

Figura 12 – Procedimentos realizados para a determinação da espessura e proporção de casca, teor de umidade e peso específico da madeira. A, B – localização (seta) e obtenção de novos corpos-de-prova a partir dos caules recém submetidos aos testes mecânicos; C, D – medição do diâmetro com e sem casca, respectivamente; E – pesagem do corpo-de-prova úmido; F – determinação do volume da madeira pelo método do empuxo; G – secagem em estufa; H – pesagem do corpo-de-prova seco (Fotos: Luciano Denardi).

### 3.4.3.1 Espessura e porcentagem de casca

Para a determinação da espessura de casca, mediu-se o diâmetro dos corpos-de-prova com e sem casca (Figura 12C,D). Os respectivos diâmetros foram definidos pela média resultante de 2 medições, tomadas em direções cruzadas. A espessura de casca foi determinada pela seguinte fórmula:

$$E_c = \frac{(d_{c/c} - d_{s/c})}{2}$$

em que:

$E_c$  = espessura de casca simples (cm)

$d_{c/c}$  = diâmetro com casca (cm)

$d_{s/c}$  = diâmetro sem casca (cm)

Para a determinação da porcentagem de casca, considerada apenas em relação a seção transversal do corpo-de-prova (caule), usou-se a seguinte fórmula:

$$P_c = \frac{(a_{c/c} - a_{s/c})}{a_{c/c}} \times 100$$

em que:

$P_c$  = porcentagem de casca (%)

$a_{c/c}$  = área da seção transversal com casca (cm<sup>2</sup>)

$a_{s/c}$  = área da seção transversal sem casca (cm<sup>2</sup>)

### 3.4.3.2 Peso específico aparente básico da madeira

Por questões de ordem prática, optou-se por determinar o peso específico aparente básico da madeira, incluindo-se, neste caso, a medula.

A partir dos corpos-de-prova confeccionados logo após os testes de flexão estática, ou seja, com teor de umidade seguramente acima do ponto de saturação das fibras, determinou-se o volume da madeira, utilizando-se o método do empuxo (Figura 12F).

Após a secagem completa dos corpos-de-prova em estufa, à temperatura de 103 °C, determinou-se o peso seco da madeira (Figura 12G,H).

Para a determinação do peso específico aparente básico, utilizou-se a fórmula mencionada pela COPANT (1971):

$$Pe_{básico} = \frac{P_0}{V_s}$$

em que:

$Pe_{básico}$  = peso específico aparente básico (g/cm<sup>3</sup>)

$P_0$  = peso seco da madeira (g)

$V_s$  = volume da madeira saturada (cm<sup>3</sup>)

#### 3.4.3.3 Teor de umidade da madeira

Logo após a medição do diâmetro com e sem casca (Figura 12C,D), os corpos-de-prova foram pesados para a obtenção do peso úmido (Figura 12E). Conforme já mencionado, os mesmos foram posteriormente secos em estufa e novamente pesados (Figura 12G,H).

Para a determinação do teor de umidade da madeira, no momento dos testes de flexão estática, utilizou-se a fórmula citada por Durlo (1991):

$$U = \frac{(P_U - P_0)}{P_0} \times 100$$

em que:

$U$  = teor de umidade (%)

$P_U$  = peso úmido da madeira (g)

$P_0$  = peso seco da madeira (g)

#### 3.4.3.4 Idade da madeira

A determinação da idade dos caules submetidos aos testes de flexão estática foi feita pela contagem dos anéis de crescimento. Para tanto, aproveitaram-se os mesmos corpos-de-prova usados na determinação das variáveis anteriormente referidas.

Para as quatro espécies em estudo, a visualização dos anéis de crescimento mostrou-se pouco nítida a olho nu, mesmo após secagem e lixamento da seção transversal dos corpos-de-prova. Após várias outras tentativas, tanto pela utilização de lupa de bolso como pela aplicação de corantes, desenvolveram-se dois métodos, que produziram bons resultados.

No primeiro destes, utilizado apenas para *Salix humboldtiana* e *Salix x rubens*, os corpos-de-prova foram amolecidos por fervura em água (aproximadamente 1 hora) e, com o auxílio de um estile (Figura 13A), extraíram-se 2 cortes histológicos da madeira, em direções opostas a partir da medula, que foram a seguir montados em lâminas provisórias (Figura 13B). Observando-se a madeira ao microscópio, pode-se contar perfeitamente o número de anéis de crescimento, desde a medula até o “câmbio vascular”. Neste caso, delimitação dos anéis foi possível, sobretudo, pela presença de poros nitidamente maiores no lenho inicial de cada uma destas espécies.

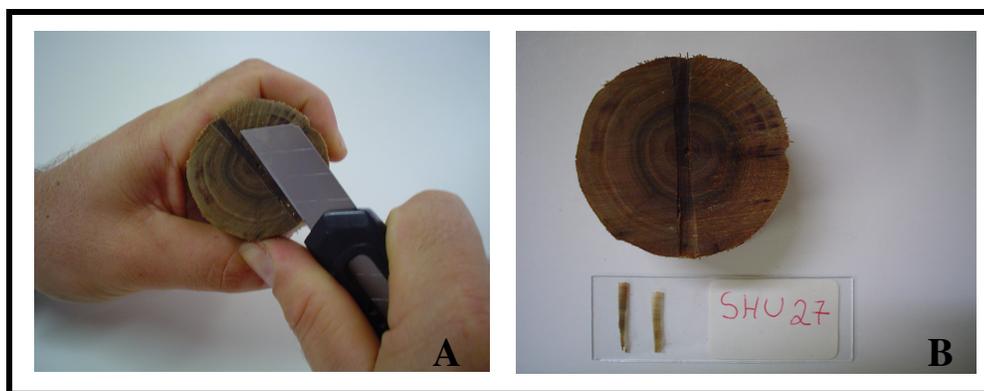


Figura 13 – Procedimento utilizado para a visualização dos anéis de crescimento de *Salix humboldtiana* e *Salix x rubens*: A – corte da madeira com estilete; B – montagem de lâmina provisória (Fotos: Luciano Denardi).

Aplicado às madeiras de *Phyllanthus sellowianus* e *Sebastiania schottiana*, o método acima descrito não teve sucesso. Comparadas a *S. humboldtiana* e *S. x rubens*, a madeira destas 2 espécies mostrou-se mais resistente ao corte, impedindo a retirada de lâminas inteiras; além disso, não foi possível distinguir os anéis de crescimento. Para contornar este problema, desenvolveu-se, então, um segundo método.

Após o amolecimento da madeira em água fervente, foram confeccionados 2 pequenos corpos-de-prova, em direções opostas a partir da medula (Figura 14A). Os mesmos foram seccionados em micrótomo de deslize, regulado para a espessura de 40  $\mu\text{m}$  (Figura 14B). Os cortes histológicos foram brevemente tingidos com solução de azul-de-astra e safranina

(Figura 14C) e montados em lâminas provisórias (Figura 14D). Observando-se estas lâminas no microscópio, foi possível contar o número de anéis de crescimento.

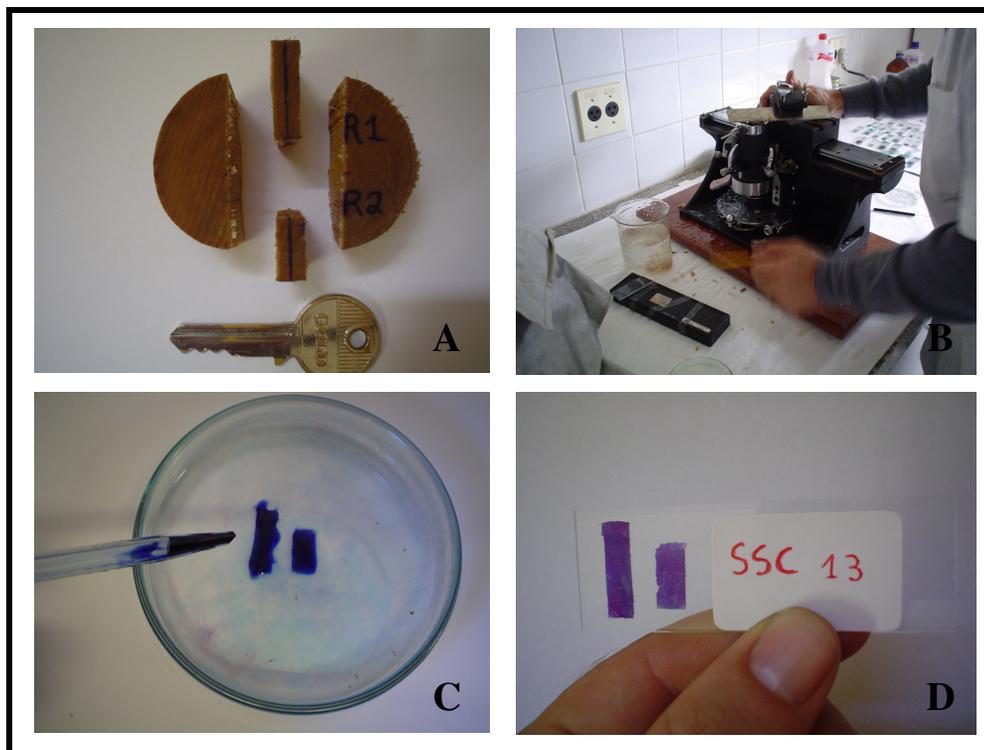


Figura 14 – Procedimento utilizado para a visualização dos anéis de crescimento de *Phyllanthus sellowianus* e *Sebastiania schottiana*: A, B – confecção de corpos-de-prova e seccionamento em micrótomo, respectivamente; C – coloração dos cortes; D – montagem de lâmina provisória (Fotos: Luciano Denardi).

Cabe destacar que, para ambos os métodos, a confecção de 2 cortes histológicos por caule, tomados em direções opostas, teve por finalidade proporcionar maior segurança na determinação da idade, uma vez que podem ocorrer anéis falsos ou descontínuos.

### 3.4.3 Análise estatística dos dados

Todos os dados referentes ao estudo da flexibilidade dos caules foram organizados e trabalhados estatisticamente, com o auxílio dos programas SPSS versão 12.0 e Excel.

Foi feita uma análise estatística descritiva, obtendo-se, para cada variável, os valores mínimos, médios e máximos, bem como o desvio padrão e o coeficiente de variação. Fez-se, ainda, uma análise estatística inferencial; com base em matriz de correlação de Pearson, obtida para cada espécie, confeccionou-se modelos matemáticos, relacionando as variáveis tidas como de maior interesse para o estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Anatomia da madeira

#### 4.1.1 Descrição microscópica

Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 são exibidos apenas os dados quantitativos do lenho de cada uma das espécies em estudo. A descrição das madeiras, propriamente dita, segue mais adiante.

Tabela 2 – Dados quantitativos do lenho de *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.

CARACTERES ANATÔMICOS	N	MÍN	X	MÁX	S	CV%
Fração de vasos (%)	6	14,0	15,0	19,0	2,0	13,3
Frequência de vasos (vasos/mm <sup>2</sup> )	10	100,0	178,7	275,0	59,5	33,3
Diâmetro do lume de vasos (µm)	40	12,7	29,0	56,9	8,6	29,7
Espessura da parede de vasos (µm)	40	2,2	3,5	4,9	0,6	17,1
Comprimento de elementos vasculares (µm)	25	260,0	432,8	640,0	100,6	23,2
Fração de raios (%)	6	13,0	19,2	24,0	3,9	20,3
Frequência de raios (raios/mm)	10	14,0	17,2	20,0	1,9	11,0
Altura de raios unisseriados (µm)	25	93,4	271,2	592,8	142,7	52,6
Largura de raios unisseriados (µm)	25	10,8	13,1	18,9	1,9	14,5
Altura de raios multisseriados (µm)	25	178,7	472,2	865,9	165,7	35,1
Largura de raios multisseriados (µm)	25	18,1	30,0	41,3	7,8	26,0
Fração de fibras (%)	6	59,0	65,8	73,0	5,2	7,9
Comprimento de fibras (µm)	25	430,0	701,6	950	146,2	20,8

N = número de observações; MÍN = valor mínimo; X = média; MÁX = valor máximo; S = desvio padrão; CV% = coeficiente de variação (S/X) x 100; µm= micrômetros.

Tabela 3 – Dados quantitativos do lenho de *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.) Müll. Arg.

CARACTERES ANATÔMICOS	N	MÍN	X	MÁX	S	CV%
Fração de vasos (%)	6	10,0	14,7	20,0	3,6	24,5
Frequência de vasos (vasos/mm <sup>2</sup> )	10	25,0	75,0	200,0	49,3	65,7
Diâmetro do lume de vasos (µm)	40	18,5	48,4	72,5	14,4	29,7
Espessura da parede de vasos (µm)	40	2,9	4,5	7,5	0,9	20,0
Comprimento de elementos vasculares (µm)	25	220,0	473,6	760,0	121,1	25,6
Fração de parênquima axial (%)	6	4,0	5,7	8,0	1,5	26,3
Fração de raios (%)	6	10,0	15,3	21,0	3,8	24,8
Frequência de raios (raios/mm)	10	10,0	17,0	22,0	3,3	19,4
Altura de raios unisseriados (µm)	25	101,3	246,2	499,3	96,3	39,1
Largura de raios unisseriados (µm)	25	6,9	11,7	16,7	2,2	18,8
Altura de raios multisseriados (µm)	25	233,9	455,3	801,6	145,2	31,9
Largura de raios multisseriados (µm)	25	15,7	22,2	27,5	3,5	15,7
Fração de fibras (%)	6	58,0	64,3	74,0	5,9	9,2
Comprimento de fibras (µm)	25	470,0	660,8	890,0	99,0	15,0

N = número de observações; MÍN = valor mínimo; X = média; MÁX = valor máximo; S = desvio padrão; CV% = coeficiente de variação (S/X) x 100; µm= micrômetros.

Tabela 4 – Dados quantitativos do lenho de *Salix humboldtiana* Willd.

CARACTERES ANATÔMICOS	N	MÍN	X	MÁX	S	CV <sub>%</sub>
Fração de vasos (%)	6	15,0	23,2	31,0	5,6	24,1
Frequência de vasos (vasos/mm <sup>2</sup> )	10	50,0	93,7	150,0	31,8	33,9
Diâmetro do lume de vasos (µm)	40	40,9	64,2	85,5	9,6	14,9
Espessura da parede de vasos (µm)	40	1,2	2,2	7,8	1,0	45,4
Comprimento de elementos vasculares (µm)	25	170,0	386,4	540,0	99,8	25,8
Fração de parênquima axial (%)	6	1,0	2,2	3,0	0,9	40,9
Fração de raios (%)	6	6,0	12,3	17,0	4,0	32,5
Frequência de raios (raios/mm)	10	14,0	16,3	19,0	1,7	10,4
Altura de raios unisseriados (µm)	25	74,7	219,5	426,7	80,5	36,7
Largura de raios unisseriados (µm)	25	8,4	12,6	15,7	1,9	15,1
Fração de fibras (%)	6	49,0	62,3	73,0	8,3	13,3
Comprimento de fibras (µm)	25	480,0	642,8	840,0	87,4	13,6

N = número de observações; MÍN = valor mínimo; X = média; MÁX = valor máximo; S = desvio padrão; CV<sub>%</sub> = coeficiente de variação (S/X) x 100; µm= micrômetros.

Tabela 5 – Dados quantitativos do lenho de *Salix x rubens* Shrank.

CARACTERES ANATÔMICOS	N	MÍN	X	MÁX	S	CV <sub>%</sub>
Fração de vasos (%)	6	23,0	30,3	36,0	5,6	18,5
Frequência de vasos (vasos/mm <sup>2</sup> )	10	50,0	87,5	125,0	30,0	34,3
Diâmetro do lume de vasos (µm)	40	34,1	56,7	81,8	10,4	18,3
Espessura da parede de vasos (µm)	40	1,5	2,8	4,1	0,7	25,0
Comprimento de elementos vasculares (µm)	25	250,0	382,8	490,0	66,1	17,3
Fração de parênquima axial (%)	6	1,0	1,2	2,0	0,4	33,3
Fração de raios (%)	6	8,0	10,2	14,0	2,1	20,6
Frequência de raios (raios/mm)	10	12,0	15,7	18,0	2,1	13,4
Altura de raios unisseriados (µm)	25	50,2	138,6	292,1	63,9	46,1
Largura de raios unisseriados (µm)	25	10,2	12,3	15,1	1,3	10,6
Fração de fibras (%)	6	54,0	58,3	65,0	4,6	7,9
Comprimento de fibras (µm)	25	480,0	782,8	1160,0	178,1	22,7

N = número de observações; MÍN = valor mínimo; X = média; MÁX = valor máximo; S = desvio padrão; CV<sub>%</sub> = coeficiente de variação (S/X) x 100; µm= micrômetros.