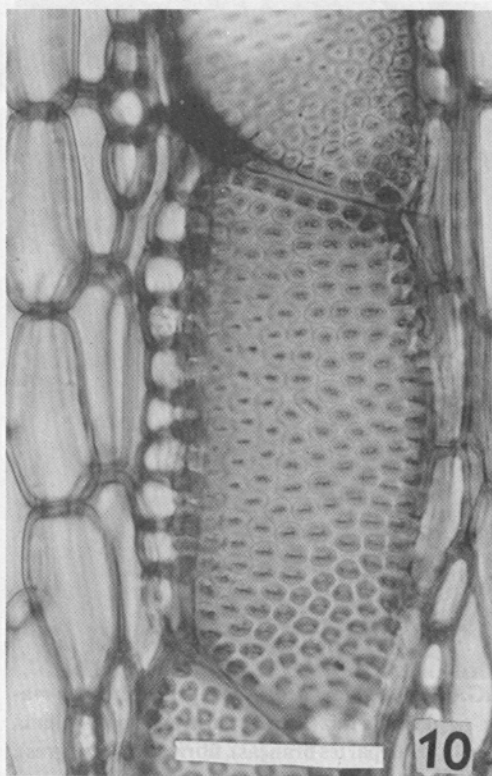


**FIG. 9.** *Pterodon pubescens* - corte transversal da madeira do tronco (área 3), onde se vêem parênquima axial (partes brancas) e fibras (partes negras). Escala de 200 micrômetros.

primento médio, variando entre 210 e 350, cuja largura média foi de 177 micrômetros, com intervalos de 120 a 210 micrômetros.

Na área 2, os vasos são também de distribuição difusa, sendo que os solitários são da ordem de 16%, os geminados, 30%, e os múltiplos radiais de até 5, 50%, pouco numerosos, de 6 a 9 vasos por  $\text{mm}^2$ , fração parede, 17,29%. Elementos de vasos curtos, 307 micrômetros de comprimento médio, variando entre 270 e 330.

Na área 3, os vasos são de distribuição difusa, solitários (19%), geminados (33%) e os múltiplos radiais de até 5 (48%), diâmetro tangencial médio entre 71 e 131 micrômetros, pouco numerosos, de 6 a 9 vasos por  $\text{mm}^2$ , fração parede dos vasos 21,14%. Elementos de vasos muito curtos, 299 micrômetros de comprimento médio, variando entre 260 e 330, largura média de 176 micrômetros, com intervalo de 100 a 180 micrômetros. Nas três áreas, as placas de



**FIG. 10.** *Pterodon pubescens* - corte tangencial da madeira do tronco (área 2), mostrando elementos de vasos com pontuações intervasculares, guarnecidas. Escala de 200 micrômetros.

perforação são simples, completas e terminais; as pontuações intervasculares são areoladas, alternas e guarnecidas, com abertura excluída.

**Parênquima axial** - Muito na área 1, paratraqueal vasicêntrico, unilateral abaxial ou em faixas estreitas ou largas e curtas, diagonais ou tangenciais, fração parede das células 13,33%. Na área 2, o parênquima é menos denso (frequente), paratraqueal do tipo unilateral abaxial, ou em faixas curtas, largas ou estreitas, tangenciais; fração parede das células, 18,4%. Na área 3, esse parênquima é paratraqueal, frequente, vasicêntrico e unilateral abaxial, fração parede das células, 20%. Cristais rômnicos de oxalato de cálcio ocorrem em células do parênquima axial (Fig. 18).



FIG. 11. *Pterodon pubescens* - corte tangencial do tronco (área 1), onde se veem raios 1 e 2 seriados (fitas brancas), partes de vasos (faixas claras) e fibras (partes estriadas). Escala de 200 micrômetros.

**Raios** - Homogêneos, 1-2 seriados e extremamente baixos nas três áreas. Na área 1, a altura dos raios 1-seriados variou entre 142 e 221 micrômetros; na área 2, de 161 a 225, e na área 3, entre 147 e 213 micrômetros de altura. Os 2-seriados da área 1 se situam entre 100 e 207 micrômetros de altura, na área 2 são a partir de 171 a 230, e na área 3, entre 158 e 228 micrômetros. Quanto à largura, na área 1 os raios 1-seriados são muito finos, com variação entre 11 e 20 micrômetros. Na área 2, a largura dos raios 1-seriados foi de 11 a 16, e na área 3 variou entre 11 e 26, enquanto os 2-seriados, na área 1, se situaram entre 20 e 22 micrômetros; na área 2, a partir de 14 a 25 micrômetros de largura, e na área 3, entre 19 e 29

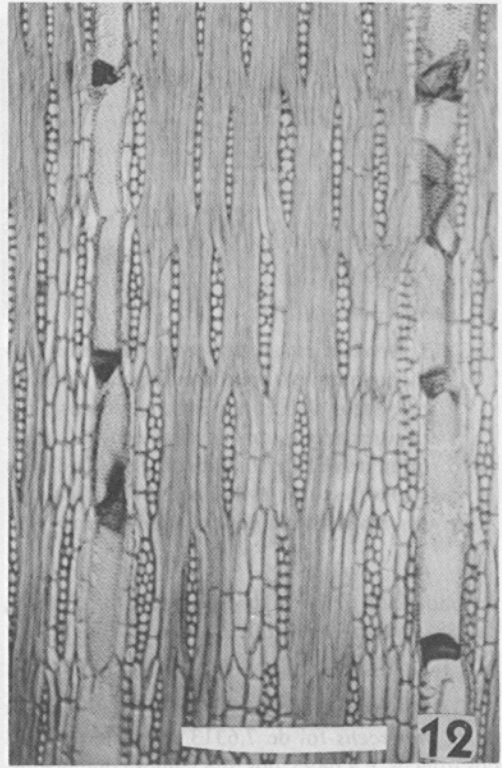


FIG. 12. *Pterodon pubescens* - corte tangencial da madeira do tronco (área 3), mostrando raios 1 e 2 seriados (faixas claras), 2 segmentos de vasos (faixas claras) e fibras (partes estriadas). Escala de 200 micrômetros.

micrômetros de largura. A quantidade de raios 1-seriados por mm linear, na área 1, foi de 6 a 9 (pouco numerosos); na área 2, de 8 a 9 (numerosos), e na área 3, entre 7 e 12 (muito numerosos), e os 2-seriados são muito poucos nas três áreas, até 9 por mm linear. A fração parede das células radiais foi de 18,4% na área 1, e nas 2 e 3 foi de 28,88%.

**Fibras** - Moderadamente abundantes e curtas nas três áreas, sendo que na área 1, a variação foi entre 1.070 e 1.520 micrômetros de comprimento; na área 2, de 1.120 a 1.350 e na área 3, o intervalo de variação foi entre 1.080 e 1.310; parede espessa nas três áreas. A fração parede aumenta do centro em direção ao albúrnio; na área 1, foi de 66,66%; na área 2, de 76,66%, e na área 3, foi de 83,33%. A

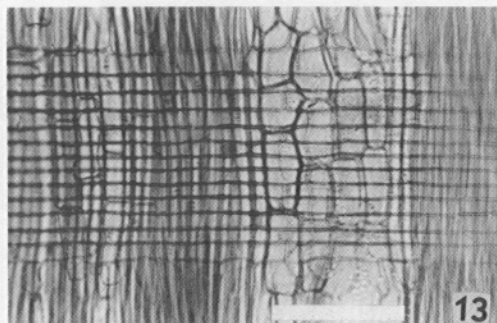


FIG. 13. *Pterodon pubescens* - corte radial da madeira do tronco (área 3), mostrando raios homogêneos (faixas horizontais escuras, perpendiculares e uma faixa parda de parênquima axial de tonalidade clara) e fibras (partes escuras estriadas) perpendiculares aos raios. Escala de 200 micrômetros.

quantidade de fibras foi da ordem de 47% na área 1, de 48% na área 2, e de 50% na área 3 (Tabela 4).

#### Dendrometria

O volume da madeira dos 20 espécimes arbóreos de *P. pubescens* foi de 7,6313 m<sup>3</sup>, sendo 2,9418 dos troncos, e 4,6895, dos 368 galhos computados. O rendimento, em termos de toneladas, foi da ordem de 7,311 de madeira seca, sendo 2,818 ton provenientes dos troncos, e 4,493 ton, dos galhos.

As 20 árvores de *P. polygalaeiflorus* apresentaram volume da ordem de 9,3866 m<sup>3</sup>, sendo 3,7568 dos troncos, e 5,6298, dos 393 galhos. O rendimento de madeira seca foi de 8,720 toneladas, sendo 3,490 ton provenientes dos troncos, e 5,230 ton, dos galhos.

O fator de forma (média) dos troncos das duas espécies foi muito alto, 0,952 e 0,9159, respectivamente, *P. polygalaeiflorus* e *P. pubescens*. A baixa altura dos troncos, até 2,30 m de altura, foi o fator que determinou o elevado índice desse parâmetro dendrométrico, pois quanto mais próximo de 1, menor será o grau de conicidade.

A área basal é um parâmetro que orienta a formação de plano de enriquecimento, tendo em vista a revelação da área ocupada por cada indivíduo. A

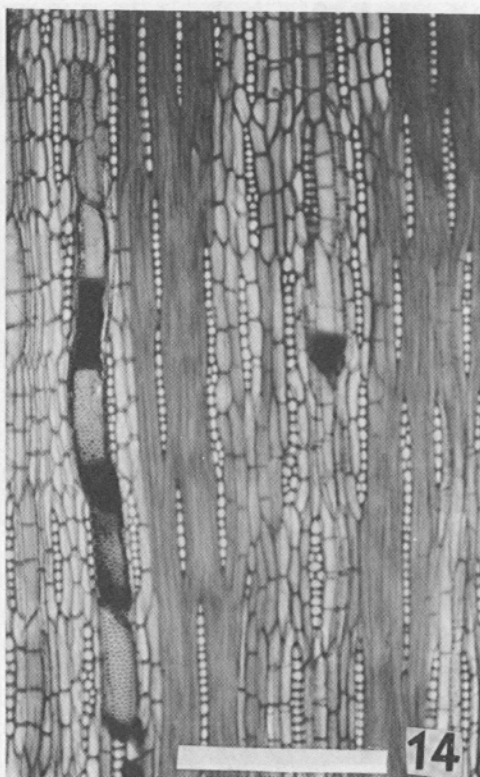


FIG. 14. *Pterodon pubescens* - corte tangencial da madeira do tronco (área 1) onde se veem um segmento de vasos (faixas escuras), raios 1 e 2 seriados (fitas claras) e fibras (partes estriadas escuras). Escala de 200 micrômetros.

área basal média de *P. polygalaeiflorus* foi de 0,0728 m<sup>2</sup>, e a de *P. pubescens*, de 0,0632 m<sup>2</sup>.

Os troncos dos dois (taxa) estudados são muito baixos (média 2,05 m de altura), cujo diâmetro (DAP) variou de 17 a 40 cm (média 27,8 cm) em *P. pubescens*, e entre 17,50 a 43 (média 29,95 cm de DAP, cuja altura média foi de 1,82 cm) em *P. polygalaeiflorus*. Apesar de terem sido programadas as medições a partir de 15 cm, não se constatou nenhuma árvore com esse valor. Isso permitiu o desenvolvimento de vários galhos grossos e longos. Quanto a *P. pubescens*, a média

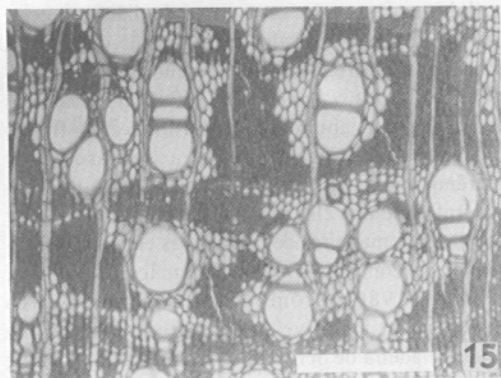


FIG. 15. *Pterodon pubescens* - corte transversal da madeira da raiz (área 1), mostrando vasos, fibras (áreas negras) e parênquima axial (partes brancas). Escala de 200 micrômetros.

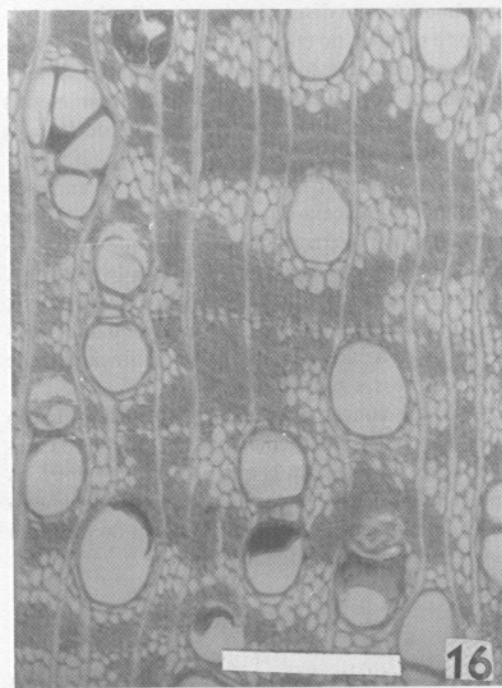


FIG. 16. *Pterodon pubescens* - corte transversal da madeira da raiz (área 3), onde se vêem vasos, fibras (partes escuras), raios (fai-xas estreitas escuras) e parênquima axial (partes claras). Escala de 200 micrômetros.

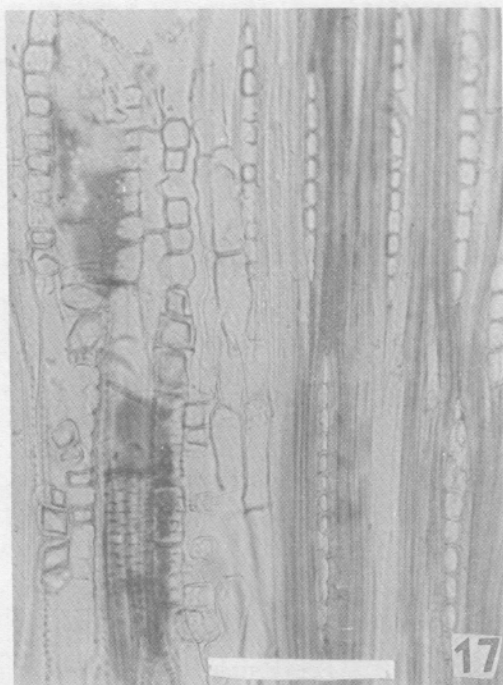
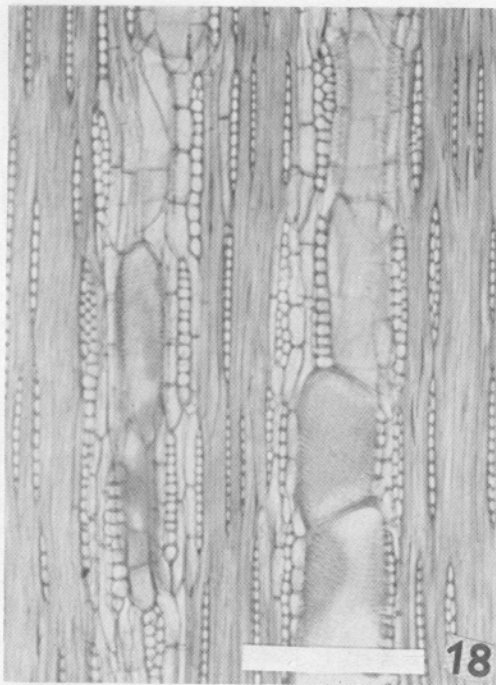


FIG. 17. *Pterodon pubescens* - corte tangencial da madeira da raiz (área 2), mostrando cristais rômnicos de oxalato. Escala de 200 micrômetros.

foi de 18,4 galhos e *P. polygalaeiflorus*, de 19,6 galhos, por indivíduo. O DAP médio e a altura do tronco acima referidos não permitem o seu uso na construção civil, nem para produção de dormentes, nem para móveis e portais, por estarem abaixo do valor mínimo ideal, além de os troncos serem tortuosos. O rendimento de madeira proveniente dos galhos foi superior ao do tronco. Além disso, o rendimento da madeira dos troncos, revelou-se muito abaixo, o que inviabiliza o seu uso em serrarias, enquanto a produção total (troncos e galhos) indica o seu aproveitamento na produção de energia-carvão, por exemplo.

Dá a razão pela qual a copa apresentou maior rendimento de madeira em relação aos troncos, o qual consubstancia alta produção de biomassa, cuja média dos 20 indivíduos foi de 0,365 ton para *P. pubescens* e 0,436 ton para *P. polygalaeiflorus*.



**FIG. 18.** *Pterodon pubescens* - corte radial da madeira do tronco (área 3), mostrando raios homogêneos (faixas horizontais escuras, perpendiculares e uma faixa larga de parênquima axial de tonalidade clara) e fibras (partes escuras estriadas) perpendiculares aos raios. Escala de 200 micrômetros.

*Mimosa artemisiana* Heringer & Paula (monjoleiro), com 24 anos de idade, plantada em solo de cerrado, apresentou rendimento médio por indivíduo da ordem de 0,566 ton e *Eucalyptus grandis*, com 24 anos e cultivado nas mesmas condições, apresentou produção média de 0,4974 ton (Paula, 1993).

A parede é, basicamente, constituída de celulose, lignina e hemiceluloses; portanto, quanto mais espessa for a parede, maior será a quantidade dessas três substâncias geradoras de energia. As células parenquimatosas e dos vasos sempre apresentam fração parede baixa, e, portanto, madeiras ricas em

células parenquimatosas e vasos de diâmetro grande não devem ser usados para geração de energia, dado o baixo rendimento de celulose, hemiceluloses e lignina. *P. pubescens* e *P. polygalaeiflorus* apresentaram abundância de fibras com fração parede alta, baixa frequência de vasos e de parênquima axial e radial (Tabelas 1 e 3), no tronco, refletindo na elevação da densidade básica. Por se tratar de madeiras de densidades elevadas, é provável que contenham maior percentagem de lignina. Paula (1980), com base em parâmetros anatômicos, inclusive fração parede, depreendeu que a madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vog é de boa qualidade para geração de energia, e Tomaselli et al. (1983) analisaram o carvão dessa espécie e concluíram que a madeira é boa para geração de energia, confirmando, assim, as conclusões do autor acima mencionado. Portanto, os parâmetros aqui determinados e analisados são válidos e seguros, no que concerne à indicação de madeiras para produção de energia. Por outro lado, Silva Junior et al. (1983) determinaram parâmetros anatômicos da madeira de três espécies de *Hirtella* com vistas à geração de energia, e em seguida analisaram o carvão; os resultados das análises anatômicas indicaram tratar-se de madeira de boa qualidade para geração de energia, o que foi confirmado pelos testes do poder calorífico do carvão. A parede é constituída basicamente de celulose, lignina e hemiceluloses; portanto, quanto mais espessa for a parede, mais alta será a fração parede e o teor dessas substâncias.

No que concerne às técnicas de determinação dos percentuais dos elementos constituintes da madeira, ressalta-se, aqui, que a diferença entre os percentuais determinados com o uso de planímetro e os determinados através da pesagem do papel foi insignificante, quase igual.

## CONCLUSÕES

1 - A madeira aumenta a densidade básica na medida que se torna mais velha, posto que, as partes mais internas do tronco foram formadas quando a árvore era mais jovem.

2 - A madeira do tronco e dos galhos das duas espécies pode ser usada para geração de energia, e

a madeira do tronco serve também para produção de tacos e mourões.

3 - A estrutura anatômica e a densidade básica da madeira da raiz de *P. pubescens* e *P. polygalaeiflorus* são semelhantes às da madeira do tronco.

### REFERÊNCIAS

- COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição microscópica**. Colombia, 1974. 19p.
- ESPAÑA, J.R. **Cubagem de árvores, lenhas e madeiras**. 5. ed., Porto: Ed. L.C.E., 1977. 99p.
- FOELKEL, C.E., BARRICHELO, L.E.G. **Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus* spp, para produção de celulose e sulfato**. Piracicaba: IPEA, 1975. p. 17-37. (IPEA. Boletim Técnico, 20).
- GONZALEZ, J.C.; BEZERRA, M.H.D.; LIMA, M.F. Contribuições para a caracterização anatômica e química das madeiras de *Pterodon pubescens* Benth. e *Vochysia thyrsoidea* Pohl. **Revista Florestal**, Viçosa, v. 15, n. 1/2, p. 43-48, 1985.
- IAWA BULLETIN. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n.3, p. 221-359, 1989.
- PAULA, J.E. Madeiras da caatinga úteis para produção de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.2, p. 153-165, 1993.
- PAULA, J.E. Madeiras que produzem álcool, coque e carvão. **Atualidades**, Brasília, v. 72, p. 31-45, 1980.
- SALGIYA, S.C. Seasonal variation in the anatomical characteristics of Bakain wood (*Melia Azedrachi* Linn) and its suitability for pulp making. **Indian Pulp and Paper**, February-March, p. 85-89, 1972.
- SILVA, J.A. **Biometria e estatística florestal**. Rio Grande do Sul: Univ. Santa Maria, 1975. 286 p.
- SILVA JUNIOR, F.G; GOMES, J.M.B.; PAULA, J.E. Caracterização anatômica e tecnológica da madeira de *Hirtella grandulosa* Spreng., *H. gracilipes* (Hook F.) Prance e *H. martiana* Hook, ocorrentes na região Centro-Oeste, visando à produção de carvão. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, Curitiba, 1, **Anais**: Curitiba: [s.n], 1993. v. 2, p. 600-602.
- TOMASELLI, J., MARQUES, L.C.T., PEREIRA, J.C.D; CARPANEZZI, A.A. Caracterização da madeira de taxi-branco-da-terra-firme *Sclerolobium paniculatum* Vogel para energia. **Boletim Pesquisa Florestal**, Curitiba, v. 6, n.7, p. 33-44, 1983.