
Morfologia das estruturas anatômicas da madeira de duas espécies amazônicas com vistas à produção de celulose e papel

| **Mayara de Lima Ferreira**
UFRA

| **Washington Duarte Silva da Silva**
UFRA

| **Pamella Caroline Marques dos Reis Reis**
UFRA

| **Leonardo Pequeno Reis**
IDSM

| **Adriane dos Santos Santos**
UFRA

| **Fernanda Ilkiu Borges de Souza**
Embrapa Amazônia Oriental

RESUMO

As espécies *Hevea guianensis* Aubl. e *Glycydendron amazonicum* Ducke são nativas da região amazônica e utilizadas em diversas formas no mercado comercial. **Objetivo:** no intuito de atribuir uma nova utilização para as espécies, o objetivo da pesquisa foi caracterizar e analisar as propriedades morfológicas das madeiras de *Hevea guianensis* e *Glycydendron amazonicum* visando a produção de papel. **Método:** Os materiais botânicos foram obtidos da Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental. Foram feitas análises de caracterização macroscópica e organoléptica da madeira e análise da morfologia das fibras para a determinação do índice de Runkel, coeficiente de flexibilidade, índice de enfiamento e fração parede. **Resultados:** A descrição macroscópica demonstrou que ambas as espécies apresentaram parênquima axial, raios e vasos visível a olho nu seção transversal e com lente de 10x na seção tangencial. O *H. guianensis* apresentou índice de Runkel de 0,38, coeficiente de flexibilidade de 62,42%, índice de enfiamento de 50,93 e fração parede de 37,58%. Já a espécie *G. amazonicum* apresentou índice de Runkel de 1,33, coeficiente de flexibilidade de 42,53%, índice de enfiamento de 62,76 e fração parede de 56,7%. **Conclusão:** De acordo com o índice de Runkel as fibras da madeira de *G. amazonicum* foram consideradas regulares para produção de papel, enquanto o coeficiente de flexibilidade e a fração parede apresentaram resultados insatisfatórios. O índice mais satisfatório foi o de enfiamento, que obteve resultados de acordo com indicado para a produção de papel.

Palavras-chave: Morfologia Vegetal, Índices de Resistência do Papel, Anatomia da Madeira, *Hevea Guianensis* Aubl., *Glycydendron Amazonicum* Ducke.

■ INTRODUÇÃO

As espécies *Hevea guianensis* Aubl. e *Glycydendron amazonicum* Ducke, conhecidas popularmente como seringueira e glícia, respectivamente, pertencem à família Euphorbiaceae. Originárias da região amazônica, as espécies têm ampla utilização no mercado comercial. A madeira de glícia é muito utilizada na construção pesada e leve, como em embarcações, móveis e artigos domésticos. Enquanto da seringueira é extraído o látex para produção da borracha natural, por meio de processos químicos e industriais (SECCO; BIGIO, 2020; REMADE, 2021).

O estudo da anatomia da madeira das espécies da Amazônia é importante, pois este ecossistema possui uma biodiversidade imensurável e ainda pouco conhecida (REIS, A. *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2015). Segundo Firmino (2016), as espécies que ocorrem em florestas com características distintas, podem apresentar a formação estrutural do lenho das árvores com elementos diferentes, ocasionado em função da sua área de crescimento.

Para atender a grande variedade de usos da madeira, é de fundamental importância o conhecimento da sua estrutura anatômica, evitando-se desperdício e emprego inadequado (PAULA, 2003), pois seu uso pode variar devido às características anatômicas específicas (REIS, P. *et al.*, 2014). Segundo Motta *et al.* (2014), o potencial tecnológico de uma espécie florestal é observado por meio de estudos que envolvem as características anatômicas, físicas, mecânicas e químicas, podendo servir como indicativo para identificação e classificação das espécies e seus usos.

A análise das dimensões das fibras é relevante para avaliar a qualidade da madeira, pois fornece informações importantes para determinar possíveis usos (SILVA, 2011). A interligação das propriedades das fibras da madeira e a produção do papel, mostram-se dependentes (DIAS; SIMONELLI, 2013), levando em consideração que as medidas das fibras variam no sentido radial (medula-casca) e longitudinal (base-topo) do tronco da árvore (MIRANDA; CASTELO, 2012).

Para auxiliar na avaliação da qualidade da madeira para produção de papel são necessários estudos que determinam alguns índices. Dentre os principais índices estão os de enfiletramento, coeficiente de flexibilidade, fração parede e o índice de Runkel, que consideram o comprimento e espessura das fibras, ligações entre as mesmas e flexibilidade (VIDAL; HORA, 2014; MIRANDA; CASTELO, 2012; CAMPOS *et al.*, 2000).

Nesse sentido o objetivo da pesquisa foi caracterizar e analisar as propriedades morfológicas das madeiras de *Hevea guianensis* e *Glycydendron amazonicum* visando a produção de celulose e papel.

■ MÉTODO

Material botânico

As amostras das espécies (Tabela 1) foram obtidas da Xiloteca, situada no Laboratório de Botânica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Amazônia Oriental, Belém, estado do Pará.

Tabela 1. Amostras das espécies *H. guianensis* e *G. amazonicum*, depositadas na xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental.

Espécie	Registro	Procedência	Coletor	Número de coleta
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	X-4840	Humaitá-Amazonas	Krukoff, B. A.	6923
	X-1092	Margem da estrada de Santarém-Pará, km 67, Reserva Florestal do IBDF	Cordeiro, M. R.	1419
<i>Glycydendron ama- zonicum</i> Ducke	X-1065	Serra do Buriti - PA	Pires, M. J.	7390
	X-1067	Serra do Buriti - PA	Pires, M. J.	12710

Caracterização macroscópica e organoléptica da madeira

Para melhor visualização e interpretação das estruturas anatômicas da madeira da seringueira e do glícia foi utilizado uma lupa conta-fios de 10x de aumento. Nesta fase, além da análise macroscópica, foi realizada a caracterização das propriedades organolépticas como: cor, textura, grã, desenho, dureza, etc.

As estruturas anatômicas macroscópicas e organolépticas da madeira foram descritas de acordo com as normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA, 1992). O registro digital fotográfico da macroscópica foi realizado na superfície transversal das amostras de madeira de seringueira, com uma lupa acoplada a uma câmera, a escala das imagens foram feitas no *software* ImageJ.

Preparo do material macerado

Para o preparo do material macerado retirou-se pequenos fragmentos de madeira, os quais foram transferidos para tubos de ensaio com solução macerante composto por peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial na proporção de 1:1 (DADSWELL, 1972). Em seguida, o material foi levado para estufa a 60 °C por 48 horas, lavou-se com água corrente e foram corados com corante safranina alcoólica 1%, posteriormente as lâminas semipermanentes foram montadas com glicerina.

Para o estudo da morfologia e a avaliação das dimensões, as células dissociadas do lenho montadas em lâminas semipermanentes foram visualizadas sob microscópio, acoplado à câmera de vídeo e sistema de análise de imagens, no qual foi realizado a mensuração 50

unidades de fibras e 30 unidades de elementos de vaso de cada amostra de madeira, as variáveis anatômicas mensuradas foram o comprimento (mm), espessura da parede (μm) e largura do lume das fibras (μm), o comprimento e o diâmetro dos elementos de vasos (μm). O estudo foi conduzido no Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira (LANTOM) da Universidade Federal Rural da Amazônia – *Campus* Capitão Poço (UFRA/CCP).

Cálculo dos índices de resistência

Os índices indicativos analisados foram propostos por Foelkel e Barrichelo (1975), considerou-se o índice de Runkel (Equação 1), coeficiente de flexibilidade (Equação 2), índice de enfiamento (Equação 3) e fração parede (Equação 4). Os índices indicativos da qualidade da fibra da madeira foram calculados no *Software* Excel.

$$IR = 2e/d \quad (1)$$

Em que: e = espessura da parede; d = diâmetro do lume.

$$CF = (d/D) \times 100 \quad (2)$$

Em que: d = diâmetro do lume; D = largura da fibra.

$$IE = C/D \quad (3)$$

Em que: C = comprimento da fibra; D = largura da fibra.

$$FP = (2e/D) \times 100 \quad (4)$$

Em que: e = espessura da parede; D = largura da fibra.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características macroscópicas

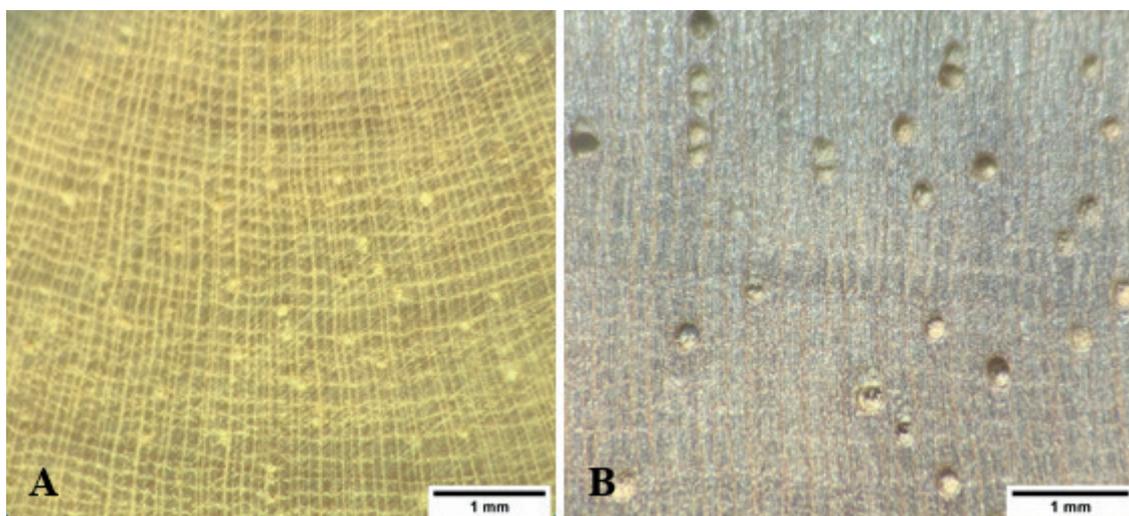
Hevea guianensis

A caracterização anatômica da madeira de *H. guianensis* demonstrou que a espécie apresenta as seguintes características: parênquima axial visível a olho nu, apotraqueal em faixas. Raios visíveis a olho nu na seção transversal e com lente de 10x na seção tangencial, não estratificados. Vasos visíveis a olho nu com baixa frequência, porosidade difusa não uniforme, agrupamento solitário e com placas de perfuração simples (Figura 1).

Nos estudos de Gomes e Silva (1992) e Ramos *et al.* (2018) ambos apresentaram resultados semelhantes a esta pesquisa na descrição macroscópica de espécies do gênero

Hevea Aubl. como vasos, parênquima e raios visíveis a olho nu na seção transversal, baixa frequência de vasos e placas de perfuração simples.

Figura 1. Seção transversal macroscópica das amostras 1 (A) e 2 (B) de *Hevea guianensis*.

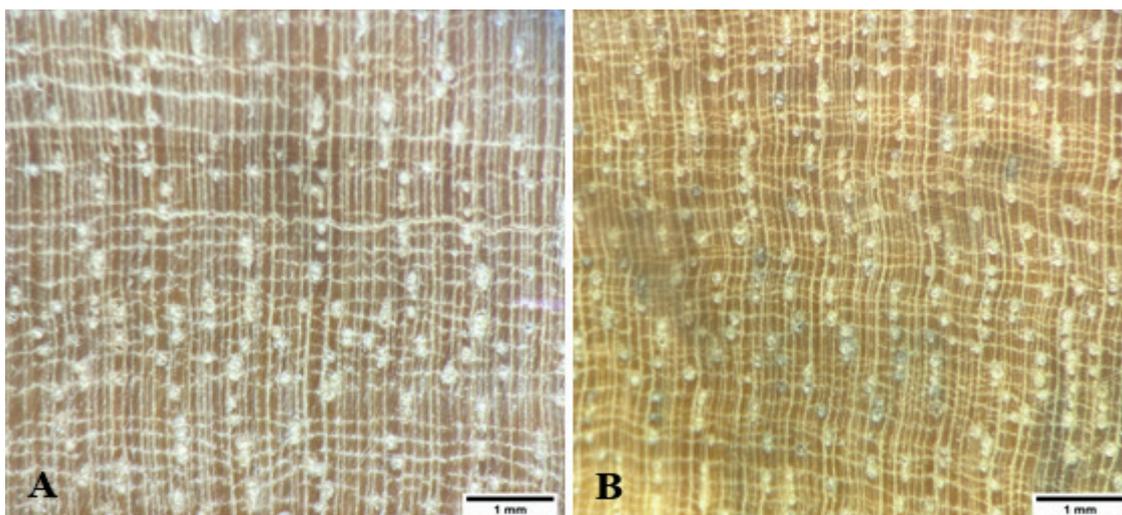


As propriedades organolépticas da madeira de *H. guianensis* foram caracterizadas com coloração amarelo claro a amarelo acinzentado, brilho moderado, cheiro imperceptível, grã direita, textura média, desenho verificado (presença de manchas, linha acentuada e destaque para o topo e lateral dos raios) e camadas de crescimento distintas. Características semelhantes foram verificadas na madeira de *H. brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss) Mull. Arg. como cheiro imperceptível, textura média e figura presente, causada por manchas ou faixas de cores distintas, contudo a espécie difere-se por não apresentar brilho nas superfícies longitudinais e ser caracterizada com grã entrecruzada ou revessa (LPF, 2021).

Glycydendron amazonicum

A descrição anatômica da madeira de *G. amazonicum* demonstrou as seguintes características: parênquima axial visível a olho nu, apotraqueal em faixas finas. Raios visíveis a olho nu na seção transversal e com lente de 10x na seção radial, não estratificados na seção tangencial. Vasos visíveis a olho nu, porosidade difusa não uniforme, agrupamento geralmente em grupos radiais e com placas de perfuração simples (Figura 2).

Figura 2. Seção transversal macroscópica das amostras 1 (A) e 2 (B) de *Glycydendron amazonicum*.



Estudos realizados por Trevizor (2011) também apresentaram resultados semelhantes na pesquisa de descrição macroscópica para a mesma espécie, onde os vasos estão em cadeias radiais curtas com porosidade difusa não uniforme, parênquima axial em linhas finas e raios com estratificação ausente.

A madeira de *G. amazonicum* foi caracterizada com coloração castanho claro rosado, brilho moderado, textura fina, grã direita, cheiro e gosto imperceptível. Essas mesmas características foram encontradas por Santini Junior (2013) para a espécie de *G. amazonicum*.

Morfologia das fibras e elementos de vasos

Hevea guianensis

A média do comprimento da fibra do estudo foi de 1,28 mm (Tabela 2; Figura 3A), classificando-a como fibra curta segundo Robert (2007). Valores semelhantes foram verificados em *H. brasiliensis* nos estudos de Ferreira *et al.* (2011) com madeira juvenil obtendo o comprimento médio de 1,24 mm e Faria *et al.* (2019) verificou o comprimento da fibra de 1,33 mm em um povoamento com cerca de 20 anos de idade.

Tabela 2. Medidas descritivas das dimensões das fibras e vasos de *Hevea guianensis*.

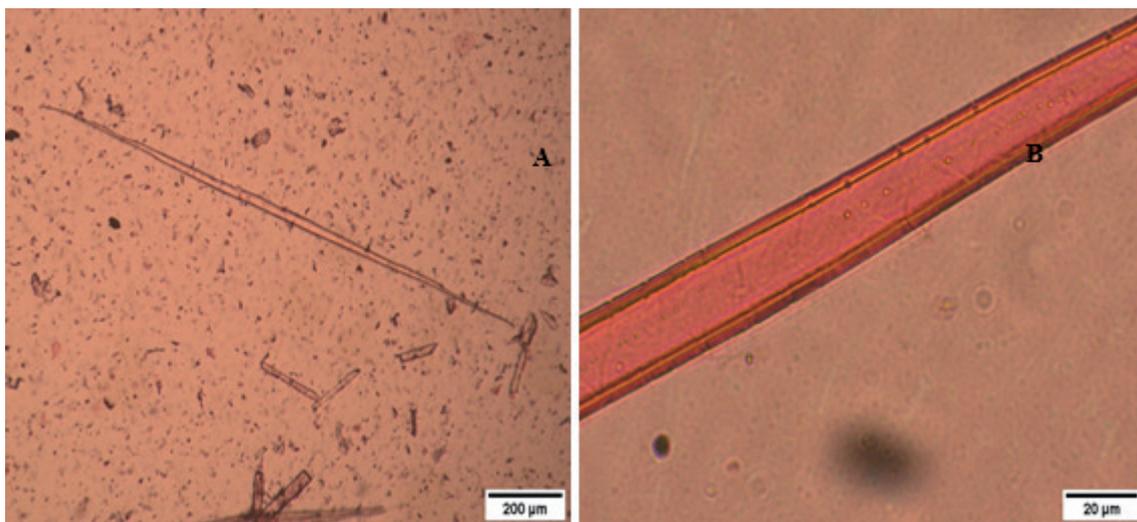
	Comprimento da fibra (mm)	Largura da fibra (µm)	Largura do Lume da fibra (µm)	Espessura da Parede da fibra (µm)	Comprimento do vaso (µm)	Largura do vaso (µm)
Média	1,28	25,19	15,72	4,73	125,48	45,16
Desvio padrão	0,23	4,17	4,02	1,03	150,94	35,90
Coefficiente de variação (%)	18,06	16,55	25,54	21,76	120,29	79,50

Algumas propriedades do papel podem ser afetadas pelo comprimento da fibra, principalmente as resistências ao rasgo e a dobras, as fibras mais curtas são inferiores nestas propriedades em comparação com as de maior comprimento, como as de conífera (SANTOS, 2005), que possibilitam maior entrelaçamento das fibras, aumentando a resistência do papel

(BENITES *et al.*, 2015). Segundo Faria *et al.* (2019), madeiras com fibras curtas possuem maior capacidade absorvente.

A largura média das fibras de *H. guianensis* foi de 25,19 μm (Tabela 2; Figura 3B). Izani e Hamami (2008), caracterizando quatro espécies do gênero *Hevea* Aubl., observaram que a *H. guianensis* apresentou maior largura das fibras (24,9 μm) entre as espécies estudadas. Quanto mais larga as fibras, menor a resistência do papel ao rasgo e arrebentamento, fato observado no índice de enfiamento e no coeficiente de flexibilidade, que tendem a diminuir com o aumento da largura da fibra (SANTOS, 2005; FARIA *et al.*, 2019).

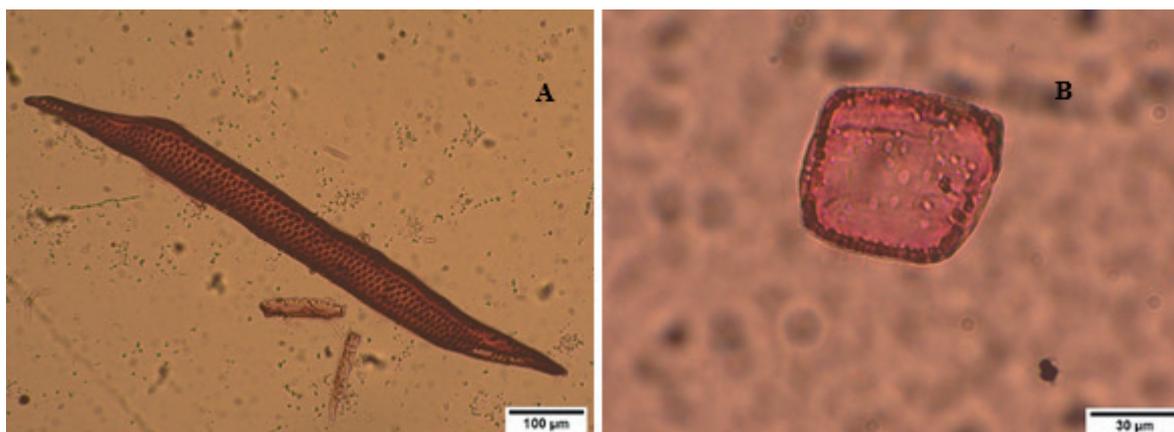
Figura 3. Visualização da fibra (A) de *Hevea guianensis* com destaque para a espessura da parede (B).



A espessura média da parede da espécie do estudo foi de 4,73 μm (Tabela 2; Figura 3B). Valores semelhantes foram verificados na espessura da parede de *H. brasiliensis* nos estudos de Ramos *et al.* (2018) e Faria *et al.* (2019) com 5 e 5,75 μm , respectivamente. Fibras de parede mais espessa são mais adequadas para a produção de papeis com a finalidade de absorção, onde a matéria prima utilizada resulta em papeis de alto volume específico e baixa densidade (MOKFIENSKI *et al.*, 2008).

A média do comprimento e largura dos vasos da *H. guianensis* foram respectivamente, 125,48 e 45,16 μm (Tabela 2), verificou-se a presença de elementos de vasos com características distintas (Figura 4A e 4B). O estágio evolutivo da espécie e a adaptação desta às condições ambientais podem explicar os diferentes aspectos dos elementos de vasos e o tipo de placa de perfuração (BURGER; RICHTER, 1991). Segundo Boschetti *et al.* (2015), a elevada presença de vasos tende a diminuir a percentagem de fibras, diminuindo a densidade da madeira. Ademais, madeiras que apresentam maior porosidade facilitam a impregnação de reagentes no cozimento na polpação kraft (SOUZA, 2014).

Figura 4. Elementos de vaso (A e B) presentes na espécie *Hevea guianensis Glycydendron amazonicum*.



A média do comprimento da fibra do estudo foi de 1,51 mm (Tabela 3; Figura 5A), apresentando valor próximo com relação aos valores médios relatados para as espécies de folhosas (comprimento médio < 1,5 mm; Menegazzo, 2012). Trevizor (2011) encontrou o comprimento da fibra de *G. amazonicum* com 1,33 mm.

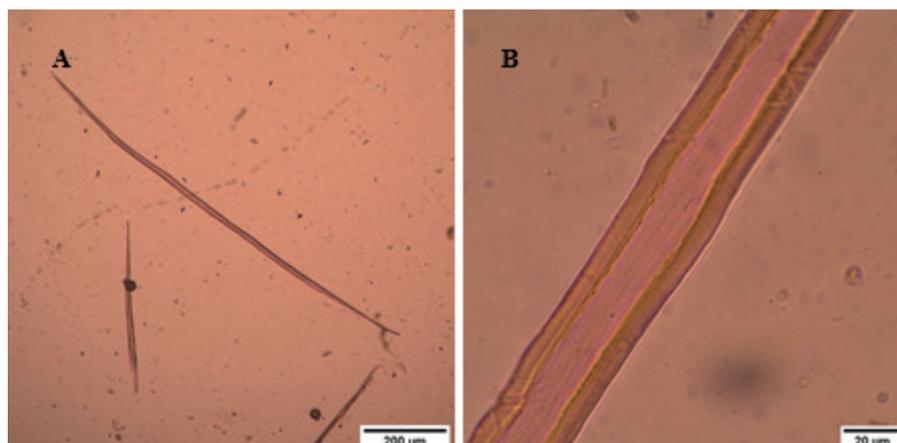
Tabela 3. Medidas descritivas das dimensões das fibras e vasos de *Glycydendron amazonicum*

	Comprimento da fibra (mm)	Largura da fibra (µm)	Largura do Lume da fibra (µm)	Espessura da Parede da fibra (µm)	Comprimento do vaso (µm)	Largura do vaso (µm)
Média	1,51	24,1	10,25	6,83	79,28	43,87
Desvio padrão	0,19	6,13	2,49	2,36	36,96	14,51
Coefficiente de variação (%)	12,89	25,43	24,25	34,51	46,63	33,07

Fibras de folhosas mais longas são uma vantagem quando comparado com outras folhosas, visto que o comprimento da fibra é uma característica significativa, devido à relação com as resistências das fibras celulósicas e influência na resistência do papel à tração e ao arrebatamento (FREITAS *et al.*, 2017).

Os valores médios da largura das fibras e do lúmen foram de 24,1 e 10,25 µm (Tabela 3; Figura 5B). Estudos de Guma *et al.* (2015) e Siegloch *et al.* (2011), caracterizaram uma espécie pertencente à família Euphorbiaceae, no qual foi possível encontrar valores superiores para a largura das fibras (25-80 µm) e o diâmetro do lúmen (17,5 e 28,7 µm). O diâmetro do lúmen influencia tanto no coeficiente de flexibilidade, quanto no índice de Runkel e a largura está relacionada com o índice de enfiamento e coeficiente de flexibilidade (FOGLIATTO, 2018).

Figura 5. Visualização da fibra (A) de *Glycydendron amazonicum* com destaque para a espessura da parede (B).



A espessura média da parede celular da espécie de *G. amazonicum* é de 6,83 µm (Tabela 3), superior ao valor encontrado na literatura por Sieglloch *et al.* (2013), com 5,1 µm para a espécie *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch, pertencente a mesma família. Esse parâmetro tem relação com a flexibilidade das fibras, sendo que paredes mais finas conferem maior flexibilidade e menor resistência mecânica (MENEGAZZO, 2012).

A média do comprimento e largura dos vasos da *G. amazonicum* foram 79,28 e 43,87 µm (Tabela 3), respectivamente, observou-se a presença de elementos de vasos primitivos e vasos mais evoluídos (Figura 6A e 6B). Santini Junior (2013), encontrou valores superiores para a largura dos vasos (73 – 112 µm). A presença de vasos na celulose pode ser considerada uma desvantagem, visto que alguns papéis podem apresenta problemas na fabricação ou no uso, o caso mais conhecido é o fenômeno “picking”, onde acontece o arrancamento de vasos da superfície de papéis de impressão que recebem pouca colagem superficial ou revestimento (FOELKEL, 2009).

Figura 6. Elementos de vaso (A e B) presentes na espécie *Glycydendron amazonicum*.



Os aspectos anatômicos, físicos e químicos da madeira apresentam forte influência na qualidade da produção de celulose e papel, sendo considerados mutuamente dependentes, pois dificilmente se consegue alterar uma propriedade sem afetar outra (DIAS; SIMONELLI, 2013). Analisar a relação da dimensão das fibras da madeira é mais pertinente do que observar as dimensões isoladamente (MIRANDA *et al.*, 2012). Segundo Vivian *et al.* (2015),

o conhecimento da morfologia das fibras é importante para determinar o diagnóstico prévio sobre a qualidade final do papel, na qual essa caracterização das fibras pode ser utilizada nos parâmetros de qualidade, sendo eles, o índice de Runkel, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de enfiamento.

Índices de resistência

Hevea guianensis

A relação entre a rigidez e a capacidade de interligação da fibra pode ser estabelecida pelo índice de Runkel (IR; FOELKEL, 1978). Este é classificado em cinco grupos, estabelecidos como, grupo I (até 0,25) – excelentes para papel, grupo II (0,26 – 0,5) – muito boas para papel, grupo III (0,6 – 1,0) – boas para papel, grupo IV (1,1 – 2,0) – regulares para papel e grupo V (> 2,0) – não devem ser utilizadas para produção de papel, pois o grau de colapso é considerado muito baixo (RUNKEL, 1952).

O índice de Runkel obtido para a *H. guianensis* foi de 0,38 (Tabela 4), classificando-a no grupo II, considerada muito boa para produção de papel. A seringueira mostrou-se viável, quando comparada a espécies do gênero *Eucalyptus* L'Hér. que são consolidadas no mercado brasileiro de papel e celulose. Nos estudos de Carvalho (2000) e Duarte (2007) a espécie apresentou IR de 0,95 e 0,70, respectivamente. Vieira (2017) observou média acima de 1 para o IR de *Eucalyptus badjensis* Beuzev. & Welch.

Tabela 4. Índices de resistência das dimensões das fibras de *H. guianensis* Aubl.

Índice de Runkel	Coeficiente de Flexibilidade (%)	Índice de Enfiamento	Fração Parede (%)
0,38	62,42	50,93	37,58

A flexibilidade das fibras e a sua capacidade de se entrelaçar são fatores importantes para fabricação de celulose e papel, dessa forma o coeficiente de flexibilidade (CF) é um parâmetro que quantifica esses fatores (CASTELO, 2007). A faixa recomendada para o CF são valores entorno de 79 % (NISGOSKI *et al.*, 2012), pois quanto maior o valor desse índice, mais flexível tornam-se as fibras, aumentando a resistência ao arrebentamento (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). O CF da seringueira observado nesse estudo foi de 62,42 % (Tabela 4), superior ao encontrado para o *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. (53,23 %; TALGATTI *et al.*, 2020), mas abaixo do recomendado.

O índice de enfiamento (IE) da fibra de *H. guianensis* foi de 50,93 (Tabela 4), podendo ser considerado como um bom resultado quando comparado ao *Eucalyptus grandis* que obteve média de 28,09 (TALGATTI *et al.*, 2020) e resultados semelhantes foram verificados na espécie *H. brasiliensis* com IE de 54,08. Valores de IE superiores a 50 são mais

adequados, pois apresentam boas características do papel, estando relacionada as dobras duplas e ao rasgo (BALDI, 2001; MOGOLLÓN; AGUILERA, 2002; TRUGILHO *et al.*, 2005).

Segundo Boschetti *et al.* (2015), a rigidez da fibra associado a flexibilidade para ligação e o colapso podem ser compreendidos pelo valor da fração parede (FP). A seringueira apresentou o valor de FP igual a 37,58 % (Tabela 4), sendo considerado fibras com baixa rigidez, assim favorecendo a interligação destas. Valores superiores de FP foram encontrados para *E. grandis*, apresentando 46,74 % (TALGATTI *et al.*, 2020). Segundo Foelkel e Barrichelo (1975), as indústrias não desejam valores de FP superiores a 40 %, pois a produção de celulose não é de boa qualidade, devido a extrema rigidez das fibras, baixa flexibilidade e difícil interligação.

Glycydendron amazonicum

O IR obtido para a espécie *G. amazonicum* foi de 1,33 (Tabela 5) classificando-a no grupo IV, considerada regular para produção de papel. Nos estudos de Carvalho (2000) a espécie apresentou IR de 0,79 de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Resultados com valores altos não são desejados, visto que a fibra se torna rígida e com maior dificuldade de acomodação e união na folha de papel (NISGOSKI *et al.*, 2012).

Tabela 5. Índices de resistência das dimensões das fibras de *Glycydendron amazonicum*.

Índice de Runkel	Coefficiente de Flexibilidade (%)	Índice de Enfeltramento	Fração Parede (%)
1,33	42,53	62,76	56,7

O CF é a relação entre o diâmetro do lúmen e a largura da fibra, esse parametro influencia na resistência à tração e o estouro do papel (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). O CF da *G. amazonicum* foi de 42,53 % (Tabela 5), abaixo do recomendado por Nisgoski *et al.* (2012) recomenda-se resultados em torno de 79 %. Alencar (2002) encontrou resultados abaixo do recomendado para o híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, com o coeficiente de flexibilidade de 48,72 %. Quanto maior o valor do coeficiente de flexibilidade, mais fácil será a ligação entre as fibras, conferindo assim melhor resistência ao papel (FOELKEL; BARRICHELO, 1975).

O IE também está associado à flexibilidade da fibra, representado pela relação entre o comprimento e a largura da fibra, quanto maior esse índice mais flexíveis e melhores serão as propriedades do papel (MIRANDA; CASTELO, 2012). A espécie *G. amazonicum* apresentou uma média de 62,76 (Tabela 5), apresentando fibras longas em relação à média para folhosas. Suas fibras são largas, o que se reflete em um IE alto se comparado à *E. grandis* e *E. saligna*, com IE de aproximadamente de 54,01 e 52,08, respectivamente (MARTINS, 1983; SILVA, 2002).

A FP indica a rigidez da fibra e sua influência na qualidade da celulose, estando relacionada à resistência ao rasgo. Valores superiores a 40 % não produzem celulose de boa qualidade porque as fibras são extremamente rígidas, pouco flexíveis e com dificuldades nas interligações das mesmas de acordo com Foelkel e Barrichelo (1975). O valor médio obtido para fração parede da espécie *G. amazonicum* foi de 56,7 % (Tabela 5), encontrando-se acima da faixa ideal para a produção de papel (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). Resultados semelhante de FP foram encontrados para *E. dunnii*, apresentando 58,18 % (SBARDELLA, 2018).

■ CONCLUSÕES

A espécie *H. guianensis* não apresenta características marcantes na caracterização macroscópica e organoléptica, dificultando a identificação da espécie a nível macroscópico. A espécie *G. amazonicum* pode ser identificada a nível macroscópico pela presença de parênquima axial apotraqueal em faixas finas e pelos raios visíveis a olho nu no plano transversal e não estratificados na seção tangencial.

Baseado nos resultados do índice de Runkel, índice de enfiamento e fração parede, as fibras da madeira de seringueira apresentaram características viáveis para a produção de celulose e papel. Somente o coeficiente de flexibilidade apresentou-se abaixo do recomendado.

As fibras da madeira de glúcia foram consideradas regulares para produção de papel de acordo com o índice de Runkel. O coeficiente de flexibilidade e a fração parede apresentaram resultados insatisfatórios. Apenas o índice de enfiamento obteve resultados de acordo com indicado para a produção de papel.

■ REFERÊNCIAS

1. ALENCAR, G. S. B. **Estudo da qualidade da madeira para produção de celulose relacionada a precocidade na seleção de um híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla***. Dissertação (Mestrado em Ciências), ESALQ, Piracicaba-SP. 2002.
2. BALDI, F. Il Processo di produzione dele paste chimiche e il loro trattamento. In: CORSO DI TECNOLOGIA PER TECNICI CARTARI, Verona: Scuola Grafica Cartaria, 2001.
3. BENITES, P. K. R. M.; GOUVEA, A. F. G.; CARVALHO, A. M. M. L.; SILVA, F. C. Caracterização anatômica das fibras de oito espécies florestais do Cerrado de Mato Grosso do Sul para a produção de papel. **Ciência da Madeira**, v. 6, n. 2, p. 88-93, 2015.
4. BOSCHETTI, W. T. N.; PAES, J. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; DUDECKI, L. Características anatômicas para produção de celulose do lenho de reação de árvores inclinadas de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, n. 6, p. 459-467, 2015.

5. CAMPOS, E. S.; MARTINS, M. A. L.; FOELKEL, C. E. B.; FRIZZO, S. M. B. Seleção de critérios para a especificação de pastas celulósicas branqueadas de eucaliptos na fabricação de papéis para impressão “offset”. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 57 - 75, 2000.
6. CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
7. CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios e espaçamentos através do método não destrutivo de ondas de tensão**. 151p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
8. DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalyptus wood. **CSIRO Forest Products Laboratory**, Melbourne, n. 66, p. 1-28, 1972.
9. DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 3632-3646, 2013.
10. DUARTE, F. A. S. **Avaliação da madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globulus* e de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destinadas a produção de polpa celulósica Kraft**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
11. FARIA, D. L.; SANTOS, C. A.; FURTINI, A. C. C.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Qualidade da madeira de *Hevea brasiliensis* visando a produção de celulose e papel. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, v. 6, n. 11, p. 303-314, 2019.
12. FERREIRA, A. L.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil. **Eur. J. Wood Prod.** v. 69, p. 659–662, 2011. DOI: 10.1007/s00107-010-0510-2
13. FIRMINO, A. V. **Qualidade da madeira de andiroba em floresta de terra firme e várzea da Amazônia Oriental**. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Espírito Santo, 2016.
14. FOELKEL, C. E. B. Elementos de vaso e celulosas de eucalipto. **Grau Celsius**, 2009.
15. FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP – Semana do Papel, 8. São Paulo, 1975.
16. FOELKEL, C.E.B. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. **Boletim Informativo IPEF**, v. 6, n. 20, 1978.
17. FOGLIATTO, M. M. **Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* para produção de polpa celulósica**. Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos- PR, 2018.
18. FREITAS, T. P.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; SILVA, J. G. M.; PEREIRA, M. P. D. C. F.; FERREIRA, J. C. Potencial de uso da madeira de Liquidâmbar sp. Para a produção de polpa celulósica e papel. **Ciências Agrárias, Amazônia**, v. 60, n. 4, p. 328-334, 2017.
19. GOMES, J. I.; SILVA, E. M. S. da. Estudo anatômico da madeira do gênero *Hevea*. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, v. 8, n. 1, p. 03-44, 1992.

20. GUMA, R.; BALDIN, T.; DENARDI, L.; HASELEIN, C.R.; MARCHIORI, J.N.C. Anatomia da madeira de *Tetrorchidium rubrivenium* Poepp. ex Endl. (Euphorbiaceae). **Balduinia**, Santa Maria, n. 47, p. 12-18, 2015.
21. IBAMA-Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Normas para procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I.angiospermae, II.gimnospermae**. Brasília: 19 p. (Série Técnica, 15), 1992.
22. LPF-LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS. Madeiras Brasileiras. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/bd-madeiras-brasileiras>. Acesso em: 19 ago. 2021.
23. MARTINS, M. A. L. **Estudo tecnológico da polpação Kraft de *Acacia mearnsii* De Wild**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1983.
24. MENEGAZZO, M. L. **Características morfológicas de celuloses branqueadas de *Pinus* e *Eucalyptus* em analisador óptico automático de fibras**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2012.
25. MIRANDA, M. C. de; CASTELO, P. A. R. Avaliações anatômicas das fibras da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 03, n. 02, p. 80-88, 2012.
26. MOGOLLÓN, G.; AGUILERA, A. **Guía teórica y práctica de morfología de la fibra**. Mérida: Universidad de Los Andes, 2002. 48p.
27. MOKFIENSKI, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento da polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal**, v.18, p. 401-413. 2008.
28. MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Rev. Ciências rural**, Santa Maria, v.44, n.12, p.2186-2192, 2014.
29. NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; VENSON, I. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 203-211, 2012.
30. PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 2, p. 243-262, 2003.
31. RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. de F.; LIMA, H. R. P.; SANTOS, G. C. V. dos. Variação intraespecífica na anatomia do lenho de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Mull. Arg. relacionada à extração de látex. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 255-264, 2018. DOI: 10.5380/rf.v48 i2.55584
32. REIS, A. R. S.; ABREU, J. L. L. de; PINHO, D. M.; LISBOA, P. L. B.; URBINATI, C. V. Caracterização anatômica da madeira de mandioqueira (*Qualea* Aubl.) comercializada no mercado madeireiro do estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 19, p. 448-462, 2014.
33. REIS, P. C. M. dos; REIS, A. R. S.; LISBOA, P. L. B.; REIS, L. P. Anatomia do lenho de seis espécies do gênero *Cecropia* Loefl. (Urticaceae). **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 9, n. 1, p. 169-181, jan.-abr. 2014.

34. REMADE. **Madeiras brasileiras e exóticas – Glícia**. Disponível em: <http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/383/madeiras-brasileiras-e-exoticas/glicia> Acesso em: 08/08/2021.
35. ROBERT, N. T. F. **Produção de Embalagem de Papel**. Dossiê Técnico. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT, p. 16, 2007.
36. RUNKEL, R. O. H. Pulp from tropical wood. **TAAP**, v. 35, n. 4, p. 174-178. 1952.
37. SANTINI JUNIOR, L. **Descrição macroscópica e microscópica da Madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no Estado de São Paulo – Programas “São Paulo Amigo da Amazônia” e “Cadmadeira”**. Dissertação (Mestrado em Ciências), ESALQ, Piracicaba-SP, 2013.
38. SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade de polpa branqueada**. 160 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior d agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2005.
39. SBARDELLA, M. **Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii* visando a produção de polpa celulósica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos- PR, 2018.
40. SECCO, R. S; BIGIO, N. C. 2020. **Hevea in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22705> >. Acesso em: 18 jul. 2021.
41. SIEGLOCH, A.M.; MARCHIORI, J.N.C.; SANTOS, S.R. Estudos comparativos do xilema secundário de três espécies ornamentais de *Euphorbia*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 4, p. 643 - 652, 2013
42. SIEGLOCH, A.M.; SANTOS, S.R.; MARCHIORI, J.N.C. Estudo anatômico do lenho de *Colliguaya brasiliensis* Klotzsch EX Baill. (Euphorbiaceae). **Balduinia**, Santa Maria, n. 27, p. 27-33, 2011.
43. SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2002.
44. SILVA, M. G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
45. SILVA, R. E.; SOUZA, R. R.; BONFIM, F. S. A extração do látex e a coleta de sementes em comunidades da FLONA do Tapajós: bases empíricas para a discussão da racionalidade ambiental. **Gaia Scientia**, Edição Especial Cultura, Sociedade & Ambiente, v. 10, n. 1, p. 126-132, 2016.
46. SOUZA, M. J. C. de; SILVA, K. S. da; PERDIGÃO, C. R. V.; SILVA, G. R. da; MELO, L. E. de L. **Anatomia do lenho carbonizado de espécies madeireiras comercializadas na Amazônia**. Boletim Técnico nº 8 – Fundação Casa da Cultura de Marabá, 2015.
47. SOUZA, W. M. de; DALVI, L. C.; CAUX, L. S. de. Impregnação de cavacos de eucalipto com efluentes setoriais. **O Papel**, v. 75, p. 67-73, 2014.

48. TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G. da; BALDIN, T.; OLIVEIRA, L. H. de; SANTINI, E. J.; PASA, D. L. Caracterização anatômica de clones comerciais de *Eucalyptus* para a produção de papel. **BIOFIX Scientific Journal**, Curitiba, v. 5 n. 1 p. 65-70, 2020. DOI: dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.67625.
49. TREVIZOR, T. T. **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical Amazônia no Estado do Pará**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.
50. TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; GOMIDE, J. L.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MORI, F. A., GOMES, D. F. F. Clones de *Eucalyptus* versus a produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n2, p.145-155, 2005.
51. VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. **Celulose de fibra longa: uma oportunidade para a indústria brasileira?** BNDES Setorial 39, p. 281-342, 2014.
52. VIEIRA, H. C.; DANIELLI, D.; BUSS, R.; BORGES, D. W.; ROSA, T. O.; CARVALHO, C. A.; GAA, A.; RIOS, P. D. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do Papel da espécie de *Eucalyptus badjensis*. **In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**, Florianópolis, 2017
53. VIVIAN, M. A.; SEGURA, T. E. S.; BONFATTI JUNIOR, E. A.; SARTO, C.; SCHMIDT, F.; SILVA JUNIOR, F. G.; GABOV, K.; FARDIM, P. Qualidade das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus sylvestris* para a produção de polpa celulósica kraft. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 183-191, 2015.