

VARIAÇÃO DIMENSIONAL DOS ELEMENTOS XILEMÁTICOS EM DUAS ESPÉCIES MADEIREIRAS DA AMAZÔNIA. (1)

Ademir Castro e Silva (2)

RESUMO

Árvores de *Saccoglottis gulanensis* Benth e *Andira parviflora* Ducke com aproximadamente 26 metros de altura foram seccionadas em sete partes para estudo das dimensões de fibras e dos elementos de vasos. No sentido radial ambas espécies mostraram um aumento no comprimento de fibras com algumas irregularidades da medula para o câmbio bem como fibras mais curtas no topo do tronco. Neste existe um maior número de vasos por milímetro quadrado. É discutido a influência de reguladores de crescimento no número de elementos de vasos. Existe uma diminuição no comprimento das fibras e elementos de vasos em direção ao topo depois de terem alcançado valores máximos numa determinada altura, e um decrescimo irregular na largura desses elementos da base para o topo das árvores. No sentido radial ambas espécies mostraram um pequeno aumento na largura das fibras e elementos de vasos. Estes e as fibras são menores nos galhos, e onde o número de elementos de vasos é maior para as duas espécies. A razão W/C utilizada como uma estimativa da razão do volume da parede celular para o volume da célula diminui da medula em direção ao câmbio. São apresentados 10 gráficos e uma tabela é discutido os fatores que podem influenciar na variação dos elementos ao longo da árvore.

INTRODUÇÃO

O estudo da variação dos elementos estruturais ao longo da árvore é de grande interesse para pesquisas nas quais a qualidade da madeira é um dos pontos a ser considerado. Neste contexto, o comprimento de fibra tem sido extensivamente estudado em coníferas e folhosas da zona temperada e pouco pesquisado em espécie da zona tropical.

A madeira é constituída de elementos xilemáticos e a agregação dos mesmos exibe extrema variabilidade, sendo a maioria uma resposta da árvore ao seu ambiente dentro dos limites do seu potencial genético. É essencial que a isolação e consideração dessa variação sejam abordadas quando pretendemos estudar a influência do ambiente na qualidade da madeira.

O desenvolvimento de árvores vigorosas com madeira de boa qualidade é um dos principais objetivos das pesquisas em melhoramento florestal. Produzir árvores com excelente forma de copa e tronco não é o bastante porque a qualidade do produto final é de fundamental importância.

¹ Resumo da Tese apresentada para a obtenção do grau de "Master of Science" pela Colorado State University - Fort Collins - CO., USA.

² Instituto de Tecnologia da Amazônia - UTAM, Departamento de Engenharia Florestal, Av. Darcy Vargas, 1200, cep 69.055, Manaus - AM.

Antes que práticas de melhoramento genético possam ser seguidas numa espécie, é essencial conhecer a faixa de variação do fenótipo presente e é desejável saber a extensão e tipo de informações genéticas; ainda, estudos a curto prazo podem ser conduzidos para determinar a extensão de variação fenotípica nas características de importância econômica.

O esforço para prognosticar o efeito de um manejo sobre a qualidade da madeira depende de um entendimento das causas da variação nos componentes estruturais da madeira. Desde que existe uma associação entre estrutura da madeira e a copa da árvore (Denne & Dodd, 1980), uma aproximação em direção a essa assertiva é o estudo do padrão de variação na estrutura da madeira para correlação com as características da copa.

A seleção da matéria-prima que possua uma variação celular mínima é um passo importante para o controle da qualidade de produtos da madeira. Contudo, a avaliação da madeira com base nessas características é difícil devido a grande variação que ocorre entre e dentro das espécies. Assim, é necessária informação acerca das principais fontes de variação do tecido maduro para que haja um aprimoramento na avaliação da madeira e, particularmente, das folhosas. Tais informações poderiam nos orientar na escolha de um método de amostragem mais seguro para avaliar a variação celular na madeira antes do processo de produção.

Um conhecimento da variação dentro da árvore também poderá responder questões sobre se o volume ou peso seco da madeira deverá ser otimizado na operação florestal. Se as decisões são baseadas exclusivamente no volume grosso, mas o peso da madeira é desejado, grandes erros podem resultar a menos que os efeitos da variação dentro da árvore possam ser avaliados (Zobel & Talbert, 1984).

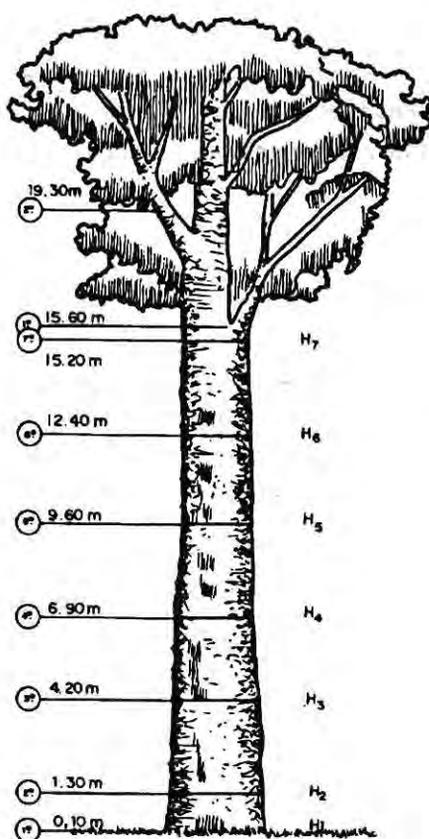


Fig. 1 - Desenho esquemático mostrando as posições do tronco onde foram obtidos os corpos de prova para os estudos anatômicos.

MATERIAL E MÉTODO

As árvores selecionadas para este estudo cresceram em seu ambiente natural perto da cidade de Manaus, AM. As espécies estudadas foram *Saccoglottis guianensis* Benth e *Andira parviflora* Ducke. Ambas as espécies possuíam aproximadamente 26 metros de altura com um tronco sustentando galhos somente perto do topo. As árvores não possuíam defeitos visíveis e foram identificadas por comparação com material do herbário do Instituto de Tecnologia da Amazônia - UTAM. A Fig. 1 mostra diagramaticamente a altura nas quais as amostras foram retiradas e sua posição em relação à copa. Sete discos de aproximadamente 05 centímetros de espessura foram retirados nos intervalos mostrados na Fig. 1, ao longo do tronco.

Uma faixa diamétrica de aproximadamente 3,8 centímetros de largura foi retirada de cada disco de tal maneira que todos os níveis estavam no mesmo plano ao longo do eixo vertical da árvore. Isto foi feito para minimizar a variação devido as diferentes condições de crescimento ao redor do tronco.

A orientação correta das faixas diamétricas foi assumida marcando-se um lado da árvore desde a base até o topo antes de serrá-la. Essas faixas diamétricas foram as amostras usadas para todas as características analisadas neste estudo.

Medições dos elementos

As mensurações do comprimento das fibras e elementos de vasos foram feitas em três lâminas para cada tecido de cada amostra, num microscópio Reichert's VISOPLAN. Foram rejeitados todos os elementos que possuíam as extremidades quebradas; Lume e largura das fibras foram também determinados em material macerado, medidas diretamente pela projeção das fibras nas lâminas num aumento de 500 x, sendo a espessura da parede celular determinada como a diferença entre a largura da fibra e do lume dividido por dois. Foram realizadas 100 (cem) medições em cada amostra de fibras maceradas e 30 (trinta) medições para comprimento de elemento de vaso.

VASOS POR MM², ÁREA DA PAREDE CELULAR E RAZÃO W/C.

Foram confeccionadas lâminas de cortes transversais de todas as amostras sem coloração, e essas lâminas usadas para medições dos elementos de vasos por milímetro quadrado.

A percentagem da área da parede celular para cada amostra foi calculada da seguinte maneira:

$$\% \text{ CWA} = (CA - LA) / (CA) \times 100$$

onde

% CWA = percentagem da área da parede celular.

CA = área da célula.

LA = área do lume.

W/C = razão da área da seção transversal da parede celular pela área total da célula.

No cálculo da área da célula e lume foi assumido uma seção transversal circular e a média do diâmetro da célula e lume foram usados.

No presente estudo razão W/C definida como a razão da área de seção transversal da parede celular pela área total da célula, foi usada para indicar densidade. Essa razão é

independente dos extrativos e é um indicador apropriado da razão de volume da parede celular pelo volume da célula. Desde que numa madeira o comprimento da fibra é por vezes maior do que o seu diâmetro, uma suposição de que a fibra tem a forma de um longo cilindro não introduz um sério contrasenso. Sob essa suposição, volume celular é estimado como o produto da área transversal da célula pelo seu comprimento e o volume da parede celular é estimado como o produto da área transversal da parede celular pelo comprimento da célula. O comprimento celular é aparentemente um fator comum na razão volume da parede celular comprimento da célula e pode ser cancelada para obter-se a razão W/C.

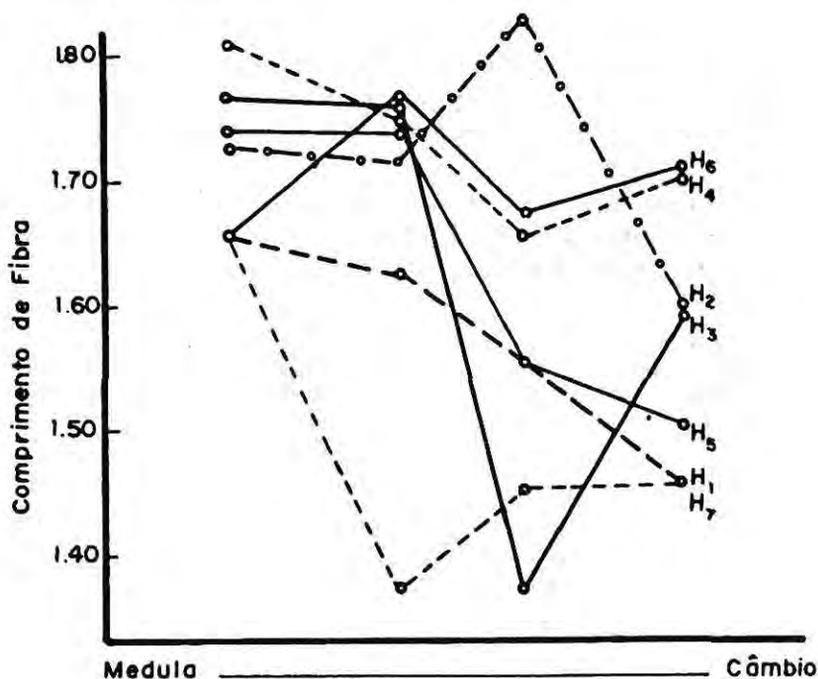


Fig. 2 - Variação radial (medula-câmbio) do comprimento das fibras em *Andira parviflora* em diferentes alturas do tronco.

RESULTADOS

VARIAÇÃO RADIAL DO COMPRIMENTO CELULAR

Muitas investigações desse aspecto de variação no comprimento tem mostrado que o valor do comprimento celular no anel próximo à medula é pequeno, tanto para coníferas como folhosas da zona temperada, mas aumenta rapidamente nos primeiros anéis; depois disto, a razão do aumento decresce quando um máximo no comprimento é obtido. Entretanto, existem estudos indicando uma diminuição radial no comprimento de fibras (Lee & Smith, 1916; Helander, 1933). Parameswaram & Liese (1974) estudando a variação de várias espécies de madeira das Filipinas e Indonésia encontraram a bem conhecida tendência radial do aumento em comprimento na direção do câmbio. O presente estudo de variação dimensional em espécies tropicais mostra que há um decréscimo radial, com algumas flutuações, no comprimento das fibras ao longo da árvore em *Andira*

parviflora (Fig. 2). A mesma variação radial foi encontrada em *Saccoglottis guianensis* com exceção do topo onde existe um aumento constante no comprimento das fibras (Fig. 3). Em geral, as espécies estudadas apresentaram fibras (curtas) na proximidade do câmbio.

A média do comprimento dos elementos de vasos em *Saccoglottis guianensis* inicialmente aumentou e posteriormente decresceu gradualmente com algumas flutuações em direção ao câmbio. Em *Andira parviflora* o comprimento dos elementos de vaso é maior nas proximidades da medula do que no câmbio (Fig. 4).

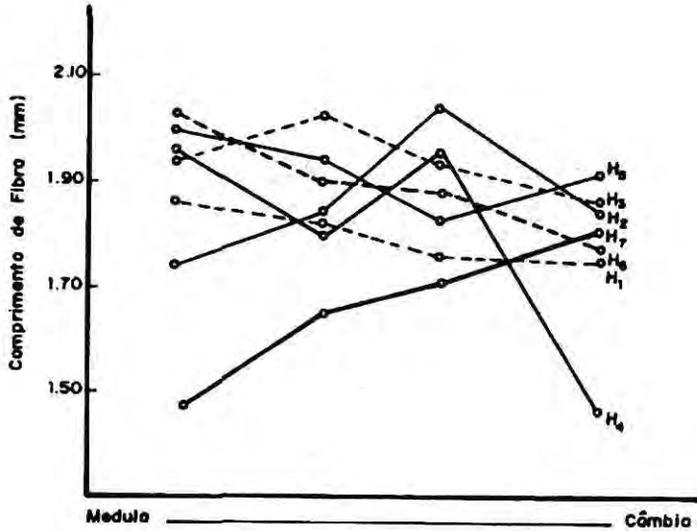


Fig. 3 - Variação radial (medula-câmbio) do comprimento das fibras em diferentes alturas do tronco em *Saccoglottis guianensis*.

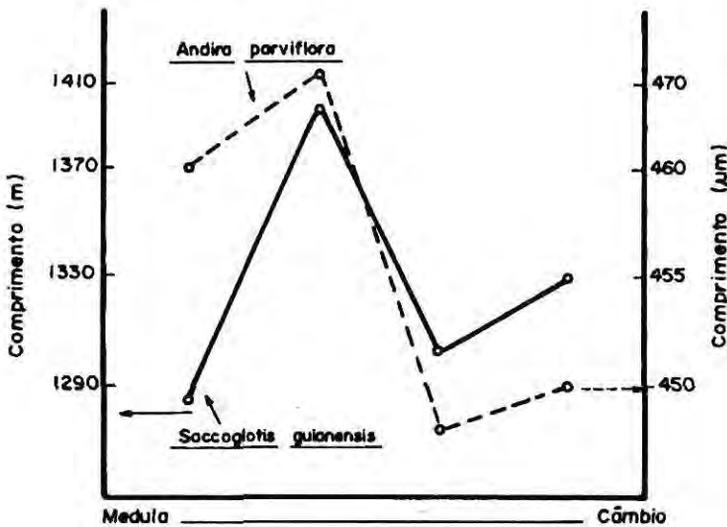


Fig. 4 - Variação do comprimento dos elementos de vaso com a idade.

VARIAÇÃO DA ÁREA CELULAR, ÁREA DA PAREDE CELULAR E A RAZÃO W/C

As Figuras 5 e 6 mostram a variação radial da razão W/C. Em geral há um aumento com algumas flutuações da medula em direção ao câmbio. Em *Saccoglottis guianensis* existe um aumento na razão W/C da medula em direção ao câmbio até aproximadamente o meio do tronco. Depois disto há primeiro um decréscimo próximo à medula e um pequeno aumento perto do câmbio. No topo há um contínuo decréscimo desde a medula até nas proximidades do câmbio. *Andira parviflora* também mostrou um decréscimo radial na razão W/C no topo com algumas irregularidades. Esses resultados mostram de antemão que a madeira juvenil na árvore contém células com uma razão W/C menor do que aquela exibida pelas células maduras.

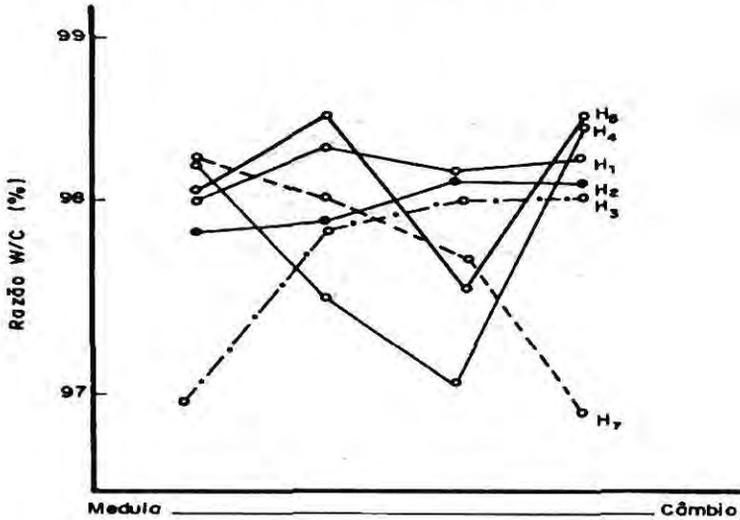


Fig. 5 - Variação da razão W/C com a idade em *Saccoglottis guianensis*.

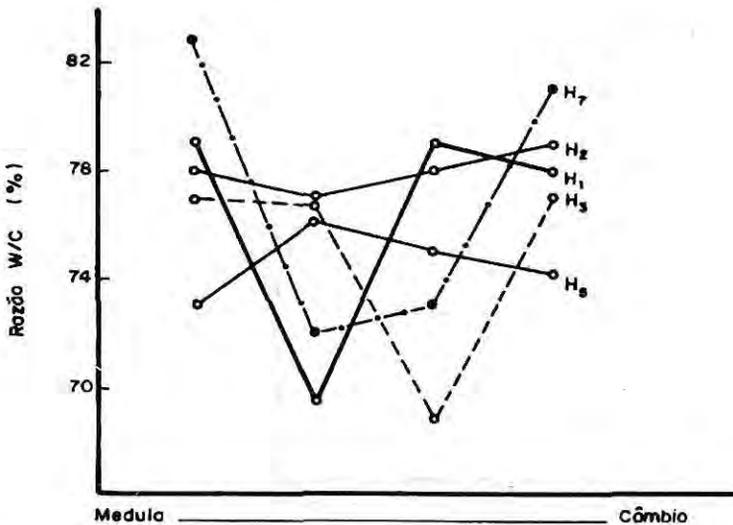


Fig. 6 - Variação da razão W/C com a idade em *Andira parviflora*.

A Figura 7 mostra a variação da área celular, área da parede celular e razão W/C com a distância a partir da base. Como podemos observar há um decréscimo até o topo, tanto da área celular como da área da parede celular em relação à base, com flutuações intermediárias. Entretanto, a razão W/C é relativamente constante ao longo da árvore em ambas as espécies. Este padrão é completamente diferente nas folhosas da zona temperada onde área celular e área da parede celular aumentam para cima ao longo da árvore, sem flutuações com a idade cambial (Lin, 1967).

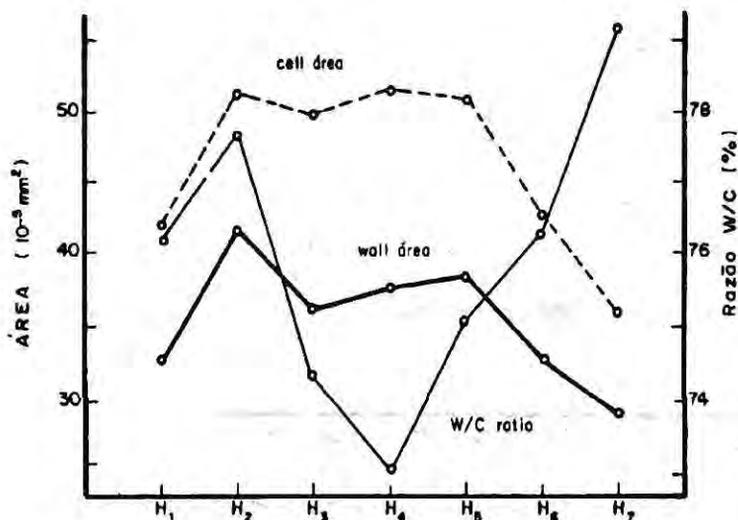


Fig. 7 - Variação da razão W/C, área da parede celular e área transversal das células ao longo do tronco das espécies *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora*.

VARIAÇÃO AO LONGO DA ÁRVORE

Elementos fibrosos

A variação no comprimento das fibras nas sete alturas é mostrada na Fig. 8. Como no caso da variação radial do comprimento das fibras, não existe um padrão definido de variação, embora o comprimento das fibras mostra uma tendência de diminuição da base para o topo. No caso dos elementos fibrosos nas proximidades do câmbio de *Saccoglottis guianensis* existe uma tendência de apresentar pequenas fibras na base, com aumento do comprimento em direção ao topo, com irregularidades. Este padrão não é observado para fibras distantes do câmbio as quais mantem-se mais ou menos constantes, diminuindo de tamanho em direção ao topo. Em *Andira parviflora* o comprimento das fibras diminui em direção ao topo com algumas irregularidades. Assim, a variação do comprimento das fibras com a altura, nessas duas espécies tropicais, segue o conhecido padrão de aumento da base até alcançar um máximo, onde depois decresce até o topo.

Elementos de vasos

Em geral, da medula para o câmbio, o comprimento dos elementos de vaso ao longo do tronco diminui em direção ao topo com algumas irregularidades (Fig. 9). As irregularidades

são mais pronunciadas em *Andira parviflora* onde há um aumento da base até que um máximo é alcançado, onde depois há um decréscimo até o topo. Em *Saccoglottis guianensis* um valor máximo é alcançado quando então um decréscimo constante é observado. Um padrão similar foi encontrado por Iqbal & Ghouse (1983) em *Prosopis spicigera*.

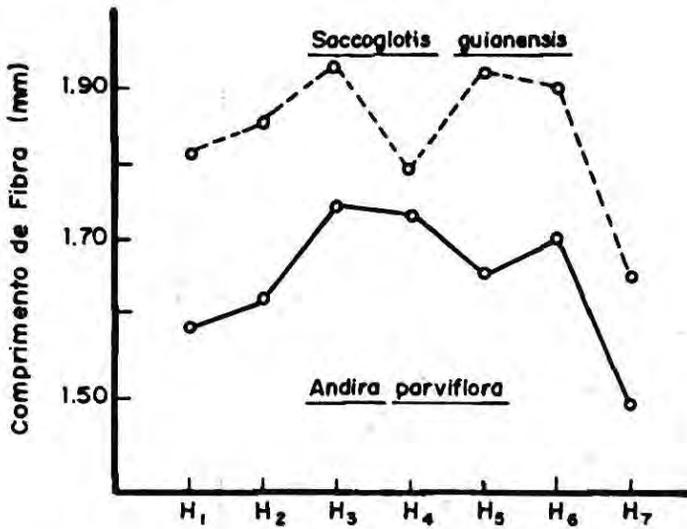


Fig. 8 - Média da variação radial do comprimento das fibras em diferentes alturas ao longo do tronco das espécies *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora*.

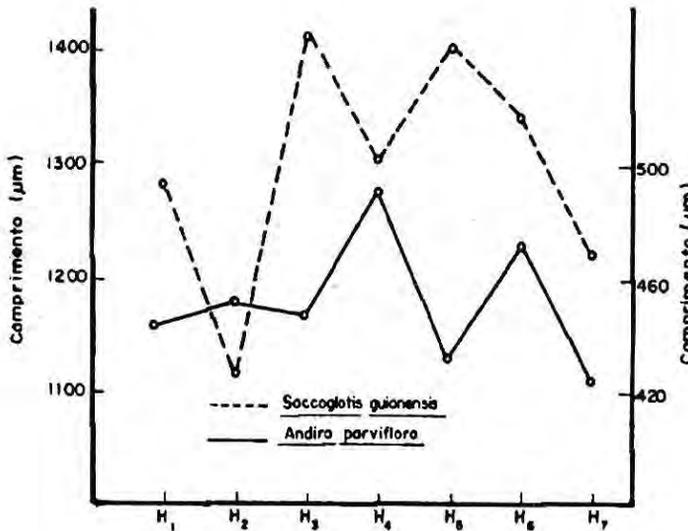


Fig. 9 - Variação do comprimento de elementos de vasos em diferentes alturas do tronco das espécies *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora*.

Vaso por MM²

O número de vasos por milímetro quadrado em *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora* aumenta inicialmente da base, até alcançar um máximo e mantém-se mais ou menos constante quando volta a aumentar ao aproximar-se do topo (Fig. 10).

Em relação à variação radial, o número de elementos de vaso por milímetro quadrado, em ambas as espécies estudadas, não mostrou um padrão definido, embora *Saccoglottis guianensis* apresentasse maior número nas proximidades do câmbio.

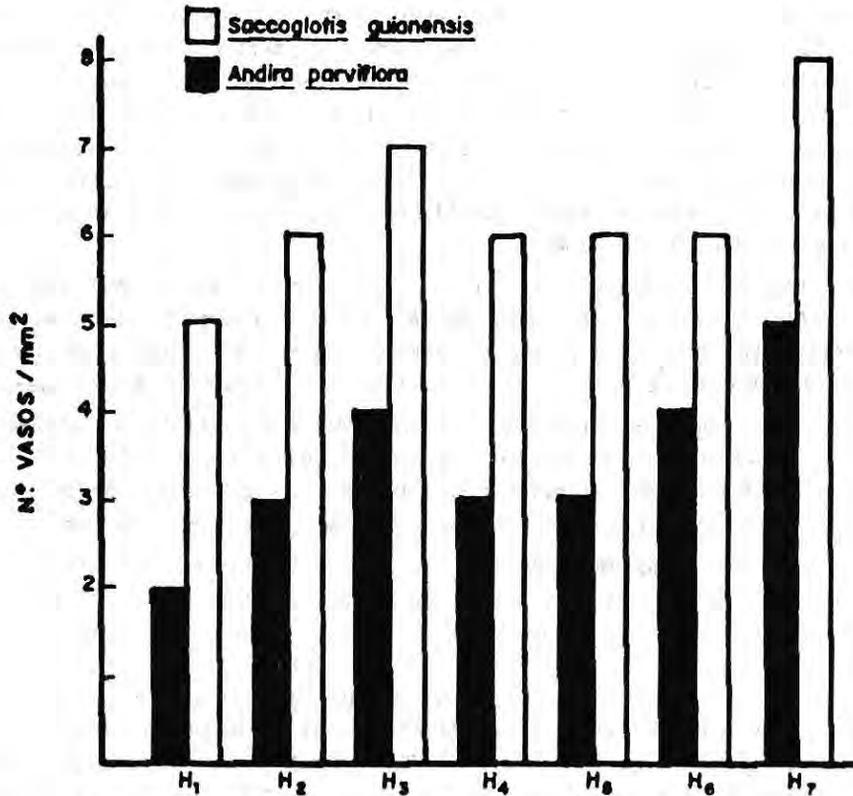


Fig. 10 - Variação dos números de vasos, mm² em diferentes alturas do tronco das espécies *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora*.

Largura da fibra e de vaso

A largura da fibra e dos vasos tem sido pouco estudadas em comparação com investigações realizadas com o comprimento dos mesmos. Entretanto, desde que aquelas características tem uma relação direta com uma das propriedades mais importantes da madeira - peso específico, a variação dessas características é incluída neste estudo.

O decréscimo irregular na largura das fibras e elementos de vasos, da base para o topo das árvores, aqui referido, para *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora*, foi observado anteriormente em outras espécies (Fouger et al. 1975; Zimmermann & Potters, 1982).

Em relação à variação radial da largura da fibra e elemento de vaso ambas as espécies mostraram um pequeno aumento com algumas irregularidades da medula em direção ao câmbio.

Dimensões celulares em galhos

A Tabela 1 mostra a média das medições efetuadas nos elementos xilêmáticos em galhos. Como podemos observar as fibras são menores nos galhos, assim como os elementos de vasos e a largura das fibras. Entretanto, o número de elementos de vasos é maior nos galhos do que no tronco das duas espécies estudadas.

DISCUSSÃO

As iniciais cambiais variam em tamanho de acordo com a sua posição na árvore. Em geral, as iniciais fusiformes aumentam em tamanho com a idade do meristema, mas ao alcançarem um valor máximo, geralmente tornam-se relativamente estáveis (Bailey, 1923; Ghouse & Yunus, 1972; Ghouse & Hasmi, 1980). No caso de *Saccoglottis guianensis* o comprimento das células inicialmente aumenta com a idade do câmbio, mas essa correlação se inverte depois que o comprimento alcança um valor máximo, resultando em um lento decréscimo no comprimento das células. Entretanto, o mesmo padrão não é observado em *Andira parviflora* onde, depois de ter alcançado um valor máximo, o comprimento das células diminui.

Estudos intensivos realizados por Bannam (1955, 1965, 1967) têm revelado que o comprimento das células cambiais derivadas da célula-mãe diminuem quando a frequência da divisão pseudotransversal das iniciais cambiais aumenta. A evidência indica que o comprimento das fibras está relacionado com a razão de divisões pseudotransversais das células cambiais.

A influência da altura na árvore sobre o comprimento das células no xilema tem sido observada em um bom número de espécies. Nas espécies estudadas neste trabalho foi observada uma diminuição no comprimento das fibras e elementos de vasos em direção ao topo, depois de terem alcançado valores máximos numa altura de 4 a 9 metros a partir da base.

Com respeito ao acréscimo em altura das árvores, o comprimento das iniciais cambiais aumenta gradualmente da base da árvore para um valor mais ou menos estável e, então, declina novamente. Esta tendência pode ser modificada por fatores tais como o grau de crescimento em altura, posição dos internos, etc. (Schultze-Dewitz & Gotze, 1973). O padrão de variação radial do comprimento em direção ao câmbio é variado ao longo da árvore a uma tal extensão que a redução em comprimento ocorre ao longo da árvore com um aumento no crescimento radial conduzindo a elementos pequenos no topo da árvore (Philipson & Butterfield, 1967). Entretanto, no presente estudo, *Saccoglottis guianensis* não sustenta na sua totalidade esta hipótese, porque existe um aumento no comprimento das fibras da base para o topo nas proximidades do câmbio. De alguma maneira, nesta espécie as iniciais cambiais no topo não se tornam estáveis em comprimento como nas outras posições.

Existia uma tendência de pesquisadores do passado de concluir que madeiras com elementos de vasos curtos seriam mais especializados do que aquelas que possuíam elementos de vasos longos e desde que as fibras longas eram associadas com estes, existia a sugestão de que madeiras com fibras longas poderiam também indicar uma fonte de especialização. O presente estudo com espécies tropicais sugere que uma menor proporção de extensão de fibras está associada com elementos de vasos curtos, o que contradiz a hipótese. Contudo, isto não pode ser assumido em sua totalidade porque existe a possibilidade desses elementos serem diferenciados de cambiais iniciais com diferentes comprimentos.

Interessantemente, as últimas amostras do material coletado da parte basal do tronco afastam-se daquele padrão de decréscimo no comprimento da célula que prevalece ao longo de

todo o tronco. Isto pode ser provavelmente devido a influência do sistema radicular que está se desenvolvendo na proximidade.

A área transversal da célula em *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora* não mostra um padrão definido para variação radial. Isto pode ser provavelmente devido à existência de pequenas células encontradas entre as células dos raios e os elementos de vasos. A área transversal da parede celular também não mostrou um padrão regular de variação. Contudo, combinando o padrão de variação na área da parede celular e o comprimento de fibra, podemos inferir que a quantidade de material na parede celular das células derivativas das iniciais cambiais decresce da medula em direção ao câmbio.

Como mencionado anteriormente a razão W/C, como uma estimativa da razão do volume da parede celular para o volume da célula, diminui da medula em direção ao câmbio.

Isto pode ser devido a razão de crescimento da área celular ser maior do que aquela da área da parede. Assim, a densidade da madeira pode ser aparentemente dependente da razão do volume da parede celular para o volume total da célula. Desde que o câmbio adulto de *Andira parviflora* produziu células de baixa razão W/C na parte mais externa do tronco, podemos dizer que a parte mais externa irá ter um baixo valor de peso específico.

O alto valor da razão da área da parede celular da fibra pela área transversal da fibra em *Saccoglottis guianensis*, devido ao decréscimo da área transversal da fibra, concomitantemente com um aumento na espessura da parede da fibra e um aumento no número de vasos por milímetro quadrado, sugere um decréscimo no peso específico da metade em direção ao topo.

O número de elementos e vasos em espécies de madeira pode ser correlacionado com a concentração de reguladores de crescimento. Os reguladores de crescimento podem ter uma importante participação na atividade cambial (Digby & Wareing, 1966). Alta concentração de auxina pode produzir madeira com grande quantidade de vasos, enquanto que alta concentração de giberelina pode produzir madeira com grande quantidade de células parenquimáticas (Doley & Leyton, 1968). As espécies incluídas neste estudo apresentam uma boa quantidade de auxina descendo das folhas conforme evidenciado pela presença de um número um tanto alto de elementos de vaso por milímetro quadrado, sendo que *Saccoglottis guianensis* pode apresentar uma maior concentração de auxina.

A redução em diâmetros dos elementos de vasos nos galhos aqui referidos para *Saccoglottis guianensis* e *Andira parviflora*, tem sido também observada previamente para outras espécies (Zimmermann & Potter, 1982). Desde que esses reduzidos diâmetros dos elementos de vasos estavam um pouco acima do ponto de intersecção do galho com o tronco, podemos dizer que esta constrição na base dos galhos pode ser, supostamente, para impedir o fluxo de água para cima.

CONCLUSÕES

O principal objetivo deste estudo foi o de descrever o padrão básico de alguns elementos anatômicos de *Andira parviflora* e *Saccoglottis guianensis* que ocorrem em altura e circunferência ao longo da árvore.

As seguintes conclusões podem ser tiradas:

1. Ambas as espécies mostraram um aumento no comprimento de fibras (com algumas flutuações) da medula para a periferia.

2. O comprimento da fibra aumentou da base da árvore até atingir um valor máximo e então decresceu em direção ao topo.

3. O comprimento dos elementos de vasos inicialmente aumentou e posteriormente decresceu gradualmente ou com algumas flutuações da medula em direção ao câmbio.

4. Valores da área celular e área transversal da parede celular decresceram em direção ao topo com flutuações intermediárias.

5. O número de elementos de vasos por milímetro quadrado aumentou da base em direção ao topo.

6. A espécie *Saccoglottis guianensis* mostrou mais vasos por milímetro quadrado próximo ao câmbio.

7. Valores da largura das fibras e dos elementos de vasos mostraram um decréscimo irregular da base em direção ao topo.

SUMMARY

Trees of *Saccoglottis guianensis* Benth and *Andira parviflora* Ducke with approximately 26 meters high were sectioned in seven parts to study dimensions of fibers and vessels elements. In radial direction both species showed an increase in fiber length with some irregularities from pith to cambium. The shortest fibers were found in the top of the stem and where there's the maximum number of vessels per square millimeter. It's discussed the influence of growth regulators on the vessels elements. There is decrease in fiber length and vessels elements from base to top after it has reached a high value in determined height and a irregular decrease in width of these elements from base to top of the trees. In radial direction both species showed a small increase in width of the fibers and vessels elements. These elements are shortest in the branches and where the number of vessels per square millimeter is high for both species. The ratio W/C utilized as estimation of the ratio cell wall volume to cell volume decrease from pith to cambium. It's presented 10 graphs and one table and discussed the factors which can have influence on the variation of elements all along the tree.

Referências bibliográficas

- Bailey, I. W. - 1923. The cambium and its derivative tissue. IV -The increase in girth of the cambium. *Amer. Journ. Bot.*, 10:499-509.
- Bannan, M. W. - 1955. The vascular cambium and radial growth in *Thuja occidentalis*. *Can. J. Bot.*, 33:113-138.
- - 1965. The length, tangential diameter and length width ratio of conifer tracheids. *Can. J. Bot.*, 43:967-984.
- - 1967. Anticlinal divisions and cell length in conifer cambium. *For. Prod. J.*, 17:63-69.
- Cronshaw, B. J. - 1960. The fine structure of the pits of *Eucalyptus regnans* and their relation to the movement of liquid into the wood. *Aust. J. of Bot.*, 8:51-66.

- Denne, M. P. & Dodd, R. S. - 1989. Control of variation in wood quality within hardwood and softwood trees. Mitt Bundesforschungsanstalt f. Forst- u. Holzwirtschaft, Hamburg-Reinbeck, 131:7-31.
- Digby, J. & Wareing, P. F. - 1966. The relationship between endogenous hormone levels in the plant and seasonal aspects of cambial activity. *Ann. Bot.*, 120:607-622.
- Doley, D. & Leyton, L. - 1968. Effects of growth regulating substances and water potential on the development of secondary xylem in *Fraxinus*. *New Phytology*, 67:579-594.
- Fouger, A. N.; Vimmerstedt, J. P. & Eichler, C. - 1975. Stem anatomy of 30 year old yellow poplar. *For. Sci.*, 21:23-33.
- Ghouse, A. K. M. & Yunus, M. - 1972. Some aspects of cambial development in the shoot of *Dalbergia sissuo* Roxb. *Flora (Jena)*, 162:549-558.
- Ghouse, A. K. M. & Hashmi, S. - 1980. Changes in vascular cambium of *Polyalthia longifolia* Benth et Hook in relation to the girth of the tree. *Flora (Jena)*, 170:135-143.
- Helander, A. B. - 1933. Variations in tracheid length of pine and spruce. *For. Prod. Res. Finland, Pub.*, 14:1-75.
- Iqbal, M. & Ghouse, A. K. M. - 1983. An analytical study on cell size variation in some arid zone trees of India: *Acacia nilotica* and *Prosopis spicigera*. *IAWA Bulletin*, 4(1):46-52.
- Lee, H. N. & Smith, E. M. - 1916. Douglas fir fiber, with special reference to length. *Forest Quarterly*, 14(4):672-695.
- Lin, Y. R. - 1967. Dimensional variation of fibers in *Populus trichocarpa* T. & G. *Master's Thesis*. University of Washington.
- Parameswaran, N. & Liese, W. - 1974. Variation of cell length in bark and wood of tropical tree. *Wood Sci. Techn.*, 8:81-90.
- Philipson, W. R. & Butterfield, B. G. - 1967. A theory on the cause of size variation in wood elements. *Phytomorphology*, 17:155-159.
- Preston, R. D. - 1934. The organization of the cell wall tracheid. *Phil. Trans. B.*, 224:1-131.
- Schultze-Dewitz, G. & Gotze, H. - 1973. Untersuchungen zur Faserlänge, Raumdichte und Druckfestigkeit inter- und circumnodialen Holzes der Baumarten Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) Fichte (*Picea abies* Karst) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Frankca). *Drev. Vyskum*, 18:33-44. (Citado em Parameswaran & Liese, 1974).
- Zimmermann, M. H. - 1964. The formation of wood in forest trees. Academic Press.
- Zimmermann, M. H. & Poterris, D. - 1982. Vessel-length distribution in branches, stem and roots of *Acer rubrum*. *IAWA Bull.*, 3:103-109.
- Zobel, B. & Talbert, J. - 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons, Inc. N. Y. 505 p.

(Aceito para publicação em 16.8.91)