

## Anatomia do lenho de raiz de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade

Agnes Elisete Luchi<sup>1</sup>

Recebido: 29.04.2004; accito: 13.09.2004

**ABSTRACT** - (Wood anatomy of the root of *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) from soils with different moisture levels). The root wood of *Croton urucurana* individuals from flooded, humid, and dry soil areas was studied. In this work 22 quantitative wood anatomical features were analyzed, including vessel elements, fibres, axial parenchyma and rays. The characteristics average values for each soil type were statistically compared. Soil moisture data and water soil retention curve were also obtained to characterize the moisture levels of all areas. Nine anatomical features differ statistically at level of 5% of significance, for specimens of two different places, at least regarding soil moisture. Eight features were significantly different for specimens in dry and flooded soil conditions. The vessel frequency is larger in flooded conditions, and smaller in dry conditions. These results disagree from those in the literature, which reports larger vessels frequency in dry conditions. Key words: wood anatomy, root, flooded soil, *Croton urucurana*

**RESUMO** - (Anatomia do lenho de raiz de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade). O lenho da raiz de *Croton urucurana* foi anatomicamente analisado em indivíduos adultos desenvolvidos em áreas com solo alagado, úmido e seco. A estrutura foi analisada quantitativamente através de medições de 22 características, envolvendo os elementos de vasos, as fibras, os parênquimas axial e radial; o valor médio das características dos espécimes de cada tipo de solo foi comparado estatisticamente. Dados de umidade de solo foram utilizados de cada uma das três áreas, com diferentes condições de umidade, juntamente com a curva de retenção de água do solo para a caracterização do nível de umidade. Nove características distinguiram-se, ao nível de 5% de significância, nos espécimes de pelo menos duas localidades diferentes quanto à umidade de solo. De tais características, oito são significativamente diferentes entre os espécimes do solo das condições seca e alagada. A frequência de vasos tem médias maiores nos espécimes da condição alagada, e menores nos da seca. Esses dados discordam da literatura que relata maior frequência de vasos para as espécies de ambientes áridos.

Palavras-chave: anatomia de lenho, raiz, solo alagado, *Croton urucurana*

### Introdução

As áreas inundáveis, que ocupam aproximadamente 6% da superfície terrestre, representam um sistema seriamente ameaçado (Maltby & Turner 1983). Pouco se sabe sobre os mecanismos que possibilitam a sobrevivência de espécies vegetais em áreas naturalmente inundáveis, que reduzem a disponibilidade de oxigênio para a planta, o que pode interferir tanto no crescimento de raízes como da parte aérea.

O alagamento afeta as árvores em todos os estágios de desenvolvimento, indo da inibição da germinação da semente, do crescimento vegetativo e reprodutivo, da atividade cambial, do crescimento das raízes, até mudanças na morfologia do vegetal,

promovendo uma senescência precoce e a morte da árvore (Kozłowski 1984, 1997).

Em geral, as angiospermas são mais tolerantes ao alagamento do que as gimnospermas, e a especificidade da resposta depende da idade do vegetal, pois árvores mais velhas geralmente são mais tolerantes ao alagamento do que as plântulas ou as árvores jovens da mesma espécie (Kozłowski 1984). Esse talvez seja o motivo da totalidade dos trabalhos que enfocam as modificações causadas pelo alagamento ser realizada em plântulas das espécies lenhosas.

As interpretações dos trabalhos que abordam os mecanismos de sobrevivência de plantas nessas áreas enfocam as vias metabólicas (Crawford 1978), as alterações morfo-anatômicas (Armstrong 1979), ou

1. Instituto de Botânica, Seção de Anatomia e Morfologia, Caixa Postal 4005, 01061-970 São Paulo, SP, Brasil. aeluchi@globocom

ainda as adaptações morfológicas, anatômicas e metabólicas (Joly 1991).

Nos trabalhos que analisam a estrutura anatômica de raízes de plantas alagadas, as principais modificações morfológicas e anatômicas observadas foram o aumento dos espaços intercelulares, redução na espessura do cilindro central, aumento na espessura do córtex e a presença de aerênquima na casca de raízes adventícias de plântulas ou plantas jovens (Wenker *et al.* 1981, Hook 1984, Kozłowski 1984, Tsukahara & Kozłowski 1985, McNamara & Mitchell 1990, Kolb *et al.* 1998, Yamamoto *et al.* 1995a, 1995b). Não existem trabalhos que analisem o lenho de raízes dos indivíduos adultos de espécies que ocorrem nessas áreas.

*Croton urucurana* Baill. ocorre desde a Bahia e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul (Lorenzi 1992), além da Argentina, Paraguai e Bolívia (Smith *et al.* 1988). Como planta pioneira adaptada a terrenos muito úmidos e brejosos é indicada para plantios mistos em áreas ciliares degradadas, ocorrendo, também, em formações secundárias como capoeiras e capoeirões, formando populações homogêneas (Lorenzi 1992). Assad-Ludewigs *et al.* (1989) observaram que a espécie ocupa uma faixa marginal quase homogênea na praia do Rio Moji-Guaçu, ocorrendo também além do limite externo da mata ciliar.

Trabalho com o lenho do caule de indivíduos adultos de *Croton urucurana*, de áreas com diferentes níveis de umidade, trouxe resultados anatômicos inéditos, como o aumento da frequência de vasos, maior frequência de agrupamento de vasos e maior diâmetro das pontoações intervasculares para os espécimes do ambiente alagado (Luchi 2004).

Este estudo visou avaliar a estrutura anatômica do lenho de raiz de indivíduos adultos de *Croton urucurana* de solo alagado, úmido e seco e comparar estatisticamente os dados quantitativos obtidos através das características anatômicas observadas, possibilitando um maior conhecimento sobre as respostas anatômicas adaptativas dessas raízes.

### Material e métodos

O estudo foi desenvolvido em três áreas situadas na margem direita do Rio Moji-Guaçu, na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Município de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo (figura 1; mapa confeccionado por Francisco José do Nascimento Kronka e equipe da Seção de Manejo e Inventário Florestal do Instituto Florestal - não publicado - modificado). A área

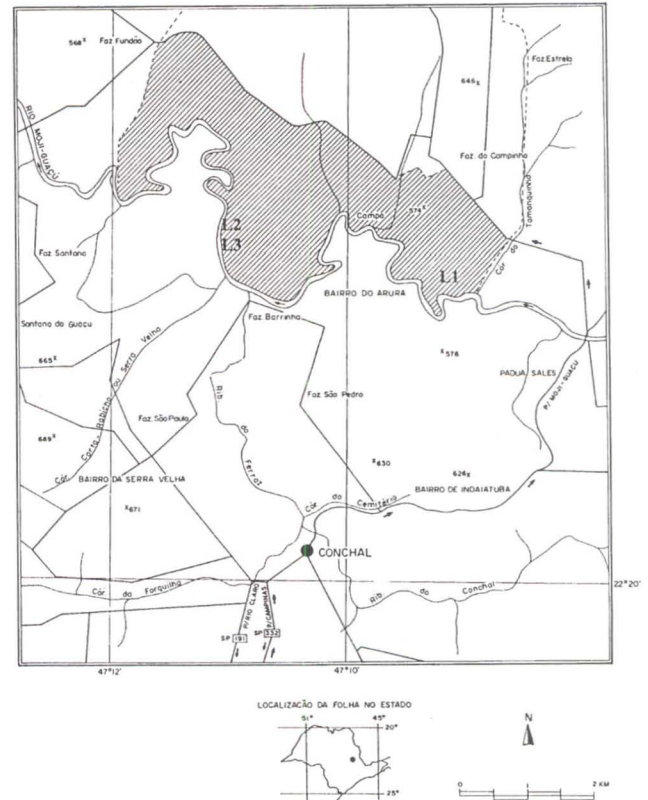


Figura 1. Localização das áreas de estudo, área alagada (L1), área úmida (L2) e área seca (L3), dentro da Estação Ecológica de Moji-Guaçu (área hachurada).

alagada (L1) localiza-se em terreno praticamente ao nível do rio, na Mata do Português (47°08'W-22°17'S), e por isso é constantemente inundada; as áreas úmida (L2) e seca (L3) localizam-se na Mata da Figueira (47°11'W-22°16'S), sendo que L2 em terreno baixio, úmido mas não alagado e L3 em terreno elevado a 2,20 m em relação ao nível do rio, portanto mais seca que L2, que será, aqui referida apenas como seca.

Para obtenção dos dados de umidade do solo à base de peso ( $\mu$ ), as amostras coletadas a cada duas semanas, de pontos padronizados, na profundidade de 0-10 cm, foram pesadas e colocadas em estufa à 105 °C por 48 horas e repesadas após estabelecida a temperatura ambiente. O resultado é aqui apresentado em porcentagem ( $\mu\%$ ) (Reichardt 1985). As curvas de retenção de água, para 0,33 atm (capacidade de campo) e 15 atm (ponto de murcha permanente), foram obtidas através do pré secamento de amostras, utilizando Câmara de pressão de Richards.

As amostras de lenho de raiz de dois indivíduos de cada uma das áreas (tabela 1) foram coletadas a profundidade de 0,30 m da superfície do solo. Essas

Tabela 1. Amostras de raízes de *Croton urucurana* Baill.

Área	SPw	Diâmetro (cm)
Seca	1848	4,25
	1849	4,75
Úmida	1845	4,75
	1846	5,00
Alagada	1850	4,75
	1851	4,00

amostras estão depositadas na Xiloteca do Herbário do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SPw) do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

De cada amostra de lenho foi retirado um corpo de prova da região mais interna da amostra, com cerca de 1,5 cm<sup>3</sup>. Eles foram amolecidos e seccionados em micrótomo de deslize para obtenção das secções histológicas, que foram preparadas de acordo com as técnicas usuais (Johansen 1940, Sass 1951, coradas com safranina ou verde rápido e montadas entre lâmina e lamínula com meio sintético).

A estrutura anatômica foi analisada quantitativamente através de medições feitas em vinte e duas características envolvendo os vasos, as fibras, o parênquima axial e o radial: Freqüência de vasos (Fv), Freqüência de vasos solitários (Fs), Freqüência de vasos geminados (Fg), Diâmetro de vasos (Dv), Comprimento de vasos (Cv), Diâmetro das pontoações intervasculares (Dpi), Diâmetro das pontoações radiovasculares (Dpr), Freqüência de raios (Fr), Altura dos raios em milímetro (Arm), Altura dos raios em número de células (Arc), Largura dos raios nas fibras, em micrometro (LrFm), Largura dos raios nas fibras, em número de células (LrFc), Largura dos raios no parênquima axial, em micrometro (LrPm), Largura dos raios no parênquima axial, em número de células (LrPc), Comprimento das fibras (Cf), Diâmetro das fibras (Df), Diâmetro do lume da fibra (Lf), Espessura da parede da fibra (Epf), Porcentagem de parênquima axial (Ppa), Porcentagem de vasos (Pv), Porcentagem de fibras (Pf), Porcentagem de raios (Pr).

Os dados foram analisados estatisticamente e submetidos à prova não paramétrica de Kruskal-Wallis, utilizando-se um nível de significância de 5% para os testes, com o objetivo de verificar se havia diferenças entre as médias das variáveis anatômicas medidas. Posteriormente utilizou-se a prova de Mann-Whitney para a comparação entre as médias.

## Resultados e Discussão

Os resultados de umidade do solo, juntamente com aqueles referentes às curvas de retenção de água (0,33 e 15 atm) (figura 2), deixam claro que para a área seca, ocorreu um período de déficit hídrico de cinco meses; para a área úmida, os valores estiveram dentro do intervalo de água disponível, apresentando, ocasionalmente, pequeno excedente hídrico, e que, para a área alagada, os valores de umidade mantiveram-se, sempre com excedente hídrico, e que nenhuma dessas duas últimas áreas refletiu, no solo, o período de seca por que passa a região (Luchi 1998).

Os resultados da prova de Kruskal-Wallis, para as variáveis anatômicas, foram significantes para nove das vinte e uma características analisadas (tabela 2; figuras 4-17). A figura 3 mostra as médias das características anatômicas que se apresentaram significantes em cada uma das áreas estudadas. Observa-se que oito características (Fv, Fs, Fg, Dpi, LrPm, Df, Lf e Ppa) são significativamente diferentes entre os espécimes das áreas seca e alagada.

Das características anatômicas do lenho de *Croton urucurana*, que se apresentaram estatisticamente diferentes entre pelo menos duas das áreas, observa-se, nas figuras 4-6, que a variação da Freqüência de vasos (Fv) é menor nos espécimes da área seca, com valores estatisticamente similares para a área úmida e alagada. Esse fato contradiz dados da literatura para a estrutura de caule de espécies de ambientes áridos, para os quais espécies arbóreas de áreas secas têm freqüência de vasos maior que aquelas de ambientes mais úmidos (Baas *et al.* 1983, Baas & Carlquist 1985, Barajas-Morales 1985). Esse resultado já havia sido encontrado por Luchi (2004) na estrutura do caule, porém é inédito para a estrutura da raiz.

A raiz possui maior freqüência de vasos solitários nos espécimes da área seca e progressivamente menores nos das áreas úmida e alagada. Esse dado contrapõe-se àquele observado no caule de *Croton urucurana* (Luchi 2004), onde as médias foram menores, tanto para os espécimes da área seca quanto para os da área alagada e maiores para os da área úmida. Entretanto, as médias foram estatisticamente maiores para vasos geminados, nos espécimes da área alagada, tanto para a raiz (figura 3-Fg), quanto para o caule (Luchi 2004) contradizendo resultados obtidos para outras espécies, onde os vasos agrupados ocorrem predominantemente naquelas de ambientes secos (Baas *et al.* 1983, Barajas-Morales 1985, Lindorf 1994, Alves & Angyalossy-Alfonso 2001).

As figuras 7-9 mostram o aspecto geral das fibras dos indivíduos de cada uma das três áreas. As diferenças, estatisticamente constatadas para os Diâmetros das fibras (figura 3-Df), estão entre os espécimes das áreas seca e úmida/alagada, sendo que aqueles apresentaram as maiores médias. Esses dados divergem dos obtidos no caule da mesma espécie por Luchi (2004), onde os indivíduos das áreas úmida e alagada mostraram as maiores médias de diâmetro de fibras. Em plântulas de *Alnus japonica* e *Fraxinus mandshurica*, Yamamoto *et al.* (1995a, 1995b) também obtiveram o aumento no diâmetro das fibras do caule formado após o alagamento. O aumento do diâmetro de traqueídes foi observado, também, em plântulas de *Thuja orientalis* submetidas ao

alagamento (Yamamoto & Kozlowski 1987a). Esses autores atribuem a produção de traqueídes de maior diâmetro ao aumento da disponibilidade de auxina no caule das plantas submetidas ao alagamento. Citam ainda que o transporte de auxina, é inibido dos ramos para a raiz em plantas submetidas ao alagamento, resultando na sua acumulação nos ramos e caule, e que níveis elevados de etileno nos ramos de plantas alagadas retardam o transporte de auxina dos ramos para as raízes.

Resultados similares aos dos diâmetros das fibras foram observados para os diâmetros do Lume das fibras (figura 3-Lf). Porém, diferenças quanto à espessura de suas paredes não foram observadas em nenhum dos espécimes das três áreas.

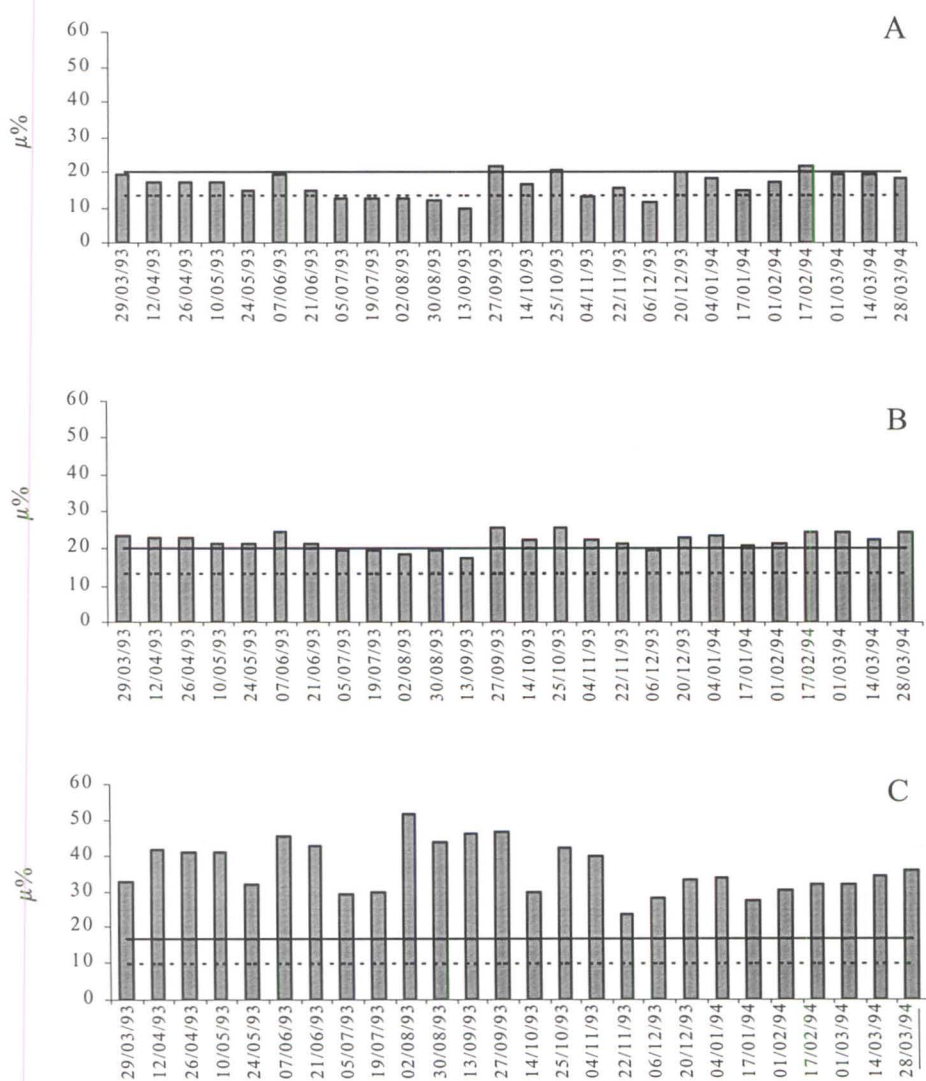


Figura 2. Média da umidade do solo ( $\mu\%$ ) das três áreas: seca (A), úmida (B) e alagada (C); curva de retenção da água a 15 atm (---) e 0,33 atm (—) para cada área.

Tabela 2. Características anatômicas analisadas e os resultados do teste de Kruskal-Wallis. \* = significante a 5%; ns = não significante.

Características analisadas	Probabilidade
Frequência de vasos - Fv	0,0005 *
Frequência de vasos solitários - Fs	0,0318 *
Frequência de vasos geminados - Fg	0,0002 *
Diâmetro de vasos	0,2076 ns
Comprimento de vasos	0,6085 ns
Diâmetro das pontoações intervasculares - Dpi	0,0000 *
Diâmetro das pontoações radio-vasculares	0,2154 ns
Frequência de raios	0,5207 ns
Alturas dos raios em milímetros	0,8824 ns
Alturas dos raios em número de células	0,6227 ns
Largura dos raios nas fibras em micrometro - LrFm	0,0048 *
Largura dos raios no parênquima em micrometro - LrPm	0,0000 *
Largura dos raios nas fibras em células	0,6615 ns
Comprimento das fibras	0,3796 ns
Diâmetro das fibras - Df	0,0352 *
Diâmetro do lume da fibra - Lf	0,0100 *
Espessura da parede das fibras	0,0970 ns
Porcentagem de parênquima axial - Ppa	0,0000 *
Porcentagem de vasos	0,7116 ns
Porcentagem de fibras	0,0947 ns
Porcentagem de raios	0,0778 ns

Outra característica significativa para a estrutura da raiz foi a Porcentagem de parênquima axial (figura 3-Ppa), onde as maiores médias foram encontradas nos espécimes das áreas seca e úmida

(figuras 4-5). Para a estrutura do caule de *Croton urucurana*, a porcentagem de parênquima axial não se apresentou significativa para nenhuma das três áreas (Luchi 2004). Entretanto, para caules de espécimes de *Guarea macrophylla* e *Eugenia repanda*, de duas matas ciliares, a porcentagem de parênquima axial é significativamente diferente nos espécimes da mata caracterizada como hidricamente desfavorável (Luchi 1998).

Das médias dos Diâmetros das pontoações intervasculares (Dpi) dos espécimes das três áreas (figuras 12-14) representadas na figura 3-Dpi, destacam os maiores valores para os espécimes da área seca, dados que se contrapõem àqueles observados para a estrutura caulinar (Luchi 2004), onde as maiores médias pertencem aos espécimes da área alagada. Tal característica, nos leva a inferir sobre a possibilidade dessas pontoações, com diâmetro maior, permitirem um fluxo melhor de água na raiz dos espécimes da área seca, já que a frequência de agrupamento de vasos é menor nesses indivíduos (figura 3-Fg).

As maiores diferenças nas Larguras dos raios, em micrometros, nas Fibras (LrFm) e no Parênquima axial (LrPm) (figuras 15-17) foram documentadas para os espécimes da área alagada (figura 3), sendo que os da área úmida apresentaram-se com resultados estatísticos tendendo a serem ainda maiores. Yamamoto *et al.* (1987) observaram, proporcional-

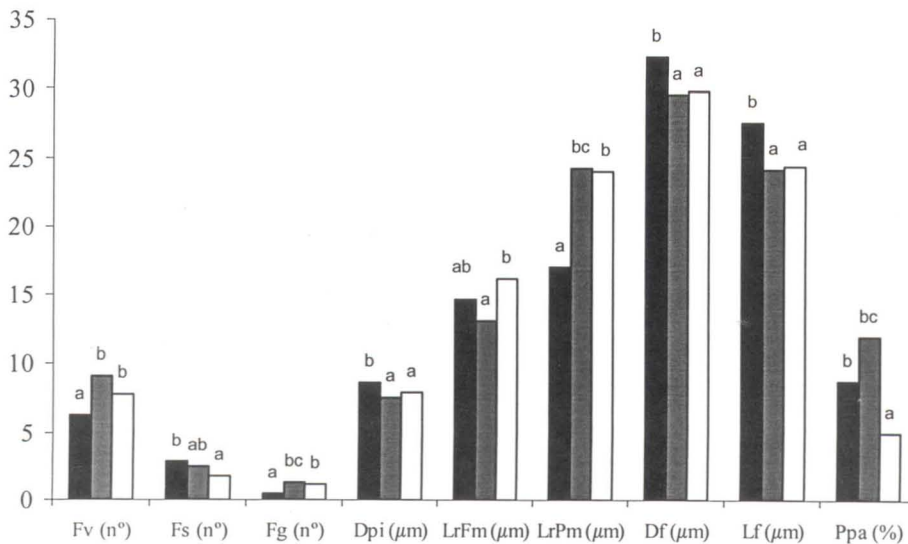
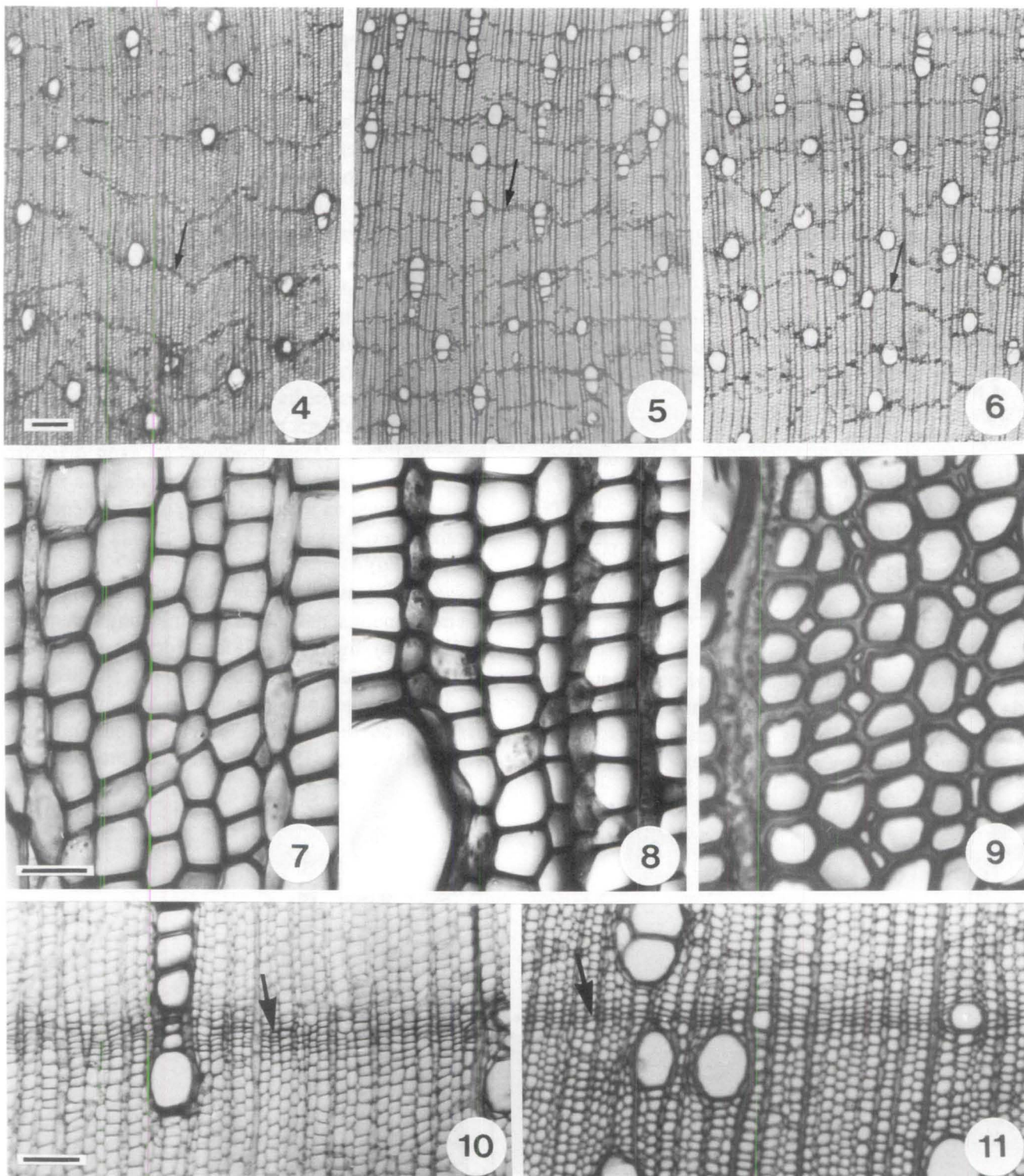
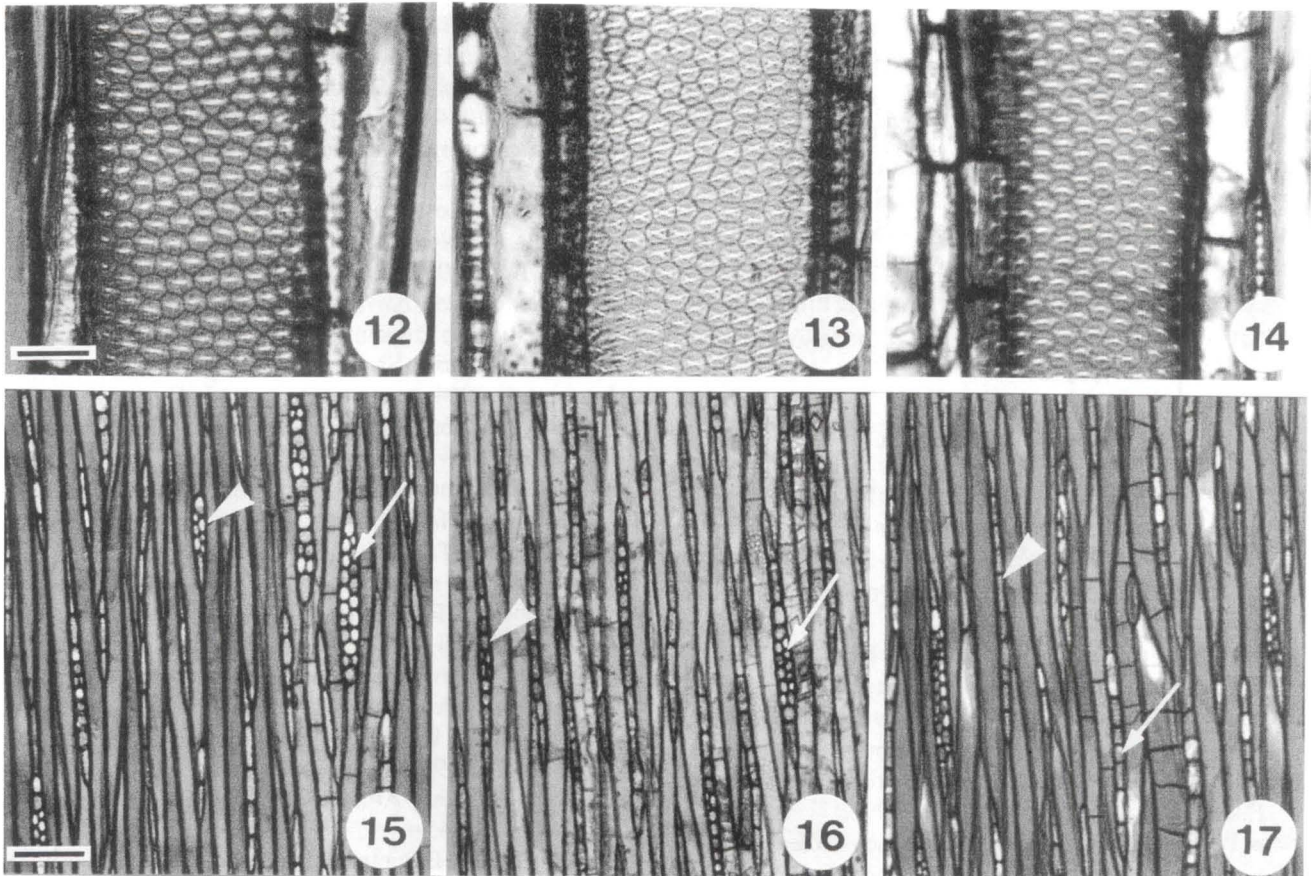


Figura 3. Resultado da prova de Mann-Whitney, com as médias de cada característica anatômica para cada uma das áreas analisadas. Médias com letras diferentes, diferem significativamente entre si. Área seca (■); área úmida (▒); área alagada (□); Fv = frequência de vasos; Fs = frequência de vasos solitários; Fg = frequência de vasos geminados; Dpi = diâmetro das pontoações intervasculares; LrFm = largura dos raios nas fibras, em micrometro; LrPm = largura dos raios no parênquima axial, em micrometro; Df = diâmetro das fibras; Lf = diâmetro do lume das fibras das fibras; Ppa = porcentagem de parênquima axial.



Figuras 4-11. Seções transversais de raiz de *Croton urucurana*. 4. Espécime da área seca. 5. Espécime da área úmida. 6. Espécime da área alagada. As setas indicam o parênquima axial. 7-9. Detalhes das fibras. 7. Espécime da área seca. 8. Espécime da área úmida. 9. Espécime da área alagada, note as paredes arredondadas. 10-11. Delimitação da camada de crescimento, observar o achatamento das paredes radiais das fibras (setas). 10. Espécime da área seca. 11. Espécime da área úmida. Escalas: figuras 4-6 = 250  $\mu\text{m}$ ; figuras 7-9 = 30  $\mu\text{m}$ ; figuras 10-11 = 100  $\mu\text{m}$ .



Figuras 12-17. Seções longitudinais tangenciais de raiz de *Croton urucurana*. 12-14. Pontuações intervasculares alternas de elemento de vaso. 12. Espécime área seca. 13. Espécime da área úmida. 14. Espécime da área alagada. 15-17. Largura dos raios entre fibras (ponta de seta) e entre parênquima axial (seta). 15. Espécimes da área seca. 16. Espécime da área úmida. 17. Espécime da área alagada. Escalas: figuras 12-14 = 25 µm; figuras 15-17 = 100 µm.

mente, células mais aumentadas no raio do xilema do caule de plântulas de *Pinus halepensis* alagadas do que nas não alagadas. Kozlowski (1997) afirmou que o alagamento freqüentemente aumenta a proporção de tecido parenquimático no xilema tanto em angiospermas quanto em gimnospermas. No entanto Luchi (2004) obteve as menores médias de largura de raio no caule de espécimes de solo nas condições úmida e alagada, dados corroborados para espécies de ambientes méxicos por Outer & Veenendaal (1976).

Características qualitativas também foram observadas, como a presença de paredes mais arredondadas nas fibras dos indivíduos da área alagada (figura 9). Nota-se que os indivíduos das outras duas áreas se distinguem desses, por mostrarem paredes com uma forma mais retangular (figuras 7-8). Característica semelhante foi observada em traqueídes de plântulas de *Thuja orientalis* por Yamamoto & Kozlowski (1987a), e em plântulas de *Pinus*

*halepensis* (Yamamoto *et al.* 1987) e *P. densiflora* (Yamamoto & Kozlowski 1987b) submetidas ao alagamento.

Outra característica qualitativa observada foi a presença de delimitação de camadas de crescimento, formada pelo achatamento das paredes radiais das fibras, nos indivíduos das áreas seca e úmida (figuras 10-11) e não observadas nos espécimes da área alagada. A presença de delimitação de camada de crescimento de caule em espécies já estudadas do local, reflete o período de seca anual por que passa a região (Luchi 1998). Essa delimitação não ocorre no caule dos espécimes de *Croton urucurana* das áreas alagada e úmida (Luchi 2004). Entretanto, apesar dos resultados de umidade e curvas de retenção de água do solo, não terem apresentado déficit hídrico para a área úmida, as raízes desenvolvem delimitação de camada de crescimento, tanto na área seca como na úmida.

Os resultados, referentes à estrutura anatômica da raiz, corroborados por aqueles obtidos anteriormente para a estrutura do caule, indicam que os espécimes adultos de *C. urucurana* mostram estratégias anatômicas distintas de tolerância aos estresses ambientais, entre as áreas seca e alagada. Todavia, indivíduos adultos de outras espécies que vivem em áreas de solo seco, úmido e alagado devem ser estudadas para que se possa efetuar uma análise mais global, na tentativa de generalizar as conclusões quanto a essas características.

### Literatura citada

- Alves, E.S. & Angyalossy-Alfonso, V.** 2001. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal* 21: 31-40.
- Armstrong, W.** 1979. Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research* 7: 226-332.
- Assad-Ludewigs, I.Y., Pinto, M.M., Silva Filho, N.L. Gomes, E.C. & Kanashiro, S.** 1989. Propagação, crescimento e aspectos ecofisiológicos em *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae), arbórea nativa pioneira de mata ciliar. In: L.M. Barbosa (ed.). Simpósio de Matas Ciliares. Fundação Cargill, Campinas, pp. 285-298.
- Baas, P. & Carlquist, S.** 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. *IAWA Bulletin, new series* 6: 349-353.
- Baas, P., Werker, E.E. & Fahn, A.** 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bulletin, new series* 4: 141-159.
- Barajas-Morales, J.** 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests. *IAWA Bulletin, new series* 6: 355-364.
- Crawford, R.M.N.** 1978. Metabolic adaptations to anoxia. In: R.M.N. Crawford & D.D. Hook (eds.). *Plant Life in Anaerobic Environments*. Ann Arbor Science Publishers, Michigan, pp. 119-136.
- Hook, D.D.** 1984. Adaptation to flooding with fresh water. In: T.T. Kozłowski (ed.). *Flooding and plant growth*. Academic Press, London, pp. 265-294.
- Johansen, D.A.** 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, New York, 523 p.
- Joly, C.A.** 1991. Flooding tolerance in tropical trees. In: M.B. Jackson, D.D. Davies & H. Lambers (eds.). *Plant life under oxygen deprivation*. Academic Publishing, Hague, pp. 23-34.
- Kolb, R.M., Medri, M.E., Bianchini, E., Pimente, J.A., Gilloni, P. & Correa, G.T.** 1998. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. *Revista Brasileira de Botânica* 21: 305-312.
- Kozłowski, T.T.** 1984. Responses of woody plants to flooding. In: T.T. Kozłowski (ed.). *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, London, pp. 129-163.
- Kozłowski, T.T.** 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph* n.1. Heron Publishing, Victoria, 29 p.
- Lindorf, H.** 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal* 15: 361-376.
- Lorenzi, H.** 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Plantarum. Nova Odessa, 352 p.
- Luchi, A.E.** 1998. Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 236 p.
- Luchi, A.E.** 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 271-280.
- Maltby, E. & Turner, R.E.** 1983. Wetlands of the world. *The Geological Magazine* 55: 12-17.
- McNamara, S.T. & Mitchell, C.A.** 1990. Adaptive stem adventitious root responses of two tomato genotypes to flooding. *HortScience* 25: 100-103.
- Outer, R.W. Den & Veenendaal, W.L.H.** 1976. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna areas of the Ivory Coast, West-Africa. *Leiden Botanical series* 3: 182-195.
- Reichardt, K.** 1985. Processos de transferência no Sistema Solo - Planta - Atmosfera. 4ª ed. Fundação Cargill, Campinas, 445 p.
- Sass, J.E.** 1951. *Botanical microtechnique*. The Iowa State College Press, Ames, 222 p.
- Smith, L.B., Downs, R.J. & Klein, R.M.** 1988. Euphorbiáceas. 1 Parte. In: R. Reitz (ed.). *Flora Ilustrada Catarinense*. Herbário "Barbosa Rodrigues", Itajaí, 408 p.
- Tsukahara, H. & Kozłowski, T.T.** 1985. Importance of adventitious roots to growth of flooded *Platanus occidentalis* seedlings. *Plant & Soil* 88: 123-132.
- Wenker, W., Fausey, N.R. & Watters, H.D.** 1981. Flooding responses in *Zea mays* L. *Plant & Soil* 62: 351-366.
- Yamamoto, F. & Kozłowski, T.T.** 1987a. Effect of flooding of soil on growth, stem anatomy, and ethylene production of *Thuya orientalis* seedlings. *IAWA Bulletin, new series* 8: 21-29.
- Yamamoto, F. & Kozłowski, T.T.** 1987b. Effect of flooding, tilting of stems, and ethrel application on growth, stem anatomy, and ethylene production of *Pinus densiflora* seedlings. *Journal of Experimental Botany* 38: 293-310.
- Yamamoto, F., Kozłowski, T.T. & Wolter, K.E.** 1987. Effect of flooding on growth, stem anatomy, and ethylene production of *Pinus halepensis* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 69-79.
- Yamamoto, F., Sakata, T. & Terezawa, K.** 1995a. Growth, morphology, stem anatomy, and ethylene production in flooded *Alnus japonica* seedlings. *IAWA Journal* 16: 47-59.
- Yamamoto, F., Sakata, T. & Terezawa, K.** 1995b. Physiological, morphological and anatomical responses of *Fraxinus mandshurica* seedlings to flooding. *Tree Physiology* 15: 713-719.