

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – IB
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

ANA FABRÍCIA ALVES DE MIRANDA

**ESTUDO ANATÔMICO DO ENTRENÓ DE *Guadua* Kunth (POACEAE:
BAMBUISOIDEAE) OCORRENTES NO ESTADO DO ACRE-BRASIL**

Brasília -DF

Março, 2016

ANA FABRÍCIA ALVES DE MIRANDA

**ESTUDO ANATÔMICO DO ENTRENÓ DE *Guadua* Kunth (POACEAE:
BAMBUSOIDEAE) OCORRENTES NO ESTADO DO ACRE-BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestra em Botânica pelo Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Dalva Graciano-Ribeiro

Brasília – DF

Março, 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permanecer sempre comigo. Fonte de fé, força e esperança, combustível que move meu mundo e me ajuda a enfrentar os desafios da vida.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Dalva Graciano Ribeiro que me orienta desde a graduação. Muito obrigada pelo conhecimento compartilhado, confiança e compreensão.

Ao meu esposo Francisco Miranda pelo amor e companheirismo inigualáveis, ingredientes que me completam. Obrigada pela paciência, confiança e palavras de esperança nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Josefa e Odir, que durante todas as etapas da minha vida sempre se fizeram presentes, inclusive nesta.

Aos colegas da Botânica da UnB, em especial a Jéssika Vieira, Jéssica Maura e Marcos Augusto.

Ao SEBRAE-AC por apoiar as atividades de campo desta dissertação e incentivo ao conhecimento e divulgação das espécies de bambu nativo existentes no Acre.

À EMBRAPA-AC e Fundação de Tecnologia do Acre-FUNTAC pelo apoio logístico e infraestruturas necessárias durante as coletas de campo e realização deste estudo.

Agradeço a todos os servidores da anatomia do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) por ceder o espaço e o equipamento necessário. Em especial a analista ambiental Juliana Rodrigues que me acompanhou durante os trabalhos realizados no LPF.

Por fim, agradeço a todos os professores e servidores da UnB que contribuíram para minha formação profissional e para a realização deste trabalho.

“Como nunca antes na história, o destino comum nos conclama a buscar um novo começo. Isto requer uma mudança na mente e no coração. Requer, outrossim, um novo sentido de interdependência global e de responsabilidade universal”.

(Carta da Terra, 1992)

RESUMO

Este trabalho buscou produzir conhecimento básico a respeito da estrutura anatômica do entrenó do colmo de cinco espécies de bambu (*Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2, *Guadua* sp. 3, *Guadua* cf. *angustifolia* e *Guadua latifolia*) nativas do Estado do Acre-Brasil. A partir desses dados, indicar possíveis usos e comparar com a estrutura anatômica de espécies de bambu já exploradas economicamente. Foram retiradas amostras dos entrenós a 3m, 6m e 9m para análise em secções transversais e longitudinais e o dissociado de células. As espécies apresentaram cutícula espessa, epiderme esclerificada e células silicificadas com formato de sela. As estruturas anatômicas do entrenó das espécies analisadas foram observados predominantemente feixes tipo IIa e IIb, excetuando *Guadua* sp. 2 que apresentou também feixes vasculares do tipo III. O percentual de fibras cresce da base para o ápice e o inverso ocorre com o parênquima. Quando analisadas as dimensões das fibras (comprimento, espessura da parede celular, diâmetro total da fibra e diâmetro do lume) e as relações entre elas (índice de enfieltramento, coeficiente de flexibilidade, fração de parede e índice de Runkel) observou-se fibras longas e estreitas, o que influencia positivamente o enfieltramento, pouco flexíveis com grande percentual ocupado pela parede celular. Além disso, os altos valores do índice de Runkel indicaram pouca aptidão para a utilização na produção de papel. Contudo, as características anatômicas dos entrenós apontaram que esses colmos têm potencial para aproveitamento em diversas outras áreas, dentre as quais podem ser citadas: construção civil, produção de energia, produção de compósitos ou, até mesmo, papeis porosos.

Palavras-chave: usos finais, taboca, anatomia aplicada

ABSTRACT

This work sought to produce basic knowledge about the anatomical structure of the internode of five species of bamboo (*Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2, *Guadua* sp. 3, *Guadua* cf. *angustifolia* and *Guadua latifolia*) native of the Acre State - Brazil. From these data, indicate possible uses and compare with the anatomical structure of bamboo species exploited economically. Samples of internodes were removed to 3m, 6m and 9m for analysis on transverse and longitudinal sections and dissociated cells. The species have thick cuticle, epidermis sclerenchymatous and silicified cells with saddle shape. The anatomical structures of the internode of the analyzed species have predominantly bundles type IIa and IIb, except *Guadua* sp. 2 showing also vascular bundles type III. The fiber percentage increases from the base to the apex and the opposite occurs with the parenchyma. When analyzed fiber dimensions (length, cell wall thickness, luminal diameter and overall diameter of the fiber) and the relationships between them (felting index, flexibility coefficient, fraction wall and Runkel index) revealed that these species showed fibers long and narrow, which positively influences the felting, inflexible with a high percentage occupied by the cell wall. Furthermore, the high Runkel index values indicate little suitability for use in paper production. However, the anatomical characteristics of the stalks indicate that these species have potential for use in various fields, among which may be cited construction, power generation, production of composites and porous paper.

Keywords: final uses, taboca, applied anatomy

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- FIGURA 1.1:** Corpos de prova retirados a 9m, 6m e 3m, respectivamente, com aproximadamente 1cm de largura e 1 cm de altura.....33
- FIGURA 1.2:** Amostras de colmo inclusas em PEG e seccionada no micrótomo rotativo com auxílio de fita adesiva (A), imersos em água aquecida a 70° C (B) e coradas com azul de alcian e safranina (C)34
- FIGURA 1.3:** Secções transversais e longitudinais radiais da parede do colmo do entrenó de *Guadua* sp.1: (A) estrutura anatômica em vista transversal; (B) detalhe feixe vascular IIb com a bainha do floema bem desenvolvida com algumas camadas de fibras de paredes pouco espessadas no centro; (C) corte longitudinal com parênquima interfascicular; (D) corte longitudinal evidenciando fibras [FB], xilema [XL], floema [FL] e parênquima [PR].....39
- FIGURA 1.4:** Secção transversal da parede do colmo do entrenó de *Guadua* sp.2 – (A) estrutura anatômica; (B) vasos de metaxilema geminados; (C) feixe vascular do tipo III que ocorre na zona mediana e (D) feixe vascular do tipo IIa da zona interna; (E) região próximo ao anel medular com várias camadas de fibra.....40
- FIGURA 1.5:** Secção transversal da parede do entrenó do colmo de *Guadua* sp. 3 – (A) estrutura anatômica; (B) epiderme uma única camada [EP] e parênquima cortical [PC]; (C) feixe vascular IIb da zona mediana com a bainha do floema bem desenvolvida; (D) feixe vascular também do tipo IIb.....41
- FIGURA 1.6:** Secção transversal da parede do colmo do entrenó de *Guadua* cf. *angustifolia* – (A) estrutura anatômica; (B) epiderme e região do córtex evidenciando tricoma [TC] e estômato [ET]; (C) feixe vascular de formato elíptico da zona de transição com muitas camadas de fibras com paredes pouco espessadas tanto do lado do floema [BF] quanto a bainha do protoxilema [BP]; (D) detalhe feixe vascular IIb com a bainha do floema [BF] bem desenvolvida, porém com várias camadas de fibras de paredes pouco espessadas.....42
- FIGURA 1.7:** Secções transversais e longitudinais da parede do colmo do entrenó de *Guadua latifolia* – (A) estrutura anatômica; (B) detalhe da região da epiderme com cutícula [CT], epiderme [EP], estômato [ET], célula silicificada [CS] e hipoderme [HP]; (C) em corte longitudinal na região do córtex com os esclereides [ESC], parênquima cortical [PC] e fibras [FB]; (D) região próxima ao anel medular com várias camadas de fibra [FB]; (E) feixe vascular tipo IIa; (F) em destaque o floema com elementos do tubo crivado [ETC] e suas células companheiras [CC], placa crivada [PLC] e parênquima interfascicular com inúmeros grãos de amido [GA]..... 43

CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1: Mapeamento das áreas cobertas por bambuzais no Acre, elaborado a partir de imagens de satélite. Em vermelho, toda extensão das florestas abertas com predominância de *Guadua*. Em destaque, as regiões dos municípios de Assis Brasil (1) e Sena Madureira (2). Adaptado de: Freitas Júnior & Silveira (2009)59

FIGURA 2.2: Dissociado de células de *Guadua* ssp. nativas do Acre. (A) em destaque fibra encontrada em *Guadua* sp.1 com ponta assimétrica [PF]; (B) fibra com ponta acicular de *Guadua* sp. 3 [FB]; (C) exibe células parenquimáticas [PR] com inúmeros grãos de amido armazenados no citoplasma [GA] e macrotricomata [TC] visualizados em *Guadua latifolia*; (D) elemento de vaso [EV] com pontuações alternas alongadas horizontalmente [PT] e placa de perfuração simples [PP]; (E) elemento de vaso longo e estreito [EV] com uma extremidade reta e outra obtusa [EX] e placa de perfuração simples [PP] e fibras todas observadas em *Guadua* sp.1; (F) elemento de vaso curto e largo visto em *Guadua* sp.3.....72

FIGURA 2.3: Medidas de posição para comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Esp. Parede) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) para as cinco espécies de *Guadua* - *Guadua* sp.1(1), *Guadua* sp.2 (2), *Guadua angustifolia* (3), *Guadua* sp.3 (4) e *Guadua latifolia* (5), respectivamente. As caixas apontam a mediana, 1º e 3º quartis e valores atípicos (outliers ○)73

FIGURA 2.4: Medidas de posição estatística para os valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Esp. Parede) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* sp.1, sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas apontam a mediana, 1º e 3º quartis e valores atípicos (outliers ○)74

FIGURA 2.5: Medidas de posição estatística para valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* sp.2. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas evidenciam a mediana, 1º e 3º quartis e valores atípicos (outliers ○)75

FIGURA 2.6: Medidas de posição estatística para valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* cf. *angustifolia*. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas mostram a mediana, 1º e 3º quartis e valores atípicos (outliers ○)76

FIGURA 8.7: Medidas de posição estatística para valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* sp.3. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas marcam a mediana, 1º e 3º quartis e valores atípicos (outliers ○)77

FIGURA 8: Medidas de posição estatística para valores de comprimento, diâmetro do lume, espessura da parede e diâmetro da fibra ao longo do colmo de *Guadua latifolia*.....78

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1.1: Dados das coletas de <i>Guadua</i> spp. no Estado do Acre.....	33
TABELA 1.2: Valores médios para os percentuais dos tecidos por espécie.....	45
TABELA 1.3: Valores médios para os percentuais dos tecidos ao longo do colmo.....	45
TABELA 1.4: Diâmetro médio dos vasos de metaxilema, estatística descritiva e análise de variância, teste de Tukey a 5%.....	46

CAPÍTULO 2

TABELA 2.1: Dados das coletas de <i>Guadua</i> spp. no Estado do Acre.....	58
TABELA 2.2: Dimensões das fibras e estatística descritiva para as variáveis de comprimento, diâmetro total da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede.....	63
TABELA 2.3: Análise de variância para as dimensões de comprimento, diâmetro total das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras ao longo do colmo.....	64
TABELA 2.4: Análise de variância para as dimensões de comprimento, diâmetro das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede.....	65
TABELA 2.5: Análise das relações existentes entre as dimensões de comprimento, diâmetro da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede para valores médios, mínimos e máximos...	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Poaceae Barnhart.....	13
2.2. Bambusoideae Luerss.....	15
2.3. Bambusae Kunth ex Dumort.....	16
2.4. Guaduinæ Soderstr. & R. P. Ellis.....	16
2.5. <i>Guadua</i> kunth.....	17
2.6. Características anatômicas do colmo.....	18
2.7. Anatomia do colmo de <i>Guadua</i>	20
2.8. Algumas aplicações do colmo de bambu.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 1: Análise Anatômica e Biométrica do Entrenó de <i>Guadua</i> Kunth (Poaceae: Bambusoideae) Nativas do Acre-Brasil	30
RESUMO	31
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
3. RESULTADOS	35
3.1. Descrição Anatômica e Dados Biométricos por Espécie.....	35
3.1.1. <i>Guadua</i> sp. 1.....	35
3.1.2. <i>Guadua</i> sp. 2.....	35
3.1.3. <i>Guadua</i> sp.3.....	36
3.1.4. <i>Guadua</i> cf. <i>angustifolia</i>	37
3.1.5. <i>Guadua latifolia</i> (Bonpl.) Kunth.....	37
3.2. Aspectos Comuns Entre as Espécies Estudadas.....	44
4. DISCUSSÃO	46
4.1. Córtex.....	47
4.2. Região Vascular.....	48
4.3. Parênquima Interfascicular	48
4.4. Feixes Vasculares.....	49
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

CAPÍTULO 2: Dimensões das Fibras no Entrenó do Colmo de <i>Guadua</i> ssp. (Poaceae: Bambusoideae) Nativas do Acre-Brasil.....	55
RESUMO.....	56
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1. Dimensões das Fibras	61
3.1.1. Comprimento.....	61
3.1.2. Diâmetro total da Fibra.....	63
3.1.3. Diâmetro do Lume.....	65
3.1.4. Espessura da Parede.....	66
3.2. Relações Entre as Dimensões Fundamentais da Fibras.....	67
3.2.1. Índice de Enfeltramento.....	67
3.2.2. Fração de Parede.....	67
3.2.3. Coeficiente de Flexibilidade.....	69
3.2.4. Índice de Runkel.....	70
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os bambus de colmo lignificado são gramíneas perenes e de hábito arborescente e estão relacionados a aspectos culturais e de sobrevivência de várias populações humanas, principalmente no continente asiático. Apresentam múltiplos usos que vão desde matéria-prima para construção civil, movelaria, artesanato, produção de energia, tecidos, usos medicinais e, até mesmo, alimentação (LONDOÑO, 2002).

As populações de algumas regiões rurais da América Latina utilizam os bambus nativos, principalmente, do gênero *Guadua* Kunth, para construção de habitações e utensílios que são usados na realização de atividades cotidianas e necessidades básicas do dia-a-dia rural (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999; LONDOÑO, 2002).

O principal centro de diversidade desse gênero é a bacia Amazônica, quase 50% das espécies já registradas cientificamente ocorre nessa região (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999). As espécies *Guadua weberbaueri* Pilger e *Guadua sarcocarpa* Londoño & P. M. Peterson estão amplamente distribuídas nessa área e são as principais constituintes de extensas faixas de florestas com alta densidade de bambus que chegam a cobrir aproximadamente 180.000 km² na Amazônia Ocidental e se estendem do Acre ao Peru e à Bolívia.

No estado do Acre, estas florestas são chamadas pelos índios e pela população local de tabocais (FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004; NELSON & BIANCHINI, 2005) e podem ser facilmente visualizadas em imagens de satélite devido ao espectro diferenciado refletido por suas folhagens (NELSON, 1994). Imagens recentes indicam que na região leste do Acre existem aproximadamente 2 milhões de hectares de floresta aberta com predominância de *Guadua*, sendo que mais de 50% desta concentra-se nos municípios de Manoel Urbano, Xapuri e Sena Madureira (FREITAS JÚNIOR & SILVEIRA, 2009).

Estas imagens também levantam a possibilidade da existência de mais de dois taxa diferentes de *Guadua* compondo essa vegetação. Além disso, o monitoramento dessa área serviu para estimar a duração do ciclo de vida dessas plantas monocárpicas, entre 29 e 32 anos (NELSON & BIANCHINI, 2005). Essas características fenológicas são comumente registradas em bambus lenhosos o que dificulta a sua identificação por meio da utilização de chaves tradicionais, baseadas, principalmente, em caracteres florais.

Por esses motivos, o emprego de dados anatômicos tem se consolidado ao longo do tempo como uma ferramenta indispensável para solucionar questões taxonômicas desses indivíduos (CALDERÓN & SODERSTROM, 1980). Entretanto, um outro viés tem sido dado

aos estudos anatômicos relacionados à estrutura do colmo dos bambus. É muito frequente a realização de trabalhos anatômicos que têm como foco a caracterização anatômica do colmo relacionando-a à qualidade e ao aproveitamento desse recurso, principalmente, em substituição da madeira. Pois, faz-se necessário conhecer suas características anatômicas já que estas determinam suas propriedades (LIESE, 1987; LIESE, 2003).

No Brasil algumas medidas importantes foram implementadas com o objetivo de progredir o conhecimento e o uso dos bambus nativos, dentre estas estão a criação do Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais da Universidade de Brasília (CPAB-UnB) e a Rede Nacional do Bambu (ALMEIDA, 2006; LONGHI-WAGNER, 2012).

No Estado do Acre esses bambus nativos ocorrem em grande escala e poderiam ser melhor aproveitados, destacando assim, seu grande potencial econômico e de inserção em cadeias produtivas.

Apesar de crescentes, as iniciativas para aprimoramento do uso desse recurso vegetal ainda são embrionárias (AFONSO, 2011). O CPAB-UnB foi contratado em 2011 para desenvolver trabalhos técnico-científicos com os bambus ocorrentes na região dos municípios de Sena Madureira – AC e Assis Brasil – AC em parceria com o Governo do Acre, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE-AC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-AC) e a Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC). Foi elaborado o projeto “Estudos Morfológicos-Anatômicos de *Guadua* spp. no Estado do Acre” que teve como intuito fornecer conhecimento técnico-científico a respeito das espécies ocorrentes nessa região.

Este trabalho foi parte integrante do projeto supracitado e teve como escopo a construção de conhecimentos básicos científicos a respeito da estrutura anatômica do entrenó do colmo de cinco espécies de *Guadua*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Poaceae Barnhart

As gramíneas têm despertado grande interesse em torno dos seus aspectos evolutivos e de classificação. Isto se deve principalmente à sua importância econômica e ecológica para as populações humanas. Fazem parte da alimentação humana, além de servirem como ração para

diversos animais domésticos que também compõem nossa dieta (GPWG, 2001; KELLOGG, 2001). Ecologicamente, é um grupo de incontestável significância, haja vista sua diversidade e a ampla distribuição geográfica. Ocorrem em todos os continentes e estima-se que quase um terço da terra seca esteja coberto por alguma espécie de Poaceae (MATHEWS *et al.*, 2000; KELLOGG, 2001).

Alguns fósseis contendo grãos de pólen característicos dessa família sugerem que a origem das gramíneas na América do Sul e na África se deu por volta do final do Cretáceo (JACOBS *et al.*, 1999; KELLOGG, 2001). A princípio foram agrupadas junto à família Cyperaceae, com base, principalmente, nos seus caracteres florais. Mais tarde estas similaridades foram entendidas como características convergentes. Atualmente estudos baseados em sequências de DNA dividem a família em 12 subfamílias e compreendem mais de 11.000 espécies em aproximadamente 700 gêneros (DUVALL *et al.*, 2007; LONGHI-WAGNER, 2012; GPWG, 2012).

Formam um grupo monofilético composto por dois clados maiores, BEP (Bambusoideae, Ehrhartoideae, Pooideae) e PACMAD (Panicoideae, Arundinoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Aristidoideae e Danthonioideae), além das subfamílias Puelioideae, Pharoideae e Anomochlooideae em posições mais basais. Esta classificação está sustentada fortemente por dados moleculares e morfológicos (DUVALL *et al.*, 2007; GPWG, 2012; JONES *et al.*, 2014). Apresenta algumas sinapomorfias como: pólen com apenas uma abertura sem escrobículos; perianto reduzido ou ausente e o fruto do tipo cariopse que é exclusivo da família e caracterizado por apresentar o pericarpo completamente fundido à testa da única semente (GPWG, 2001).

São plantas anuais ou perenes, podem ser eretas, procumbentes ou em touceiras, rizomatosas ou estoloníferas, às vezes escandentes ou mesmo arborescentes. O porte nesse grupo é muito variado. As espécies anuais podem atingir até 5 m de altura, já as perenes podem chegar aos 30 m, como é o caso de alguns bambus. O colmo corresponde à parte aérea do caule, seu ápice geralmente culmina em uma inflorescência, normalmente morrem após florescer e frutificar, os indivíduos perenes podem desenvolver novos rebentos basais a partir do rizoma, parte subterrânea do caule. Apresentam flores pequenas e arranjas em inflorescência, geralmente, do tipo espiguetas que de forma ascendente são compostas pelas glumas, a lema e a pálea (METCALFE, 1960; DAHLGREN *et al.*, 1985).

Um tipo de inflorescência diferenciada, chamada de pseudoespigueta, ocorre na subfamília Bambusoideae. Esta e outras características, tais como: flores contendo seis estames e três estigmas e presença de ramos complexos são indícios que fazem da subfamília uma das mais cotadas para ocupar os ramos mais basais da família das gramíneas (SODERSTROM & LONDOÑO, 1987; MATHEWS *et al.*, 2000; GPWG 2001).

2.2. Bambusoideae Luer.

Esta subfamília é composta por três tribos: Bambuseae que corresponde aos bambus lenhosos tropicais, Arundinarieae que compreende os bambus lenhosos temperados e Olyreae a tribo dos herbáceos. Possuem aproximadamente 1.439 espécies descritas em 116 gêneros (BPG, 2012; KELCHNER & BPG, 2013).

Formam um grupo monofilético bem sustentado por dados moleculares e morfológicos, apresentam algumas sinapomorfias, tais como: a presença de pseudopecíolo, a primeira folha da plântula larga e posicionada horizontalmente e mesofilo formado por clorênquima fortemente assimétrico com células invaginantes ramificadas. É importante destacar também a presença de células fusoides, pois embora não seja sinapomorfia, é uma característica bem conservada nesse grupo (ZHANG & CLARK, 2000; GPWG, 2001; JUDZIEWICZ & CLARK, 2007). As papilas também são frequentemente encontradas em uma ou em ambas as superfícies foliares, embora às vezes apareçam apenas em células do complexo estomático da face abaxial (GPWG 2001; JUDZIEWICZ & CLARK, 2007; BPG, 2012).

Os bambus possuem grande diversidade morfológica, são plantas perenes ou raramente anuais, rizomatosas, herbáceas ou lenhosas, mas sem crescimento secundário. Há ocorrência de ramificações complexas nos colmos lignificados e em alguns casos presença de espinhos, características que também os diferem das outras gramíneas. Lâmina foliar geralmente plana, larga, lanceolada ou linear-lanceolada, com bainha que se articula com a lâmina pelo pseudopecíolo, venação tessellada que pode estar mais ou menos aparente. A inflorescência é muito variada, alguns grupos apresentam pseudoespigueta ao invés da espigueta (CALDERÓN & SODERSTROM, 1980; DAHLGREN *et al.*, 1985). Frequentemente com brácteas (glumas) bem desenvolvidas e os frutos podem ser secos (cariopse ou aquênio) ou carnosos, drupa ou semelhantes a bagas (CALDERÓN & SODERSTROM, 1980).

O Brasil é o país do Novo Mundo como maior diversidade de espécies de bambu. Ocorre um total de 34 gêneros, sendo 16 herbáceos com aproximadamente 75 espécies e 18 de bambus lenhosos com cerca de 155 espécies. Esta diversidade está distribuída desigualmente entre os biomas do país, a Mata Atlântica concentra a maior parte, seguida da Amazônia e em terceiro lugar o Cerrado. Aproximadamente 83% dos bambus lenhosos e 60% dos herbáceos nativos são endêmicos do país (FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004).

2.3. Bambuseae Kunth ex Dumort.

Esta tribo compreende os bambus tropicais com colmos lignificados e é a mais diversa dentro da subfamília Bambusoideae. Possui aproximadamente 784 espécies agrupadas em 66 gêneros divididos em sete subtribos, sendo três neotropicais com 19 gêneros e aproximadamente 377 espécies e quatro paleotropicais com 47 gêneros e cerca de 407 espécies (BPG, 2012).

Formam um grupo monofilético sustentado por dados moleculares e tem como sinapomorfia o desenvolvimento acrópeto ou bidimensional dos ramos (BPG, 2012; KELCHNER & BPG, 2013). Os membros dessa tribo apresentam rizomas bem desenvolvidos, geralmente paquimorfos, colmos lignificados e fortemente segmentados, ocos ou sólidos, brotos novos protegidos por folhas caulinares, ramificações complexas, lâmina foliar geralmente bem desenvolvida, decídua com lígula interna e externa, floração cíclica, gregária e monocárpica com longos ciclos de vida, inflorescência determinada ou indeterminada, bracteada ou não, gluma às vezes reduzida, lemas com várias nervuras, semelhantes a textura das glumas, paleas também possuem numerosas nervuras, flores bissexuais organizadas em espiguetas ou pseudoespiguetas, fruto basicamente cariopse, células fusoides estão quase sempre presentes, estômatos rodeados por papilas e corpos silicosos verticalmente alongados (CALDERÓN & SODERSTROM, 1980; LONDOÑO, 2002; BPG, 2012).

2.4. Guaduinae Soderstr. & R. P. Ellis

É uma subtribo endêmica do Novo Mundo, abrange cinco gêneros, *Guadua* (distribuído do México até a Argentina, em altitudes entre 0-2200 m), *Eremocaulon* Soderstrom & Londoño e *Apoclada* McClure (ocorre unicamente no Brasil), *Olmea* Soderstrom e *Otatea*

(McClure & E. W. Sm.) Calderón & Soderstrom (endêmicos do México), estes juntos englobam aproximadamente 45 espécies (LONDOÑO, 2002; JUDZIEWICZ & CLARK, 2007; BPG, 2012).

Estudos indicam o surgimento desta subtribo no final do Mioceno, provavelmente influenciado pelas mudanças ocorridas na região com o surgimento dos Andes (RUIZ-SANCHEZ, 2011). Sua monofilia é bem sustentada por dados moleculares e tem como sinapomorfias a presença de numerosas papilas e abundância de estômatos na face abaxial da lâmina foliar, é fortemente relacionada com a subtribo Arthrostylidiinae (JUDZIEWICZ & CLARK, 2007).

Os indivíduos desse grupo apresentam rizomas simpodial ou anfipodial, colmos ocos ou sólidos, ereto ou escandente, com espinhos ou não, uma gema por nó, inflorescências indeterminada ou determinada, espiguetas com flores com 3-6 estames, ovário glabro ou pubescente com 2-3 estigmas plumosos (LONDOÑO, 2002). Nervura saliente na face abaxial, ausência de esclerênquima intercostal, face abaxial geralmente com estômatos abundantes e papilas bem desenvolvidas, as células subsidiárias podem não apresentar papilas, contudo estas podem ser recobertas por papilas das células longas adjacentes (BPG, 2012).

Guadua é o gênero de maior importância econômica desse grupo, pois possui os mais altos bambus nativos do Novo Mundo (*Guadua chacoensis* Londoño & P. M. Perterson, *Guadua angustifolia* Kunth e *Guadua superba* Huber) o que potencializa seu uso comercial (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999; FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004; JUDZIEWICZ & CLARK, 2007).

2.5. *Guadua* Kunth

É um gênero neotrópico que engloba aproximadamente 30 espécies e se distribui a partir de 23° N no México a 35° S na Argentina, em locais com elevações entre 0 a 2.200 m, no entanto, são mais abundantes e diversificados em regiões abaixo de 1.500 m. Ocorre em vários tipos de ambientes, florestas tropicais, savanas, várzeas e matas de galeria (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999; LONDOÑO, 2002). Primeiramente foi agrupado junto a *Bambusa* Schreb. por ter algumas características semelhantes ao gênero, tais como: rizoma simpodial, capacidade de atingir grande porte, colmos eretos (pelo menos na base) e características semelhantes na

inflorescência. No entanto, foi reconhecido por Kunth em 1822 como um gênero à parte e abrigou sua primeira espécie, *G. angustifolia* (SODERSTROM & LONDOÑO, 1987).

Os bambus desse gênero são indivíduos de médio a grande porte, podem chegar a 30 m de altura e 20 cm de diâmetro, formam touceiras com colmos fortemente lignificados eretos na base e escandentes no topo, uma única gema por nó, rizomas com pescoços curtos ou alongados e entrenós fistulosos ou eventualmente sólidos na base (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999; CLARK & ELY, 2012).

As folhas caulinares em formato triangular com as margens da lâmina e da bainha contínuas, presença de espinhos nos ramos e colmos, uma pequena faixa com pelos brancos e curtos logo abaixo da linha do nó ou, às vezes, na região nodal, pálea de textura firme com asas acentuadas que saem da quilha e flores com três estigmas plumosos são sinapomorfias apresentadas pelo gênero (SODERSTROM & LONDOÑO, 1987; JUDZIEWICZ *et al.*, 1999; CLARK & ELY, 2011). O entrenó, frequentemente, apresenta um sulco acima da inserção dos brotos dos ramos complexos, as aurículas e fímbrias podem estar ou não presentes (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999).

Na região da bacia Amazônica e do Orinoco é encontrada 45% da diversidade de espécies do gênero, dentre estas *G. weberbaueri* é a mais difundida e se caracteriza por apresentar um rizoma com pescoços que podem chegar a 8 m, entrenó longo e com retenção de água (LOUTON *et al.*, 1996; JUDZIEWICZ *et al.*, 1999). Este comportamento de acúmulo de água na cavidade central do colmo também pode ser observado em *G. sarcocarpa*, *G. tagoara* (Nees) Kunth e *G. angustifolia* (JUDZIEWICZ *et al.*, 1999).

As coleções existentes hoje do grupo, geralmente, são incompletas, o que dificulta a elucidação das questões taxonômicas deste gênero (LONDOÑO & CLARK, 2002).

2.6. CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DO COLMO

O colmo das gramíneas é geralmente cilíndrico e possui septos transversais que dão origem a duas regiões visivelmente distintas: o nó e a porção que fica entre um nó e outro, o entrenó. Geralmente o entrenó é fistuloso. No entanto, alguns grupos de bambu podem apresentar entrenó sólido, já o nó é usualmente sólido e confere resistência e rigidez ao colmo. O processo de alongação dos colmos se dá a partir do tecido meristemático presente na região logo abaixo do nó, o meristema intercalar (METCALFE, 1960; LIESE, 1985).

O entrenó apresenta uma região mais externa, a epiderme que geralmente é constituída por uma camada de células esclerificadas, apresenta células longas e células curtas, suberosas e silicificadas, estas às vezes ocorrem em pares entre as células longas, já os estômatos são mais frequentes na região basal do que no ápice do colmo, além de tricomas tectores que usualmente estão presentes em colmos jovens. Logo abaixo da epiderme tem o córtex, a região subepidérmica. Este pode apresenta várias camadas de células esclerenquimáticas com paredes bem espessadas, a hipoderme. Seguida do parênquima cortical, geralmente homogêneo. Depois da região cortical, encontra-se a região vascular composta por feixes vasculares envoltos pelo parênquima interfascicular. Acredita-se que esta forma compacta das camadas do colmo e a cera que recobre a epiderme ajuda a evitar a perda de água. Geralmente, os caules dos bambus são fistulosos, isso ocorre durante o processo de crescimento, na região mais interna chamada de anel medular, se desenvolve uma cavidade central por morte do tecido medular (LIESE, 1998).

As células no entrenó são sempre orientadas axialmente, já nos nós as células apresentam interligações transversais e intensiva ramificação dos vasos que se encurvam radialmente para proporcionar a condução transversal através dos septos ou diafragmas nodais.

O parênquima fundamental que preenche toda a parede do colmo pode apresentar cloroplastos que atuam no processo fotossintético, além de armazenar substâncias ergásticas, principalmente amido. As fibras são células esclerenquimáticas que no entrenó ocorrem ao redor dos feixes formando uma bainha ou cordões isolados, constituem de 40% - 50% do tecido total do colmo e correspondem de 60% - 70% da massa do colmo. Estas são alongadas com extremidades afiladas, o comprimento dessas células é muito variável entre e dentre espécies, a proporção entre o comprimento e largura pode oscilar entre 150:1 - 250:1 (LIESE, 1985).

Estas características variam ao longo do colmo, verticalmente, com a diminuição drástica da proporção de tecido parenquimático e aumento da quantidade de fibras da base para o ápice. E no sentido horizontal, com o aumento da quantidade de parênquima e diminuição no número de feixes da zona periférica para a zona interna ao longo da região que vai desde a epiderme até o anel medular, chamada de parede do colmo (LIESE, 1985).

As fibras de bambu são muito resistentes e têm propriedades semelhantes às outras fibras naturais, podem servir como fonte opcional às fibras tradicionalmente usadas ou até mesmo para substituição das fibras sintéticas (MONTROYA *et al.*, 2006). São rígidas e curtas na parte externa e mais alongadas e muito resistentes à tensão na área intermediária e voltam a

diminuir em direção a parte interna onde são bem mais curtas (LIESE, 1985; LIESE, 1992; MONTOYA *et al.*, 2006).

A condução de água e dos produtos gerados na fotossíntese é realizada por feixes vasculares do tipo colateral que apresentam uma distribuição difusa, como é característico das monocotiledôneas, podem ter formato circular, alongado ou elíptico (METCALFE, 1960; LIESE, 1998). Os feixes vasculares, rodeados por bainhas esclerenquimáticas, são constituídos pelo protoxilema com vasos menores, o metaxilema com vasos maiores e o floema constituído pelos elementos do tubo crivado ligados às células companheiras.

Também existem variações de tamanho dessas células de acordo com a localização delas no colmo, os vasos da parte interna possuem um diâmetro maior do que os que estão localizados mais externamente. Os componentes dessa estrutura têm que manter sua capacidade de condução por toda vida do colmo, pois uma vez que o entrenó está maduro não há reposição dessas células. A deposição de substâncias semelhantes à goma nas paredes dos vasos e tubos crivados pode estar relacionada com a morte do mesmo (LIESE, 1985; LIESE, 1998).

Inicialmente, Grosser e Liese (1971) descreveram 4 tipos (I, II, III e IV) básicos de feixes vasculares observando a estrutura em relação à bainha esclerenquimática. Este estudo foi ampliado em Liese (1985) que considerou mais um tipo (V). Análises feitas por Sekar e Balasubramanian (1994) em *Bambusa vulgaris* Schrad. acrescentou o subtipo IIa. Estes trabalhos foram refinados e Liese e Grosser (2000) acrescentaram dois novos subtipos. Todos esses trabalhos enfatizam a importância da anatomia do colmo para a taxonomia dos bambus e destacam principalmente o papel dos feixes vasculares para essa finalidade.

2.7. ANATOMIA DO COLMO DE *Guadua*

Rúgolo-de-Agrasar & Rodríguez (2003) elaboraram uma chave de identificação para 15 espécies de bambus de colmos lignificados nativos da América do Sul, distribuídos em seis gêneros (*Chusquea* Kunth, *Guadua*, *Aulonemia* Goudot, *Colantheia* McClure & L.B.Sm., *Merostachys* Spreng. e *Rhipidocladum* McClure) utilizando apenas caracteres anatômicos do colmo. A descrição foi feita com base no proposto por Metcalfe (1960) e levou em consideração não só características dos feixes, mas também o número de camadas dos tecidos do córtex, presença ou não de parênquima subepidérmico e se esse se mostrava ou não esclerificado.

Dentre as espécies analisadas três eram do gênero *Guadua*, estas apresentaram semelhanças nos elementos dos seus feixes, no parênquima cortical e esclerênquima.

O colmo de *G. angustifolia* foi intensivamente caracterizado em diferentes estágios de vida em Londoño *et al.* (2002). Este é formado por 40% de fibras, 51% de parênquima e 9% de tecido condutor, apresenta feixes colaterais rodeados por parênquima fundamental, variam em forma, tamanho, número e concentração na medida em que se vai da zona periférica para a parte interna do colmo e também da base para o ápice.

Na zona periférica os feixes são bem menores, mais numerosos, em maior proporção e com uma maior porcentagem de fibras na bainha, já na região intermediária os feixes maiores que expõe maior valor na relação radial/tangencial, enquanto, na parte interna o diâmetro do metaxilema é maior, porém os feixes são mais espaçados (LONDOÑO *et al.*, 2002).

Na base o diâmetro e a espessura da parede do colmo são mais desenvolvidos do que no ápice. O córtex é revestido por uma epiderme com alta concentração de células silicificadas que aparecem em pares com as suberosas e contribuem para a rigidez do colmo, em colmos jovens a epiderme conta com uma fina cutícula e alguns tricomas tectores unicelulares, mas essas características não são suficientes para determinar a idade do colmo. Há hipoderme esclerenquimática com até 8 camadas, parênquima interfascicular homogêneo e suas células aumentam de tamanho a partir da periferia para a zona interna.

Ainda de acordo com Londoño *et al.* (2002) não há mudanças significativas nas proporções dos tecidos da estrutura anatômica que pudesse ser relacionada à idade do colmo, o que confronta com ideia defendida por Liese (1985). As diferenças anatômicas ao longo do colmo e de sua parede também foram encontradas em outros grupos como em *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schut. F.) Backer ex. K. Heyne analisado em três diferentes alturas por Prates (2013). O colmo dessa espécie apresentou a seguinte composição: 50% de parênquima, 40% de fibra e 10% de tecido condutor, valores próximos dos descritos por Liese (1985) e encontrados em *G. angustifolia* (LONDOÑO *et al.*, 2002).

Os feixes vasculares são dos tipos III e IV, estes diminuem de tamanho na medida em que vai da base para o ápice do colmo e aumentam da zona periférica em direção à interna. As fibras também apresentaram mudanças ao longo do colmo, principalmente, no diâmetro do lume e espessura da parede celular. Todos esses parâmetros mensuráveis e suas variações, como já citado, são de grande valor taxonômico e tem se destacado como uma opção pragmática para ajudar na identificação desses indivíduos monocárpico.

A importância da anatomia do colmo para esse grupo também pode ser notada nos estudos de evidências fósseis. Dados relevantes da história evolutiva dos bambus estão sendo resgatados com o auxílio da caracterização anatômica, morfológica e dados moleculares dos colmos petrificados. Alguns trabalhos podem datar a ocupação dos ecossistemas por essas espécies e apontar possíveis locais de origem e difusão, além disso, estes estudos são fundamentais para se entender aspectos da distribuição atual desse grupo (BREA & ZUCOL, 2007; OLIVIER *et al.*, 2009; BREA *et al.*, 2013).

Contudo, a anatomia ligada à produção de conhecimento básico visando o aproveitamento desse recurso natural tem ganhado notoriedade. Vários trabalhos buscam relacionar a estrutura anatômica do colmo com suas propriedades físicas e mecânicas (LIESE, 1985; LIESE, 2003).

Em Zaragoza-Hernández *et al.* (2014) foi analisada a anatomia do colmo de *Guadua aculeata* Rupr. e os valores biométricos encontrados foram submetidos a índices que descrevem a qualidade da polpa que pode ser extraída dos colmos dessa espécie. Constatou que as dimensões das fibras de *G. aculeata* não atenderia às necessidades da indústria de papel, pois são fibras pouco flexíveis e com alto percentual de fração de parede, ou seja, com paredes muito espessas. Essas características foram descritas em outros trabalhos com espécies pertencentes a outros gêneros como em *Bambusa vulgaris* (GUIMARAES JÚNIOR *et al.*, 2010).

2.8. ALGUMAS APLICAÇÕES DO COLMO DE BAMBU

O bambu é considerado uma das plantas mais úteis para o homem. De acordo com a qualidade de sua “madeira” pode-se destiná-lo a vários usos. De modo geral, o colmo dos bambus é tradicionalmente utilizado na construção civil, fabricação de móveis (nesses casos se exigem estudos físicos-mecânicos complementares a anatomia, tais como, teor de umidade, massa específica, resistência à tensão de flexão e compressão), produção de papel e de tecidos, (o estudo anatômico é decisivo, pois, as características das fibras são determinantes), pode ser útil em projetos de recuperação de áreas degradadas como, por exemplo, na contenção de erosões e quando jovens, os brotos podem fazer parte da alimentação humana (LONDOÑO, 2002).

O colmo de bambu também tem sido utilizado em projetos arquitetônicos em substituição da madeira. Além das características estruturais e estética, o uso desse recurso

atende ainda a tendência atual que visa o uso de produtos que não degradam tanto o meio ambiente (TRUJILLO *et al.*, 2013). Diferentemente do que acontece com as árvores, a retirada do colmo não significa necessariamente a morte da planta, devido a capacidade de rebrota proporcionada pela parte subterrânea do caule, além disso, têm um rápido crescimento o que os qualificam como excelentes fixadores de carbono. Tudo isso pode diminuir os prejuízos à floresta e a pressão sobre o corte de árvores (OSTAPIV *et al.*, 2008).

Na construção civil ele pode ser utilizado de forma natural na produção de andaimes ou até mesmo em substituição do aço em estruturas de concreto armado, quando processado pode produzir laminados para acabamentos como pisos e revestimentos. Os principais gêneros empregados nesse ramo são: *Phyllostachys*, *Dendrocalamus* Nees, *Chusquea*, *Bambusa* e *Guadua* (DE OLIVEIRA, 2013).

O laminado de bambu é um dos produtos que começa a ganhar mercado no Brasil. Beraldo e Rivero (2003) analisaram e compararam a qualidade desses produtos feitos a partir de *Dendrocalamus giganteus* Wall. e *Bambusa vulgaris* e concluíram que os laminados produzidos a partir dessas espécies apresentam padrões físicos e mecânicos de interesse comercial. Observaram também que de acordo com a espécie se faz necessário a adaptação no processo de fabricação e tratamento químico. Segundo López e Correal (2009) a disposição das fibras axialmente determinam as características mecânicas desses laminados. Eles avaliaram a estrutura e o produto feito a partir de *G. angustifolia* também apresentou grande potencial para esse tipo de aproveitamento.

Apesar da alta qualidade, boa aceitação do produto e da vasta distribuição dos bambus nativos, no Brasil, não há um sistema produtivo industrial desse tipo de laminado. O que se vê é uma produção nacional simples que muitas vezes não ultrapassa o campo experimental ou artesanal. Entretanto, já existem no mercado, produtos vindos de países que já possuem uma cadeia produtiva bem estabelecida e produção sistematizada (BARELLI, 2009).

Outra área que se destaca é a de produção de fibras a partir da polpa, elas servem de base para fabricação de papel, tecidos e diversos compósitos (LONDOÑO, 2002; RAMIREZ *et al.*, 2012). A indústria de celulose encontrou no bambu uma fonte de fibras que pode substituir o uso de coníferas que possui grandes custos de produção e têm necessidades climáticas e de solo que limitam sua produção a alguns estados da Região Sul do Brasil. Teoricamente, todos os tipos de papel poderiam ser feitos com a celulose de bambu, no entanto,

atualmente essa matéria-prima está mais voltada à produção de embalagens, como sacos para embalar cimento (KLEINE, 2011).

O uso de bambu como fonte de celulose não é recente, principalmente em países como a China e a Índia que dominam o processo de cultivo e processamento do produto. O Brasil conta com grande diversidade de espécies nativas de médio a grande porte e em sua maioria do gênero *Guadua* que dominam grande áreas no Norte do país, porém, as espécies mais cultivadas aqui são exóticas, principalmente, *Bambusa vulgaris* e *Bambusa tuldoides* Munro que ocupam uma área de 55.000 hectares de florestas plantadas no Nordeste brasileiro (KLEINE, 2004).

O bambu também tem espaço na produção de energia, sendo possível obter etanol a partir do amido armazenado nos tecidos do colmo. Azzini *et al.* (1986) testaram a produção conjunta de fibras celulósicas e etanol da polpa de *B. vulgaris* e concluíram que esse sistema de produção conjunta é viável, com níveis de produção desejável, e tornaria o bambu competitivo.

O carvão vegetal de bambu é um exemplo de fonte de energia bastante utilizada em países asiáticos e africanos, porém, aqui o uso deste produto ainda é pouco expressivo. Brito *et al.* (1987) avaliaram as características de cinco espécies, sendo quatro exóticas e uma pertencente ao gênero *Guadua*, e compararam com *Eucalyptus* L'Her. constataram que o carvão de bambu apresenta rendimentos próximos aos observados em espécie madeireira. Contudo, esses autores ressaltaram que apesar do grande potencial para essa finalidade, faz-se necessário estudos econômicos com o intuito de analisar a viabilidade do produto. Resultado similar também foi encontrado por Sette (2015) que comparou a eficiência energética de dois híbridos de *Eucalyptus* com espécies de *Bambusa* e *D. asper*. Esse autor concluiu que as espécies de bambu estudadas apresentaram características energéticas análogas as apresentadas pelos híbridos de *Eucalyptus*.

Os brotos de bambu são fonte de nutrientes para humanos e animais em vários países, tradicionalmente, do continente asiático. Brito (2013) testou a inserção do bambu no cotidiano alimentar da população da cidade de Taquara-RS. O autor observou que esse produto se mostrou uma opção para diversificar alimentação das populações da região. Algumas ideias criativas também podem ampliar o leque de possibilidade de uso dessa matéria-prima.

A construção de quadros de bicicletas usando o colmo de bambu é um bom exemplo, ele apresenta características como resistência e leveza muito almejadas por esse setor, além disso, há incentivos adicionais tais como o baixo custo e a facilidade no processo de montagem (OLIVEIRA, 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, D. G. **Bambu Nativo (*Guadua spp.*):** Alternativa de Desenvolvimento Econômico e Sustentável para o Estado do Acre. 2011. 48 f. Monografia de Pós-Graduação (em Gestão da Indústria Madeireira). Departamento de Economia rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ALMEIDA, J. G. Proposta para a implementação de uma Rede Brasileira do Bambu. In: I Seminário Nacional do Bambu, I, 2006, Brasília, DF. In: **Anais do I Seminário Nacional do Bambu**. 2ed./org: Almeida J. G. e Teixeira A. A. Brasília: CPAB, Universidade de Brasília, 2011.

AZZINI, A; ARRUDA M. C.Q; CIARAMELLO, D; SALGADO, A. L. de B; TOMAZELLO-FILHO, M. Produção Conjunta de fibras Celulósicas e Etanol a partir do bambu. In: **Congresso Anual da ABCP**.19, 1986, Anais. São Paulo: ABTCP, p. 89-100, 1986.

BAMBOO PHYLOGENY GROUP - BPG. An updated tribal and subtribal classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). **Bamboo Science and Culture**, v. 24, p. 1-10, 2012.
BARELLI, B. G. P. **Design para sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 2009.150 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, SP, 2009.

BERALDO, A. L. & RIVERO, L. A. Bambu laminado colado (BLC). **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 36-46, 2003.

BREA, M. & ZUCOL, A. F. *Guadua zuloagae* sp. nov., the first petrified bamboo culm record from the Ituzaingó Formation (Pliocene), Paraná Basin, Argentina. **Annals of Botany**, v. 100, n. 4, p. 711-723, 2007.

BREA, M.; ZUCOL, A. F.; FRANCO, M. J. A new Bambusoideae (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guadueina) from the Ituzaingó Formation (Pliocene-Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 192, p. 1-9, 2013.

BRITO, J. O; TOMAZELLO-FILHO, M. & SALGADO, A.L. de B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **IPEF, Piracicaba**, n. 36, p. 13-17, 1987.

BRITO, J. S. de. **Utilização do broto de bambu como possibilidade de diversificação alimentar no município de Taquara/RS**. 2013. 52 f. TCC (Graduação em Desenvolvimento Rural) - Faculdade de Ciências Econômicas, UAB- UFRGS, São Francisco de Paula, RS, 2013.

CALDERÓN, C. E. & SODERSTROM, T. R. The Genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American Continent: Keys and Comments. **Smithsonian Contribution to Botany**, v. 44, p. 1-27, 1980.

CLARK, L. G. & ELY, F. U. Géneros de bambúes leñosos (Poaceae: bambusoideae: arundinarieae, bambuseae) de Venezuela. **Acta Botánica Venezuelica**, v. 34, n. 1, p. 79-103, 2011.

DAHLGREN, R. M. T.; CLIFORD, H. T.; YEO, P. F. **The Families of the Monocotyledons: Structure, Evolution and Taxonomy**. Berlin: Springer-Verlag, 1985.

DE OLIVEIRA, L. F. A. de. **Conhecendo bambus e suas potencialidades para uso na construção civil**. 2013. 90 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte- MG, 2013.

DUVALL, M. R; DAVIS, J. I; CLARK, L. G; NOLL, J. D; GOLDMAN, D. H. Phylogeny of the Grasses (Poaceae) Revisited. **Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany**, v. 23, n. 1, p. 237-247, 2007.

FILGUEIRAS, T. S. & GONÇALVES, A. P. S. A Checklist of Basal Grasses and Bamboos in Brazil (POACEAE). **Bamboo Science and Culture**, v. 16, n. 1, p. 7-18, 2004.

FREITAS JÚNIOR, J. L. & SILVEIRA, M. Padrões Espaciais e Temporais das Florestas com Bambu (*Guadua* spp.) no Sudoeste da Amazônia, Detectados Através de Imagens de Satélite. In: **IX Congresso Brasileiro de Ecologia: Ecologia e o Futuro da Biosfera**, São Lourenço, MG, 2009.

GRASS PHYLOGENY WORKING GROUP II- GPWG II. New grass phylogeny resolves deep evolutionary relationships and discovers C4 origins. **New Phytologist**, v. 193, p 304–312, 2012.

GRASS PHYLOGENY WORLD GROUP – GPWG I. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 88, n. 3, p. 373-457. 2001.

GROSSER, D. & LIESE, W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. **Wood Science and technology**, v. 5, n. 4, p. 290-312, 1971.

GUIMARÃES JÚNIOR, M; NOVACK, K. M; BOTARO, V. R. Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos. **Revista Ibero-americana de Polímeros**, v. 11, n. 7, p.442-456, 2010.

JACOBS, B. F; KINGSTON, J. D; JACOBS, L. L. The origin of grass-dominated ecosystems. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 590-643, 1999.

JONES, S. S; BURKE, S. V. & DUVALL, M. R. Phylogenomics, molecular evolution, and estimated ages of lineages from the deep phylogeny of Poaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 300, n 6, p. 1421-1436, 2014.

JUDZIEWICZ, E. J. & CLARK, L. G. Classification and Biogeography of New World Grasses: Anomochlooideae, Pharoideae, Ehrhartoideae, and Bambusoideae. **Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany**, v. 23, n. 1, p. 303-314, 2007.

JUDZIEWICZ, E. J; CLARK, L.G; LONDOÑO, X; STERN, M.J. **American Bamboo**. Smithsonian Institution Press. Washington and London, p. 392-247, 1999.

KELCHNER, S. A. & BPG. Higher level phylogenetic relationships within the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on five plastid markers. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 67, n. 2, p. 404-413, 2013.

KELLOGG, E. A. Evolutionary History of the Grasses. **Plant physiology**, v. 125, n. 3, p. 1198-1205, 2001.

KLEINE, H. J. Bambu: uma fibra excepcional. **O Papel**, Santa Catarina, nota técnica, v 64, n 7, p. 52-54, jul. 2004.

———. Celulose de Bambu: uma commodity em potencial. **PinusLetter**, Porto Alegre, n 31, fev. 2011. Disponível em:<http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_31.html>. Acesso em: 13 out. 2015.

LIESE, W. Anatomy and properties of bamboo. In: **Proc. Int. Bamboo Workshop, Hangzhou, China**. 1985.

———. Research on bamboo. **Wood Science and Technology**, v. 21, n. 3, p. 189-209, 1987.

———. The structure of bamboo in relation to its properties and utilization. In: **Zhu, S., Li, W., Zhang, X. Wang, Z. ed., Bamboo and its use. Proceedings of the International symposium on Industrial Use of Bamboo, Beijing, China**, p. 7-11, 1992.

———. **The anatomy of bamboo culms**. Brill, 1998.

LIESE, W. & GROSSER, D. An expanded typology for the vascular bundles of bamboo culms. In: **Proceedings of the Bamboo 2000 International Symposium. Thailand**, p. 121-134, 2000.

LIESE, W. Structures of a bamboo culm affecting its utilization. In: **Proceedings of International Workshop on Bamboo Industrial Utilization**. 2003.

LONDOÑO, X. & CLARK, L. G. Three new taxa of *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae) from South America. **Novon**, p. 64-76, 2002.

LONDOÑO, X. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. **Cátedra Maestría en Construcción. Módulo Guadua, Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia**, 2002.

LONDOÑO, X; CAMAYO, G. C; RIAÑO, N. M; LÓPEZ, Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. **Bamboo Science and Culture**, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2002.

LONGHI-WAGNER, H. M. Poaceae: an overview with reference to Brazil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 089-100, 2012.

LÓPEZ, L. F. & CORREAL, J. F. Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 11, n. 3, p. 171-182, 2009.

LOUTON, J; GELHAUS, J; BOUCHARD, R. The aquatic macrofauna of water-filled bamboo (Poaceae: Bambusoideae: *Guadua*) internodes in a Peruvian lowland tropical forest. **Biotropica (USA)**, 1996.

MATHEWS, S; TSAI, R.C; KELLOGG, E. A. Phylogenetic structure in the grass family (Poaceae): evidence from the nuclear gene phytochrome B¹. **American Journal Botany**, v. 87, n. 1, p. 96-107, 2000.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. 1. Gramineae. Orford: Clarendon Press, 1960.

MONTOYA, L. E. M; SERNA, L. R. O; LOS RÍOS, D; TRUJILLO, E. E. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. **Ingeniería y Desarrollo**, n. 20, p. 125-133, 2006.

NELSON, B. W. & BIANCHINI, M. C. Complete life cycle of southwest Amazon bamboos (*Guadua* spp) detected with orbital optical sensors. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Goiânia, Brasil**, p. 1629-1636, 2005.

NELSON, B.W. Natural disturbance and change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing Reviews**. v. 10, n. 1-3, p 105-125, 1994.

OLIVEIRA, F. H. **Utilização de bambu na construção de quadros de bicicletas**. 2009. 60 f. Monografia (graduação em engenharia de materiais). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2009.

OLIVIER, J; OTTO, T; RODDAZ, M; PIERRE-OLIVIER, A; LONDOÑO, X; CLARK, L. G. First macrofossil evidence of a pre-Holocene thorny bamboo cf. *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae) in south-western Amazonia (Madre de Dios-Peru). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 153, n. 1, p. 1-7, 2009.

OSTAPIV, F; SALAMON, C; GONÇALVES, M. T. T. Cursos tecnológicos de bambu *Guadua* no Acre: perspectivas sustentáveis e inovadoras. **Revista Científica de Educação**, v. 10, n. 10, p. 27, 2008.

PRATES, E. M. B. **Morfologia Externa e Anatomia do Colmo de *Dendrocalamus asper* (Poaceae: Bambusoideae) em duas Localidades no Distrito Federal, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. PPGEEL.DM214/2013. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2013.

RAMIREZ, F; GONZALEZ, M; MALDONADO, M. & NIVIA, J. Bamboo *Guadua* Fibers For Composites. In: **European Conference on Composite Materials**, Venice-Itália, v. 5, p. 24-28, 2012.

RÚGOLO-DE-AGRASAR, Z. E. R. & RODRÍGUEZ, M. F. Culm Anatomy of Native Woody Bamboos in Argentina and Neighboring Areas: Cross Section. **Bamboo Science & Culture**, p. 28-43, 2003.

RUIZ-SANCHEZ, E. Biogeography and divergence time estimates of woody bamboos: insights in the evolution of neotropical bamboos. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, v. 88, p. 67-75, 2011.

SEKAR, T. & BALASUBRAMANIAN, A. Structural diversity of culm in *Bambusa vulgaris*. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 25, n. 1/2, p. 25-31, 1994.
SETTE JR., C. R. **Potencial de espécies de Bambu como fonte energética**. Goiânia: Mimeo, 2015.

SILVEIRA, M. A **Floresta Aberta com Bambu no Sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas**. 2001. 66 f. Tese de Doutorado em Ecologia. 2001. 66 f. Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2001.

SODERSTROM, T. R. & LONDOÑO, X. Two new genera of Brazilian bamboos related to *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae). **American journal of botany**, p. 27-39, 1987.

TRUJILLO, D. J. A; RAMAGE, M; CHANG, W. S. Lightly modified bamboo for structural applications. **Proceedings of the ICE-Construction Materials**, v. 166, n. 4, p. 238-247, 2013.

ZARAGOZA-HERNÁNDEZ, I; LA ROSA, A. B. DE; SÁNCHEZ, F. J. Z; ORDÓÑEZ-CANDELARIA, V. R & BÁRCENAS-PAZOS G. M. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. **Madera y Bosques**, v. 20, n. 3, 2014.

ZHANG, W. & CLARK, L. G. Phylogeny and classification of the Bambusoideae (Poaceae). **Grasses: systematics and evolution**, p. 35-42, 2000.

**CAPÍTULO 1: Análise Anatômica e Biométrica do
Entrenó de *Guadua* Kunth (Poaceae: Bambusoideae)
Nativas do Acre-Brasil**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a descrição anatômica do entrenó do colmo de cinco espécies de bambu (*Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2, *Guadua* sp. 3, *Guadua* cf. *angustifolia* e *Guadua latifolia*) nativas do Estado do Acre-Brasil. O material foi coletado em regiões da mata ciliar do Rio Purus nas cidades de Sena Madureira e Assis Brasil. Para a descrição anatômica e biométrica adotou-se os seguintes critérios: características da epiderme e do córtex, tamanho, forma e distribuição dos feixes vasculares, diâmetro dos vasos de metaxilema, percentuais de parênquima e fibras + tecido vascular que foram analisados ao longo do colmo e da parede do entrenó. As espécies analisadas apresentaram variações em relação a ocorrência de tricomas, número de camadas do parênquima cortical, percentual de fibras, concentração e tamanho dos feixes vasculares. Foram observados feixes vasculares dos tipos IIa e IIb ocorrendo juntos ou sozinhos, enquanto em *Guadua* sp.2 ocorreram também feixes dos tipos III, vale ressaltar que este último não é frequentemente visualizado em espécies do gênero *Guadua*. Os diâmetros dos vasos de metaxilema não diferiram ao longo do colmo, mas se mostrou estatisticamente diferente entre as espécies. O percentual de fibra + tecido vascular na parede do colmo aumenta a partir da base para o topo. Os entrenós das espécies analisadas apresentaram entre 45- 53% de fibra + tecido vascular e 55 - 47% de parênquima.

Palavras-chave: taboca, parede do colmo, anatomia aplicada

1. INTRODUÇÃO

O bambu é uma das mais antigas matérias-primas orgânicas do mundo, utilizado para diversos fins no cotidiano das populações humanas de várias partes do mundo onde ocorrem. O gênero *Guadua* Kunth distribui-se por países da América do Sul, América Central e México. São bambus de médio a grande porte, o que favorece o aproveitamento desse material para vários fins, principalmente em substituição da madeira (JUDZIEWICZ *et al*, 1999; LONDOÑO & CLARK, 2002).

A região do Sudoeste da Floresta Amazônica é um dos centros de diversidade do grupo. *Guadua superba* Huber. também chamada de taboca gigante, sendo que essa espécie é colonizadora de clareiras no lado brasileiro, assim como *Guadua weberbaueri* Pilg. e *Guadua sarcocarpa* Londoño & P. M. Perterson amplamente difundidas nessa região (LOUTON *et al.*,

1996; JUDZIEWICZ *et al.*, 1999; FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004). Acredita-se que essas espécies possam ser as principais constituintes de longas faixas de florestas abertas com predominância de bambu, chamada popularmente no Acre de tabocais (SILVEIRA, 2001; NELSON & BIANCHINI, 2005).

Entretanto, estes bambus que dominam esta vasta área não têm seus aspectos botânicos bem conhecidos (FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004; JUDZIEWICZ & CLARK, 2007). Isso deve-se às difíceis condições de acesso da região e as particularidades biológicas – plantas monocárpicas com floração gregária e ciclos de vida entre 27-30 anos - apresentadas pelo grupo (SILVEIRA, 2001; FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004).

Com isso, por quase toda a vida estes indivíduos só possuem órgãos vegetativos, o que torna complexa a identificação dos mesmos, já que tradicionalmente usa-se vários caracteres florais para classificação e identificação de grupos botânicos (CALDERÓN & SODERSTROM, 1980; LIESE, 1985). Para superar essas dificuldades, têm se utilizado de técnicas moleculares, entretanto, a utilização de dados moleculares sem o uso de características morfológicas e anatômicas na taxonomia de bambu ainda não está bem estabelecida (GOYAL *et al.*, 2013).

Inúmeros trabalhos evidenciam a importância da anatomia do colmo como importante ferramenta no estudo dos bambus, seja para questões relacionadas aos seus aspectos botânicos ou para auxiliar no possível aproveitamento econômico desse recurso. A estrutura anatômica do colmo determina suas propriedades, apesar de se manter praticamente invariável entre espécies, expõe sutis diferenças que fazem com que certas espécies possam ser destinadas para determinados fins ao passo que outras são negligenciadas (LIESE, 1998; LIESE, 2003). O percentual de parênquima, comprimento e quantidade fibras, distribuição e forma dos feixes são dados fundamentais para direcionar sua utilização (LIESE, 2003).

Este trabalho teve como finalidade a descrição anatômica e a biometria do entrenó do colmo de cinco espécies de *Guadua* spp. nativos do Estado do Acre. Tendo como pontos de discussão as possibilidades de aproveitamento desses colmos e a produção de conhecimento básico a respeito dessas *Guadua* spp. e com isso também auxiliar na identificação dessas espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material vegetal foi coletado de bambuzais que ocorrem naturalmente nas florestas de mata ciliar às margens do Rio Purus na Reserva Extrativista Chico Mendes (Resex) nos municípios de Sena Madureira e Assis Brasil no Estado do Acre pela Prof^a. Dr^a. Dalva Graciano-Ribeiro da UFG em expedição realizada em 2011 (Tab. 1).

Segundo o especialista em taxonomia de Poaceae, Tarciso de Souza Filgueiras, trata-se de uma espécie nova (*Guadua* sp.3); duas possíveis espécies novas ou subespécies, pois as características não convergem plenamente com nenhuma das espécies já descritas (*Guadua* sp.1 e *Guadua* sp.2); possivelmente uma *Guadua angustifolia* Kunth, no entanto, existe a necessidade de outras análises para que se possa certificar essa identificação, portanto, aqui esta foi tratada como *G. cf. angustifolia*; e a quinta espécie identificada como *Guadua latifolia* (Bonpl.) Kunth.

TABELA 1: Dados das coletas de *Guadua* spp. no Estado do Acre

AMOSTRAS	REGIÃO	LOCALIZAÇÃO
<i>Guadua</i> sp.1	S. Madureira	08° 52' 07" S 68° 39' 31" W Alt. 158m
<i>Guadua</i> sp.2	S. Madureira	08° 51' 47" S 68° 40' 45" W Alt. 152m
<i>Guadua</i> sp.3	A. Brasil	10° 43' 03" S 69° 24' 09" W Alt. 238m
<i>G. cf. angustifolia</i>	S. Madureira	08° 51' 31" S 68° 40' 23" W Alt. 136m
<i>Guadua latifolia</i>	A. Brasil	10° 42' 52" S 69° 23' 57" W Alt. 228m

O material herborizado foi depositado no herbário da Universidade Federal de Goiás-UFG. Para realização do trabalho, foram retiradas amostras circulares dos entrenós dos colmos a 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice) de altura, conservados em solução de álcool 70% com 10% de glicerina, armazenados em vidros com tampa, identificados e transportados para o Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade de Brasília (UnB).

Foram feitos corpos de prova de aproximadamente 1cm de largura x 1 cm altura de cada altura (Fig. 1). Estes foram transferidos para solução de água e glicerina (1:1) e levados à autoclave por 10 horas para o amolecimento dos tecidos. Em seguida, foram inclusos em polietilenoglicol (PEG 1500) segundo adaptação do protocolo proposto em Freund (1970).



FIGURA 1: Corpos de prova retirados a 9m, 6m e 3m, respectivamente, com aproximadamente 1cm de largura e 1 cm de altura.

Os cortes transversais e longitudinais radiais foram realizados em micrótomo rotativo (espessura entre 20 e 25 μm). O PEG é muito friável e para evitar o rompimento dos tecidos as secções foram feitas com o auxílio de uma fita adesiva como sugerido em Barbosa *et al.* (2010). Estes foram imersos em água aquecida a 70° C, posteriormente, em solução de hipoclorito de sódio a 20% por 5 minutos, lavagem e em seguida corados em dupla coloração com azul de alcian – safranina 4:1 aquoso (Fig.2C). Posteriormente, desidratados em série etílica crescente e submetidos à bateria crescente de acetato de butila. As secções foram montadas em verniz vitral 500 ®, resina sintética usada como meio alternativo para montagem de lâminas permanentes como sugerido em Paiva *et al.* (2006).



FIGURA 2: Amostras de colmo inclusas em PEG e seccionada no micrótomo rotativo com auxílio de fita adesiva (A), imersos em água aquecida a 70° C (B) e coradas com azul de alcian e safranina (C).

Os cortes foram observados em microscópio óptico (40x, 100x, 200x e 400x) acoplado a um computador com o software (Leica Application Suite/Las EZ versão 2.0). Na descrição, as seguintes características foram consideradas: epiderme, hipoderme, parênquima cortical, parênquima fascicular e feixes vasculares. Nesse trabalho foram adotados para a descrição os critérios sugeridos em Graciano-Ribeiro *et al.* (2006) e a caracterização feita com base em Metcalfe (1960) e Liese (1998). Para a parede do colmo, região que compreende desde da epiderme até o anel medular, a descrita foi feita com base em quatro zonas: periférica, transição, mediana e interna como sugerido por Liese (1998) (Fig. 3A).

Para a parte biométrica, foram utilizadas imagens capturadas na microscópica óptica e analisadas com a utilização do software Image-Pro-plus (versão 4.0). A mensuração do diâmetro dos vasos de metaxilema foi realizada levando em consideração as quatro zonas da parede do colmo. Em cada zona foram mensurados 25 vasos de metaxilema, somando 100 vasos de metaxilema ao longo da parede do colmo em cada altura.

O mesmo software de processamento de imagens foi utilizado para determinar os percentuais médios de parênquima e fibras + feixes vascular. A quantificação dos tecidos foi realizada por padrão de coloração, portanto, optou-se por mensurar as fibras e o tecido vascular juntos, já que tanto as fibras quanto os elementos de vaso coram em safranina e em tons muito próximos.

Os valores encontrados para o diâmetro dos vasos de metaxilema foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o software SPSS (versão 19), com o intuito de verificar possíveis variações nesse parâmetro ao longo do colmo e entre as espécies.

3. RESULTADOS

3.1. DESCRIÇÃO ANATÔMICA E DADOS BIOMÉTRICOS POR ESPÉCIE

3.1.1. *Guadua* sp. 1 (Figura 3)

Epiderme com células epidérmicas comuns alongadas no sentido anticlinal. Hipoderme formada por 1-2 camadas de esclereides de aspecto arredondado. O parênquima cortical apresenta 7-10 camadas (Fig.3A). Na zona periférica os feixes estão separados por 1-3 camadas de células parenquimáticas com paredes bem espessadas; pequenas ilhas de fibras ocorrem entre os feixes situados ao longo da primeira camada, estas apresentam-se agrupadas em várias camadas em formato circular ou reduzidas a algumas fibras isoladas.

Na zona de transição os feixes estão separados por 3-5 camadas de parênquima com células maiores e ligeiramente espessadas. Nas zonas mediana e interna ocorrem feixes do tipo IIb (Fig. 3B) separados por várias camadas de células parenquimáticas com paredes delgadas. Ao redor do anel medular ocorrem algumas camadas de fibras com paredes muito espessadas.

O entrenó apresentou em média 53% de fibras + tecido vascular e 47% de parênquima (Tap.2), sendo que esse percentual variou ao longo do colmo, de forma que na base ocorreu uma maior quantidade de parênquima (58%) do que no ápice (37%) (Tab. 3). O diâmetro dos vasos de metaxilema apresentou 78, 12 µm em média (Tab. 4).

3.1.2. *Guadua* sp. 2 (Figura 4)

Epiderme formada por uma camada de células epidérmicas comuns alongadas no sentido anticlinal. Hipoderme formada por uma única camada de esclereides alongados semelhantes as células epidérmicas. O parênquima cortical apresenta de 8-10 camadas, células com paredes levemente espessadas a delgadas com conteúdo aparente (Fig. 4A). Na zona periférica os feixes estão separados por 4-6 camadas de parênquima com células de parede espessa, alguns pequenos feixes de fibras ocorrem entre os feixes dessa região vascular. Vasos geminados foram frequentemente visualizados nessa região (Fig. 4B).

A partir da zona de transição encontram-se alguns feixes do tipo III separados por 6-10 camadas de parênquima com paredes levemente espessada. Na zona mediana também se observa predominantemente feixes vasculares desse tipo (Fig. 4C), contudo, mais próximo da zona interna, ocorrem apenas feixes do tipo IIa (Fig.4D). Na interna os feixes encontram-se separados por várias camadas de parênquima, pequenos feixes também foram visualizados entre os grandes feixes dessa zona. Há 8-10 camadas de células esclerenquimáticas com paredes muito espessadas e lume reduzido (Fig. 4E).

O entrenó apresentou em média 45% de fibras + tecido vascular e 55% de parênquima (Tab. 2), os percentuais variaram da base para o ápice entre 61% - 46% de parênquima e 39% - 54% de fibras + feixes vasculares. Os diâmetros dos vasos de metaxilema apresentaram em média 81,05 μm (Tab. 4).

3.1.3. *Guadua* sp. 3 (Figura 5)

Epiderme formada por uma camada de células epidérmicas comuns alongadas no sentido anticlinal. Hipoderme formada por 1-2 camadas de esclerênquima com formato arredondado e paredes bem espessas (Fig. 5A). O parênquima cortical apresenta 8-10 camadas de células levemente espessas ou delgadas com conteúdo visível. Na região vascular a zona periférica apresenta parênquima interfascicular reduzido a 1-2 camadas entre os feixes, formados por células de paredes muito espessas (Fig. 5B).

Na zona de transição os feixes possuem bainhas bem desenvolvidas com fibras de paredes extremamente espessadas, encontrando-se espaçados por 4-6 camadas de parênquima esclerificado; as bainhas dos feixes dessa zona não apresentam diferenciação que corresponda a uma classificação. Na zona mediana ocorrem feixes apenas do subtipo IIb (Fig. 5C) com a

bainha do floema mais desenvolvida do que as outras e a bainha do protoxilema em forma de leque, sendo que algumas camadas de parênquima estão presentes no interior das bainhas do floema de alguns feixes. Na zona interna os feixes vasculares possuem uma bainha do protoxilema bem reduzida (Fig. 5D) e pequenos feixes ocorrem entre os feixes maiores, porém são pouco frequentes.

O entrenó é constituído por aproximadamente 49% de fibras + tecido vascular e 51% de parênquima (Tab.2). Os vasos possuem um diâmetro médio de 63,39 μm , este valor é significativamente menor do que as médias observadas para as demais espécies (Tab. 4).

3.1.4. *Guadua cf. angustifolia* (Figura 6)

Epiderme formada por uma camada de células epidérmicas comuns alongadas. Presença dois tipos de tricomas tectores unicelulares pequenos em forma de gancho e maiores e aciculares, além de grande quantidade de hifas de fungos (Fig. 6A). Hipoderme bem desenvolvida, formada por 3-4 camadas de esclereides de formato arredondado com paredes extremamente espessadas. O parênquima cortical apresentou de 6-8 camadas de células levemente espessadas e com conteúdo aparente (Fig. 6B).

A região vascular apresentou: na zona periférica o parênquima interfascicular com 4-6 camadas formadas por células maiores com paredes levemente lignificadas; na zona de transição as bainhas apresentaram grande quantidade de fibras de parede pouco espessada (Fig. 6C); na parte mediana os feixes estão separados por várias camadas de parênquima de paredes ligeiramente espessadas a delgada e por vezes com conteúdo aparente, feixes do tipo IIb (Fig. 6D) também com algumas camadas de fibras com paredes pouco espessadas na bainha do floema foram frequentemente observados nessa região; na zona interna o parênquima interfascicular é abundante e formado por paredes delgadas. Foram observadas algumas camadas (3-5) contínuas de células parenquimáticas com paredes muito espessadas na região próxima ao anel medular.

O entrenó apresentou em média 47 % de fibras + tecido vascular e 53 % de parênquima (Tab. 2), Sendo que esses percentuais variaram ao longo do colmo, da base para o ápice o percentual de parênquima variou entre 62% - 39% (Tab.3). O diâmetro para os vasos de metaxilema encontrado foi de 81,44 μm (Tab.4).

3.2.5. *Guadua latifolia* (Bonpl.) Kunth (Figura 7)

Epiderme formada por uma camada de células epidérmicas comuns de aspecto cuboides com paredes muito espessas e sem espaço intercelular. Observou-se dois tipos de tricomas: macrotricomas aciculares abundantes e tricomas de paredes delgadas menos frequentes. A hipoderme é muito desenvolvida, multisseriada, formada por 2-3 camadas de esclereides alongados e 1-2 camadas de esclereides em formato arredondado com paredes extremamente espessadas, em algumas regiões, adquirem aspecto ainda mais alongado e formam uma protuberância na parede do colmo (Fig. 7A, 7B e 7C). O parênquima cortical apresenta células com paredes fortemente esclerificadas (Fig. 7B).

Na zona periférica os feixes estão separados por 2-4 camadas de parênquima com células de paredes espessas, as bainhas são bem desenvolvidas e formadas por fibras de parede muito espessa, no entanto, em alguns feixes elas também apresentam algumas camadas de parênquima esclerificado; ilhas isoladas de fibras ocorrem entre os feixes mais externos. Na zona de transição os feixes estão separados por várias camadas de parênquima de paredes ligeiramente espessadas.

Na zona mediana observou-se feixes do subtipo IIa (bainhas aproximadamente do mesmo tamanho e a do protoxilema em forma de leque) rodeados por parênquima de paredes levemente espessas ou delgadas com conteúdo aparente (Fig. 7E). Na zona interna as bainhas estão reduzidas a algumas poucas camadas de fibras e várias camadas de parênquima com células de paredes ligeiramente espessadas. Fibras de parede muito espessadas também aparecem em 4-6 camadas ao redor do anel medular (Fig. 7B).

O entrenó apresentou aproximadamente 46% composto por tecido vascular + fibras e 54% de tecido parenquimático (Tab.2). Os vasos de metaxilema possuem em média 71,43 µm de diâmetro (Tab.4).

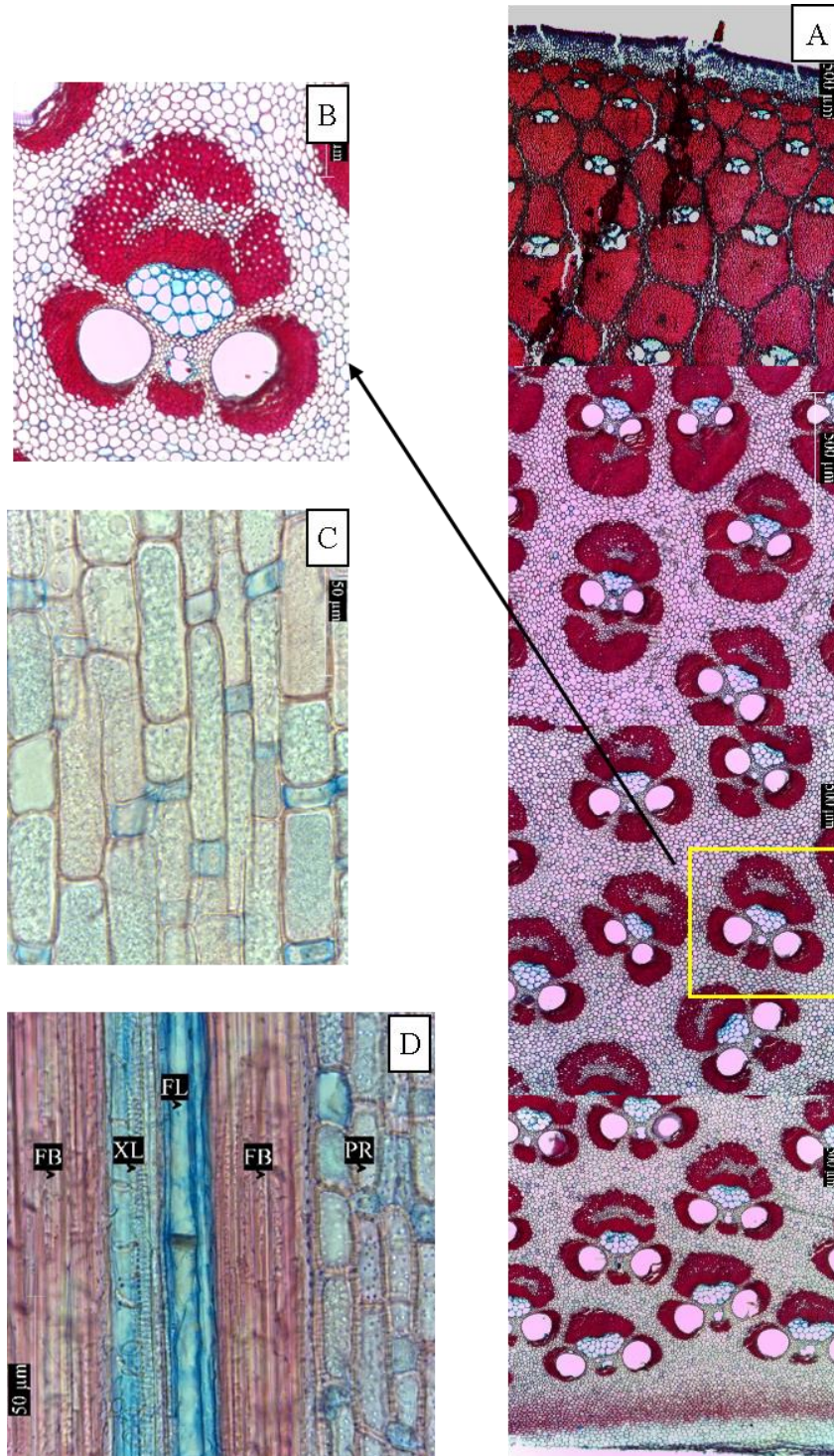


FIGURA 3: Secções transversais e longitudinais radiais da parede do colmo do entrenó de *Guadua* sp.1: (A) estrutura anatômica em vista transversal; (B) detalhe feixe vascular IIb com a bainha do floema bem desenvolvida com algumas camadas de fibras de paredes pouco espessadas no centro; (C) corte longitudinal com parênquima interfascicular; (D) corte longitudinal evidenciando fibras [FB], xilema [XL], floema [FL] e parênquima [PR].

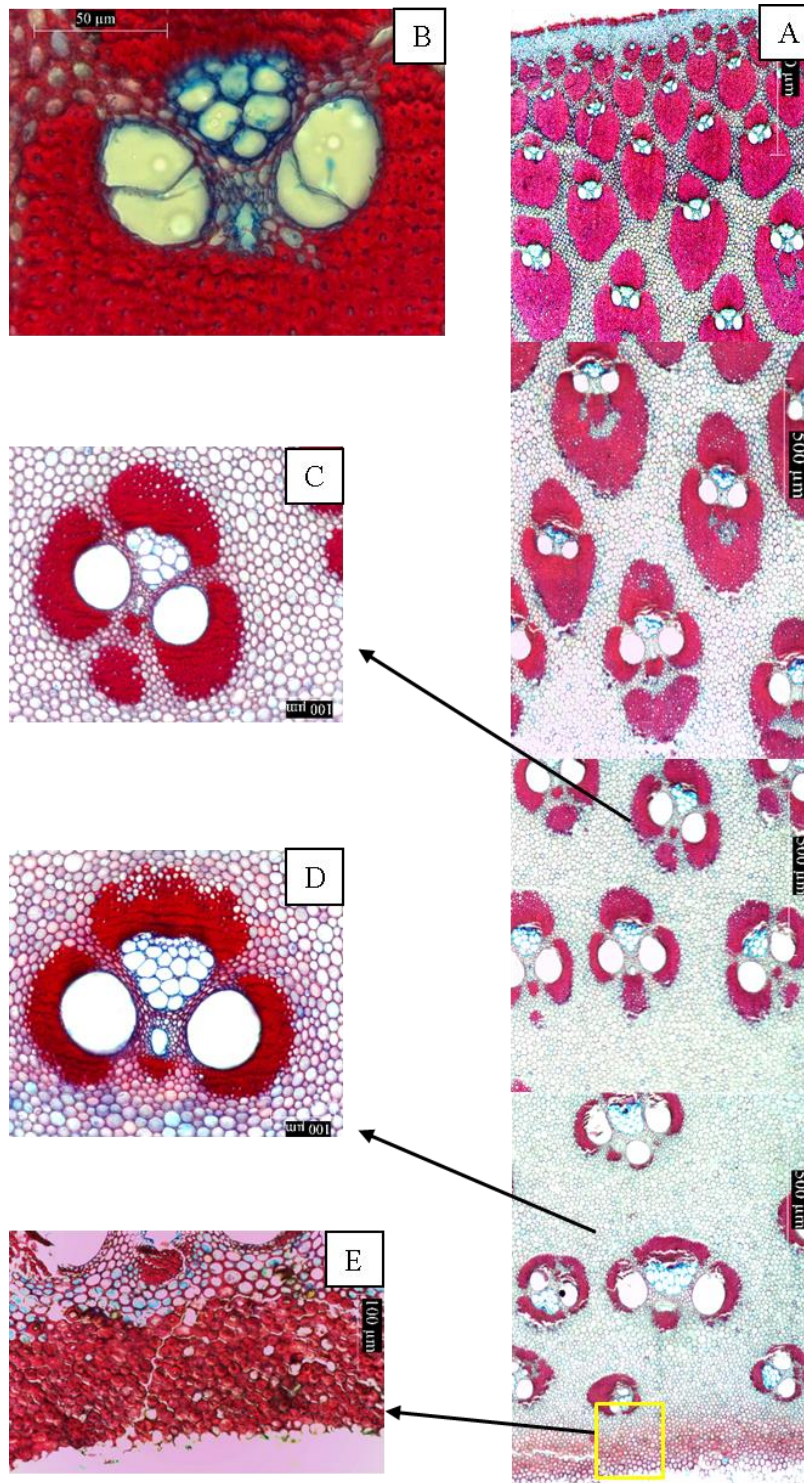


FIGURA 4: Secção transversal da parede do colmo do entrenó de *Guadua* sp.2 – (A) estrutura anatômica; (B) vasos de metaxilema geminados; (C) feixe vascular do tipo III que ocorre na zona mediana e (D) feixe vascular do tipo IIa da zona interna; (E) região próxima ao anel medular com várias camadas de fibra.

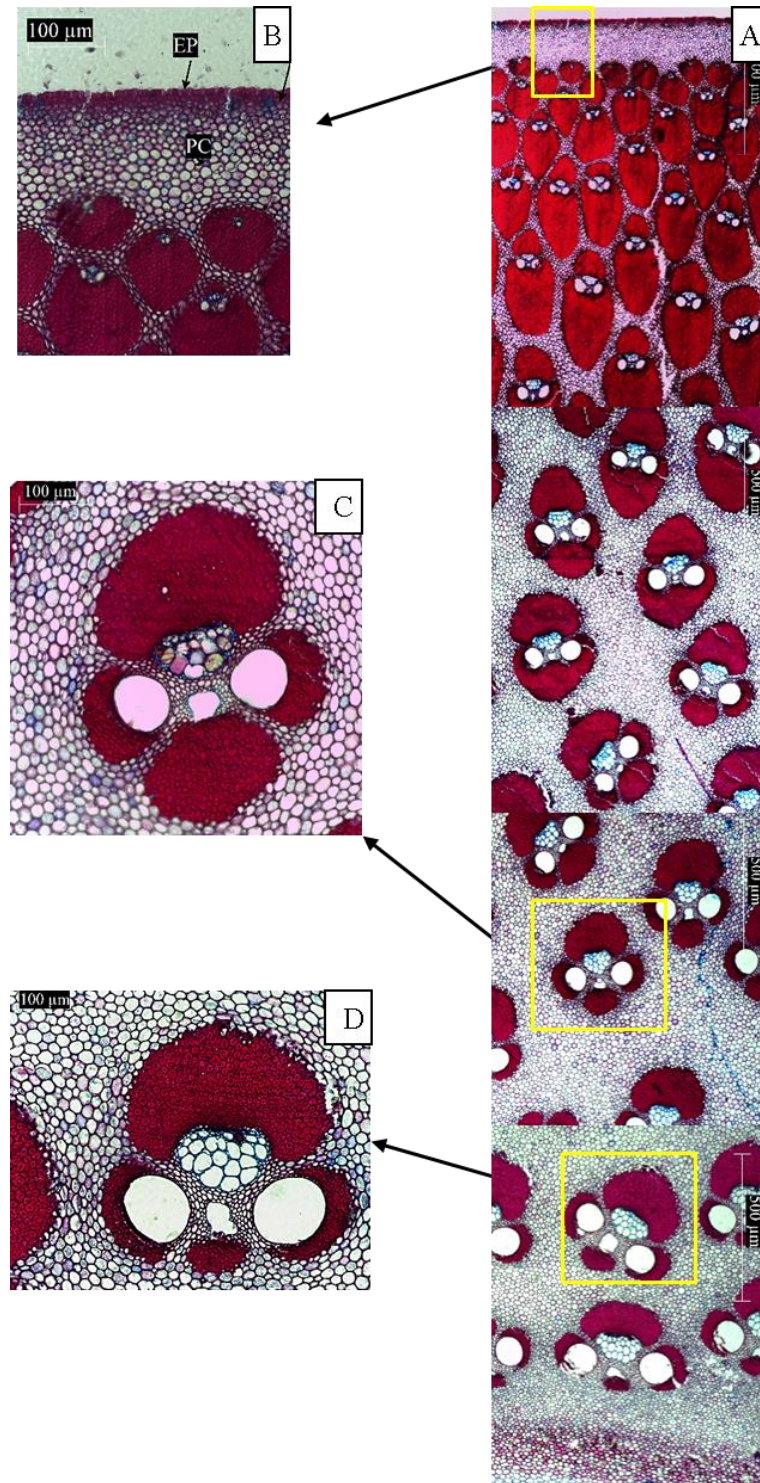


FIGURA 5: Secção transversal da parede do entrenó do colmo de *Guadua* sp. 3 – (A) estrutura anatômica; (B) epiderme uniestratificada [EP] e parênquima cortical [PC]; (C) feixe vascular IIb da zona mediana com a bainha do floema bem desenvolvida; (D) feixe vascular também do tipo IIb.

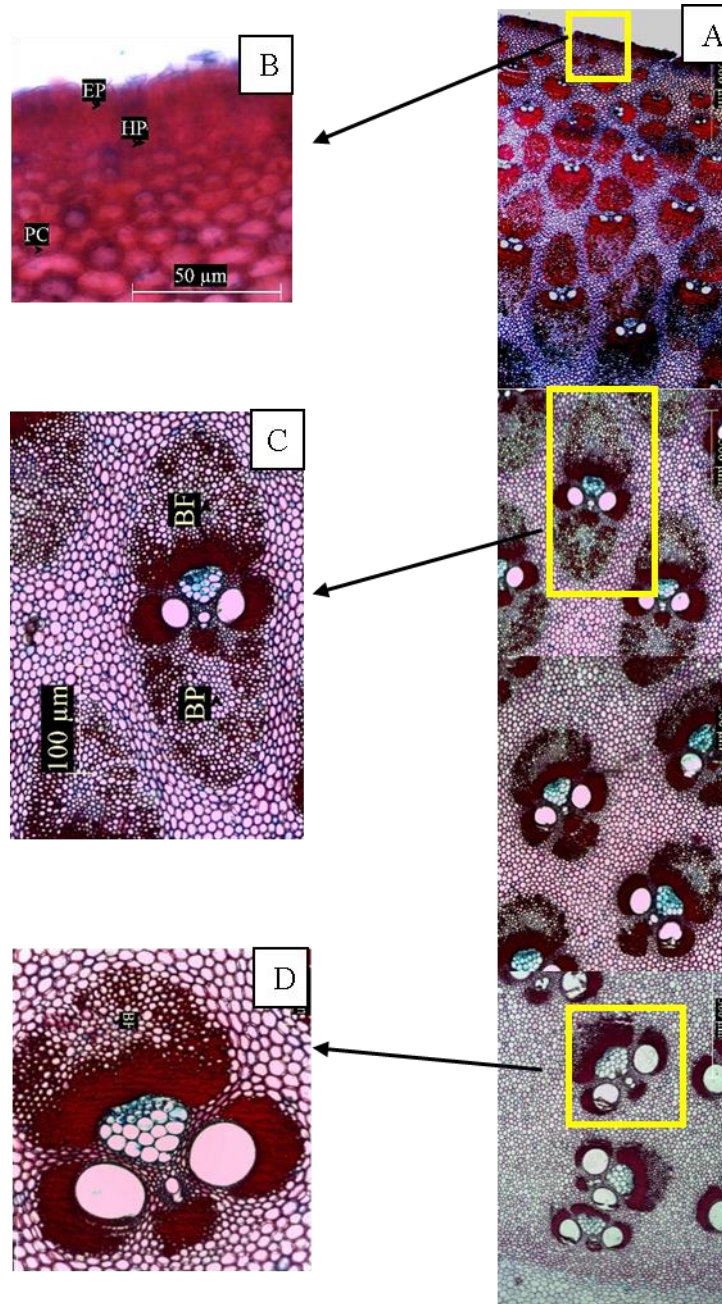


FIGURA 6: Secção transversal da parede do colmo do entrenó de *G. cf. angustifolia* – (A) estrutura anatômica; (B) epiderme e região do córtex evidenciando tricoma [TC] e estômato [ET]; (C) feixe vascular de formato elíptico da zona de transição com muitas camadas de fibras com paredes pouco espessadas tanto do lado do floema [BF] quanto a bainha do protoxilema [BP]; (D) detalhe feixe vascular IIb com a bainha do floema [BF] bem desenvolvida, porém com várias camadas de fibras de paredes pouco espessadas

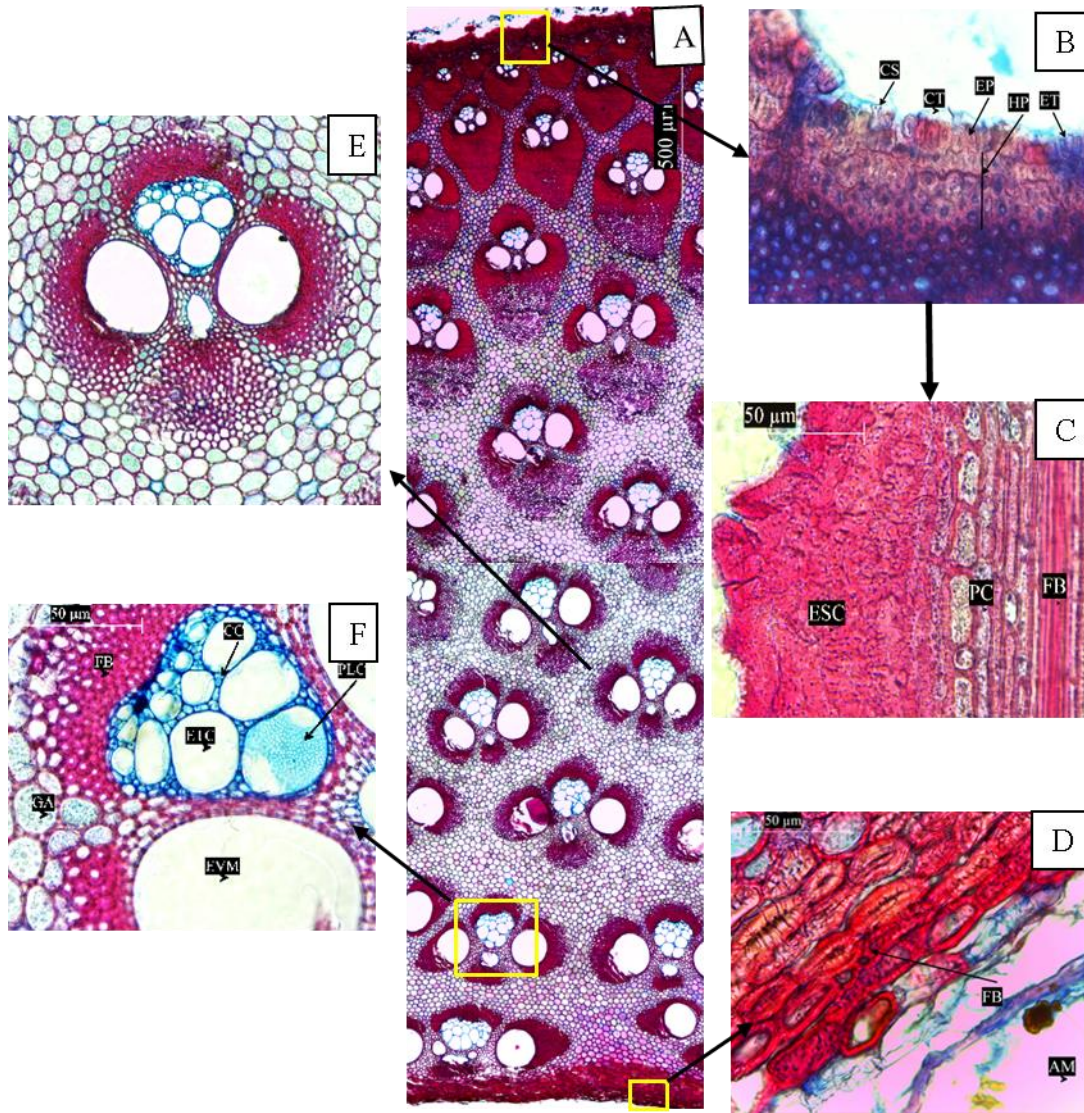


FIGURA 7: Secções transversais e longitudinais radiais da parede do colmo do entrenó de *G. latifolia* – (A) estrutura anatômica; (B) detalhe da região da epiderme com cutícula [CT], epiderme [EP], estômato [ET], célula silicificada [CS] e hipoderme [HP]; (C) em corte longitudinal na região do córtex com os esclereides [ESC], parênquima cortical [PC] e fibras [FB]; (D) região próxima ao anel medular com várias camadas de fibra [FB]; (E) feixe vascular tipo IIa; (F) em destaque o floema com elementos do tubo crivado [ETC] e suas células companheiras [CC], placa crivada [PLC] e parênquima interfascicular com inúmeros grãos de amido [GA].

3.2. ASPECTOS COMUNS ENTRE AS ESPÉCIES ESTUDADAS

Entrenó oco, epiderme recoberta por cutícula espessa, formada por células epidérmicas comuns de paredes muito espessadas, silicificadas em formato de sela e estômatos, principalmente, na base. Presença de hipoderme esclerenquimática descontínua na região em que ocorrem os estômatos e cavidade subestomática. Parênquima cortical homogêneo com células isodiamétricas maiores de paredes espessadas, intercaladas com células menores de paredes delgadas e conteúdo aparente (Fig. 3C).

As espécies analisadas apresentam feixes colaterais formados por dois vasos de metaxilema separados por células parenquimáticas, geralmente menores do que as que compõem o parênquima interfascicular, o protoxilema com dois vasos e o floema constituído por elementos de tubo crivado e células companheiras e bainhas esclerenquimáticas. Inúmeros grãos de amido foram observados no interior das células do parênquima interfascicular (Fig. 7F).

A zona periférica apresenta parênquima interfascicular composto por células com paredes espessadas menores do que as células que compõem o parênquima cortical, feixes adensados e com bainhas bem desenvolvidas, principalmente na região do protoxilema (Fig. 3A; 4A; 5A; 6A; 7A). Os feixes dessa zona não possuem classificação segundo o formato de suas bainhas, já que geralmente essas diferem pouco entre os grupos, estes possuem aspecto elíptico. Ilhas de fibras isoladas são comumente encontradas entre os feixes dessa zona.

Na zona de transição o parênquima exibe células geralmente maiores com paredes levemente espessadas a delgadas, conteúdo aparente e maior número de camada entre os feixes. Nessa região vascular começam a apresentar uma redução nas bainhas e estas adotam várias formas às quais podem ser classificáveis, segundo os tipos básicos descritos em Liese e Grosser (2000). Entretanto, os feixes classificáveis são mais frequentemente observados na zona mediana.

A zona mediana da maioria das espécies apresenta feixes do subtipo IIb (Fig. 3A; 5A; 6A), caracterizado por apresentar a bainha do floema mais desenvolvida. Estes ocorrem sozinho ou concomitantemente com o tipo IIa (caracterizado pelas bainhas aproximadamente do mesmo tamanho). Feixes tipo III (formado por duas partes, o feixe com suas bainhas e mais um conjunto de fibra logo abaixo da bainha do protoxilema) e IIa foram visualizados em *Guadua* sp.2 (Fig. 4A). Vale ressaltar que nas amostras de *Guadua* sp. 1 e *Guadua* sp.3 ocorrem algumas

camadas de fibras com paredes pouco espessadas no centro da bainha do floema, mais evidente principalmente no primeiro caso (Fig. 3B).

A zona interna possui parênquima interfascicular formado por células de paredes delgadas a levemente espessadas, feixes maiores, espaçados e com bainhas reduzidas a algumas poucas camadas. Nessa zona as bainhas também não são utilizadas para a classificação, tendo em vista que essa redução das bainhas é uma tendência geral. Além disso, observou-se também uma região formada por algumas camadas de parênquima com paredes espessadas próximo a região do anel medular.

Quanto aos dados biométricos, todas as espécies apresentaram um maior percentual de parênquima na base que diminui em direção ao ápice. O inverso ocorre com a quantidade de fibras e feixes vasculares (Tab. 3). Já o diâmetro dos vasos de metaxilema varia de acordo com a região da parede do colmo, os vasos da zona periférica são menores e mais adensados. Quanto aos valores médios ao longo do colmo, ou seja, para cada posição estudada, não houve variação significativa pelo teste de Tukey a 5%. No entanto, quando comparadas as médias gerais das espécies, estas diferem estatisticamente entre si (Tab. 4).

TABELA 2: Valores médios para os percentuais dos tecidos por espécie

Espécies	Parênquima	Fibras + Tecido Vascular
<i>Guadua</i> sp.1	47%	53%
<i>Guadua</i> sp. 2	55%	45%
<i>Guadua</i> sp. 3	51%	49%
<i>G. cf. angustifolia</i>	53%	47%
<i>G. latifolia</i>	54%	46%

TABELA 3: Valores médios para os percentuais dos tecidos ao longo do colmo

Espécies	Posição	Parênquima	Fibras + Tecido Vascular
<i>Guadua</i> sp.1	Base	58%	42%
	Meio	46%	54%
	Ápice	37%	63%
<i>Guadua</i> sp. 2	Base	61%	39%
	Meio	58%	42%
	Ápice	46%	54%
<i>Guadua</i> sp. 3	Base	62%	38%
	Meio	54%	46%
	Ápice	37%	63%
<i>G. cf. angustifolia</i>	Base	62%	38%
	Meio	57%	43%
	Ápice	39%	61%
<i>G. latifolia</i>	Base	65%	35%
	Meio	54%	46%
	Ápice	43%	57%

TABELA 4: Diâmetro médio dos vasos de metaxilema, estatística descritiva e análise de variância, teste de Tukey a 5%

Espécies	Média	D.P	C.V	Mínimo	Máximo
<i>Guadua</i> sp.1	78,12a	30,26	39%	25,97	138,75
<i>Guadua</i> sp. 2	81,05a	36,64	45%	14,45	151,44
<i>Guadua</i> sp. 3	63,39b	26,10	41%	12,92	121,76
<i>G. cf. angustifolia</i>	81,44a	31,99	39%	13,32	137,76
<i>G. latifolia</i>	71,43c	34,39	48%	12,90	140,28

Obs: As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 0,05% de significância. {D.P} Desvio Padrão e {C. V.} Coeficiente de Variação.

4. DISCUSSÃO

O entrenó do colmo das espécies analisadas é formado por epiderme, córtex, feixes vasculares envoltos por parênquima e anel medular. Em secção transversal as paredes dos colmos estudados apresentaram duas regiões distintas, a cortical mais externa logo abaixo da epiderme e sem feixes vasculares e uma mais interna com feixes vasculares e parênquima circundante, esta estrutura é descrita como básica para os colmos de bambus (METCALFE, 1960; LIESE, 1998).

A quantidade de fibras + tecido vascular e parenquimático é variável ao longo do colmo e entre espécies. No entanto, em geral os colmos de bambu apresentam aproximadamente 52% constituído por parênquima e 40% fibras e 8% tecido vascular (LIESE, 1998). As espécies analisadas nesse trabalho apresentaram valores médios entre 47% e 55% de tecido parenquimático, sendo que *Guadua* sp.1 apresentou a menor quantidade de parênquima, portanto, maior quantidade de fibras + feixes vasculares. Já em *G. latifolia* ocorreu o menor percentual médio de fibras + feixes vasculares (45%). Valores intermediários foram encontrados em *G. cf. angustifolia*, 53% de parênquima e 47% de fibras + feixes vasculares. Valores aproximados foram citados para *G. angustifolia* em Londoño *et al.* (2002), com os percentuais de 51% de parênquima e 49% somando os valores apresentados para fibras e tecido vascular. Valor médio de 50% de parênquima e 50% de fibras e tecido vascular foram mencionados para *G. aculeata* por Zaragoza-Hernández *et al.* (2014).

As proporções desses tecidos podem interferir no aproveitamento dessas espécies, já que os colmos com uma maior quantidade de fibras e feixes vasculares são mais rígidos, pois estes constituem tecidos de sustentação (LIESE, 2003). Além disso, se destinados a produção

de celulose e derivados, materiais com maior quantidade de fibras e tecido vascular têm um maior rendimento (FOELKEL, 1997).

Em todas as espécies analisadas a região da base apresentou maior quantidade de parênquima, enquanto, o ápice mostrou-se uma região mais fibrosa. Este comportamento já era esperado devido ao afunilamento do colmo e a redução da parede do colmo (LIESE, 1998). Portanto, a parte apical desses colmos se destaca como importantes fontes de material fibroso.

4.1. Córtex

Os entrenós das espécies estudadas apresentaram epiderme extremante lignificada e córtex composto por hipoderme formada por uma ou mais camadas esclerenquimáticas e parênquima cortical que possui dois tipos de células, menores com paredes delgadas intercaladas com células maiores com paredes espessas. Estas camadas compactas com células lignificadas combinadas a impermeabilização promovida pela cutícula faz com que essa estrutura seja eficiente em minimizar a perda de água e a ocorrência de injúria (LIESE, 1998).

Nas espécies analisadas a epiderme está recoberta por cutícula espessa, sendo que em *G. latifolia* chega a ter praticamente a mesma espessura das células epidérmicas. *Guadua* sp. 1 e *G. cf. angustifolia* não possuem a cutícula muito espessa, no entanto, a quantidade de células silicificadas é muito acentuada, principalmente na primeira. A espessura da cutícula e a quantidade de células silicificadas interferem em processos de tratamento estético como o uso de verniz, muito utilizado na produção de artesanato (LIESE, 2013). Portanto, essas são características que poderiam dificultar o aproveitamento desses colmos para fins como artesanatos e movelarias.

Estômatos foram encontrados na epiderme da região basal de todas as amostras, sendo comumente observados nessa posição do colmo (GROSSER & LIESE, 1971; LIESE, 1998). Tricomas estão presentes abundantemente em *G. latifolia* e menos frequentes em *G. cf. angustifolia*, sendo que na primeira são aciculares longos com paredes espessadas ou menores com paredes delgadas e a segunda em forma de gancho ou aciculares com paredes espessas. Estas estruturas epidérmicas são citadas na descrição de *G. angustifolia*, principalmente em colmo jovens (LONDOÑO *et al.*, 2002). Os tricomas são importantes ferramentas na taxonomia de bambus, porém são mais explorados na anatomia foliar (CALDERÓN & SODERSTRORN,

1980). Nesse sentido, os resultados alcançados poderiam auxiliar na confirmação da identificação da *G.cf. angustifolia*.

As células silicificadas estrutura característica de gramíneas, têm formatos peculiares que variam entre subfamílias, tribos e subtribos. Este formato, semelhante a uma sela, é frequentemente encontrado nas subtribos *Guadua* e *Chusquea* Kunth (PIPERNO & PEARSALL, 1998). A substância armazenada nessas células ajuda a conferir rigidez ao colmo (LIESE, 1998; LONDOÑO *et al.*, 2002).

A hipoderme possui de 1-2 camadas com tamanho e forma semelhantes as células epidérmicas, exceto em *G. latifolia* à qual é formada por 3-4 camadas com células mais alongadas. Essa estrutura é, geralmente, constituída de esclereides com paredes muito espessas, como foi visto nas espécies estudadas, tem como função auxiliar na proteção mecânica e junto com epiderme e a cutícula também auxilia na prevenção contra perda de água. Com isso as especificidades da hipoderme em bambu podem ser decisivas para o processo de secagem (LIESE, 1998). Entre as espécies estudadas o colmo de *G. latifolia* perderia em qualidade durante o processo de secagem dada as características da hipoderme.

Parênquima homogêneo das espécies analisadas apresentou entre 5-11 camadas com dois tamanhos de células, células maiores com paredes espessas, intercaladas com células de paredes finas e conteúdo aparente, o mesmo foi observado em *G. angustifolia* (LONDOÑO *et al.*, 2002) e em bambus asiáticos (LIESE, 1998).

4.2. Região Vascular

4.2.1. Parênquima interfascicular

Nas amostras estudadas o parênquima interfascicular, invariavelmente, apresenta células isodiamétricas com paredes mais espessas com espaço intercelular reduzido na zona periférica e células maiores com paredes ligeiramente. O número de camadas desse tecido que ocorre entre os feixes é variável dentre as espécies, *G. cf. angustifolia* apresenta maior quantidade de camadas entre os feixes e as células possuem paredes ligeiramente espessadas a delgada.

Este tecido é responsável pela flexibilidade e estabilidade do colmo, exerce um papel importante em um tipo de tratamento químico, desenvolvido especialmente para o

processamento de colmos frescos, chamado Vertical-Soak-Diffusion (VSD), este tem como princípio a difusão lateral através das células parenquimáticas do produto químico introduzido na cavidade central do colmo (EBF, 2003). Nesse sentido, *G. cf. angustifolia* teria grande possibilidade de apresentar uma resposta positiva a esse método de tratamento químico.

Na zona interna do colmo pode ocorrer algumas camadas de parênquima espessado ou até mesmo esclereides na região próxima ao anel medular formando um tecido diferencial. Este pode variar de espécie para espécie e sua presença torna-se uma limitação estrutural para esse método de tratamento químico (LIESE, 2003). Em todas as amostras analisadas estas camadas estão presentes, porém, é muito variável o número de camada e a espessura da parede celular, em *Guadua* sp. 2 e *G. latifolia* essa região é bem desenvolvida e ocupada por camadas de fibras o que dificultaria o método de tratamento químico.

4.2.2. Feixes vasculares

Os feixes vasculares são formados por dois vasos de metaxilema separados por camadas de parênquima com células menores do que as células do parênquima interfascicular, o protoxilema (geralmente se resume ao espaço intercelular) e o floema constituído por elementos de tubo crivado e células companheiras (METCALFE, 1960; GROSSER & LIESE 1971, LIESE 1998). As espécies estudadas possuem feixes colaterais com 2 vasos de metaxilema, sendo que em *Guadua* sp. 2 e *G. latifolia* observou-se vasos geminados ocorrendo, principalmente, na zona periférica. Os diâmetros dos vasos de metaxilema não apresentaram diferença significativa ao longo do colmo, no entanto quando analisado os valores entre espécies, observou-se que em *G. angustifolia* ocorreu o maior valor (81,44 µm) e em *Guadua* sp.3 os vasos com menor diâmetro (63,39 µm).

Nas espécies analisadas observou-se floema bem desenvolvido, as células desse tecido mantêm-se ativas durante todo o tempo de vida do colmo, diferentemente dos grupos que tem tecido cambial nos quais há formação de novos tecidos. Com o passar do tempo substâncias semelhantes a goma podem ser depositadas nas células do floema tornando-os parcialmente impermeável (LIESE & WEINER, 1996; LIESE, 1998). Essa situação é comumente encontrada em colmos mais velhos, porém, nas espécies analisadas não foram observadas essas substâncias o que pode estar relacionado com a idade dos colmos coletados.

As bainhas dos feixes são os elementos do colmo que mais diferem de espécie para espécie e são de grande interesse tanto para quem busca caracteres anatômicos para taxonomia quanto para quem procurar entender suas propriedades para utilização (GROSSER & LIESE 1971, LIESE 1998).

Nos colmos dos bambus estudados observou-se feixes dos tipos IIa e IIb ocorrendo juntos ou individualmente, são comuns a quase todas as espécies. Contudo, *Guadua* sp.2 apresentou feixes tipo III ocorrendo juntamente com feixes vasculares do tipo IIa. Em *G. cf. angustifolia* os feixes encontrados podem ser classificados como tipo IIa e IIb, assim como descrito para *G. angustifolia* por Londoño *et al.* (2002) e Geroto (2014) o que pode indicar que esta amostra realmente pertença a essa espécie.

Além das questões taxonômicas a tipologia dos feixes também influencia na aparência dos produtos como móveis e parquet feitos de bambu, criam padrões de cores e texturas de grande efeito estético (LIESE, 2013). Principalmente, devido as camadas de fibra das bainhas, logo o padrão estético gerado a partir de *Guadua* sp.2 com feixes do tipo III será diferente daquele feito a partir de *G. latifolia* que possui apenas feixes tipo IIa.

O espessamento da parede e deposição de lignina é muito importante na produção de carvão vegetal. O teor de lignina é o primeiro aspecto a ser estudado em uma biomassa da qual se pretende obter carvão vegetal (MAIA & FREITAS, 2013). Os indivíduos estudados apresentaram grande quantidade de fibra na bainha do protoxilema da zona periférica, esta é bem desenvolvida em quase todas as espécies. Entretanto, apesar da bainha do protoxilema possuir várias camadas, em *G. cf. angustifolia* as células não possuem uma deposição acentuada nas zonas de transição e mediana, deste modo, esta espécie provavelmente não é indicada para a produção de carvão.

Contudo, a quantidade de lignina que vai sendo depositada nas paredes celulares com o passar do tempo, portanto, as paredes celulares pouco espessadas de *G. cf. angustifolia* podem também estar relacionadas com a idade do colmo (LIESE & WEINER, 1996). Já em *Guadua* sp. 3 as fibras têm paredes muita espessadas, principalmente, a partir da zona de transição. Assim, está amostra possivelmente apresenta potencial para a produção de carvão vegetal, porém testes químicos seriam necessários.

Diferentemente da madeira, o colmo não possui células do raio, isso faz com que durante o processo de secagem haja um encolhimento maior no sentido radial do que no tangencial e essa característica é agravada pela quantidade de parênquima que perde sua umidade

rapidamente, além de perder em espessura da parede e diâmetro (LIESE, 2003). As amostras analisadas apresentam grande quantidade de parênquima que aumenta a partir da zona de transição, entretanto *G. cf. angustifolia* apresentaram várias camadas de parênquima entre os feixes até mesmo na zona periférica, ou seja, nessa espécie o processo de secagem causaria uma perda qualitativa acentuada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características anatômicas das espécies de bambu analisadas diferem entre si em vários aspectos, tais como número de camadas e o formato das células da hipoderme, presença ou não de tricomas, número de camadas, espessamento do parênquima cortical e tipos de feixes vasculares.

No que se refere a taxonomia, os resultados obtidos trazem fortes indícios de que essas amostras sejam de espécies diferentes. Características como as células silicificadas em formato de sela ocorrendo abundantemente na epiderme e feixe vasculares dos tipos IIa e IIb, já citadas para outras espécies pertencentes ao gênero *Guadua*, sinalizam que estas podem ser estruturas bem conservadas nesse grupo.

Características como feixes vasculares dos tipos IIa e IIb e a presença de tricomas aciculares são citados para *G. angustifolia* em outros trabalhos. Isso poderá auxiliar na identificação da amostra aqui tratada como *G. cf. angustifolia*.

As diferenças anatômicas como a quantidade de parênquima, fibras e feixes vasculares entre as espécies podem influenciar no aproveitamento desses colmos. *Guadua* sp.1 apresentou em média 53% de fibras + feixes vasculares.

A parte apical do colmo possui maior quantidade de fibra e tecido vascular o que indica que este poderia ser bem aproveitada como fonte de fibras naturais.

Particularidades como cutícula e células silicificadas ou camadas de esclerênquima próximas ao anel medular podem influenciar no processo de tratamento químico dos colmos de *Guadua* sp.1 e *G. latifolia*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. C. F.; PACE, M. R.; WITOVISK, L.; ANGYALOSSY, V. A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts. **IAWA Journal**, v. 31, n. 4, p. 373-383, 2010.

CALDERÓN, C. E; SODERSTRORN, T. R. The genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American continent: Keys and comments. Smithsonian Institution Press: Washington, 1980.

ENVIRONMENTAL BAMBOO FOUNDATION (EBF). **Vertical Soak Diffusion for Bamboo Preservation**. Ed. Linda Garland, Ubud, Bali, 2003. Acesso em: 24/02/2015. Disponível em: <www.bamboocentral.org>

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae). **Journal of American Bamboo Society**, v. 18, n. 1, p. 7-18, 2004.

FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. In: **Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos**. 1997. p. 15-22.

FREUND, H. **Handbuch der Mikroskopie in der technik**. Frankfurt Band V Teil 1. 1970.

GEROTO, P. G. **Caracterização anatômica e física-por densitometria de raios X-de colmos de Dendrocalamus asper Backer, Dendrocalamus latiflorus Munro e Guadua angustifolia Kunth**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

GOYAL, A. K., KAR, P., SEN, A. Advancement of bamboo taxonomy in the era of molecular biology: a review. **Biology of useful plants and microbes, Narosa publication house, New Delhi**, p. 197-208, 2013.

GRACIANO-RIBEIRO, D.; FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. Roteiro Mínimo para Estudo Anatômico dos Bambus (Poaceae: Bambusoideae). In: **Anais do I Seminário Nacional do Bambu**, p. 69 – 74, 2006.

GRASS PHYLOGENY WORLD GROUP – GPWG I. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 88, n. 3, p. 373-457. 2001.

GROSSER, D & LIESE, W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. **Wood Science and technology**, v. 5, n. 4, p. 290-312, 1971.

GUIMARÃES JÚNIOR, M; NOVACK, K. M; BOTARO, V. R. Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos. **Revista Ibero-americana de Polímeros**, v. 11, n. 7, p.442-456, 2010.

JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK, L.G; LONDOÑO, X; STER, M.J. **American Bamboo**. Smithsonian Institution Press. Washington and London, p. 392-247, 1999.

JUDZIEWICZ, E. J. & CLARK, L. G. Classification and biogeography of new world grasses: Anomochlooideae, Pharoideae, Ehrhartoideae, and Bambusoideae. **Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany**, v. 23, n. 1, p. 303-314, 2007.

LIESE, W. & GROSSER, D. An expanded typology for the vascular bundles of bamboo culms. In: **Proceedings of the Bamboo 2000 International Symposium. Thailand**, p. 121-134, 2000.

LIESE, W. Anatomy and properties of bamboo. In: **Proc. Int. Bamboo Workshop, Hangzhou. China**. 1985.

———. Structures of a bamboo culm affecting its utilization. In: **Proceedings of International Workshop on Bamboo Industrial Utilization**. 2003.

———. **The anatomy of bamboo culms**. Brill, 1998.

LIESE, W.; WEINER, G. Ageing of bamboo culms. **Wood Science and Technology**, v. 30, n. 2, p. 77-89, 1996.

LONDOÑO, X.; CAMAYO, G. C.; RIAÑO, N. M.; LÓPEZ, Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. **Bamboo Science and Culture**, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2002.

LONDOÑO, X; CLARK, L. G. Three new taxa of *guadua* (Poaceae: Bambusoideae) from South America. **Novon**, p. 64-76, 2002.

LOUTON, J.; GELHAUS, J.; BOUCHARD, R. The aquatic macrofauna of water-filled bamboo (Poaceae: Bambusoideae: *Guadua*) internodes in a Peruvian lowland tropical forest. **Biotropica (USA)**, 1996.

MAIA, C; FREITAS M. B. Produção de biocarvões por pirólise lenta: potencial agrícola e ambiental. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Encontro brasileiro de substâncias húmicas, 10, 2013, Santo Antônio de Goiás. Matéria orgânica e qualidade ambiental: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. 1. Gramineae. Orford: Clarendon Press, 1960.

NELSON, B. W. & BIANCHINI, M. C. Complete life cycle of southwest Amazon bamboos (*Guadua* spp) detected with orbital optical sensors. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Goiânia, Brasil**, p. 1629-1636, 2005.

PAIVA J. G. A.; FANK-DE-CARVALHO, S. M.; MAGALHÃES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz Vitral Incolor 500: Uma Alternativa de Meio de Montagem Economicamente Viável. **Acta Botânica**, v. 20, n. 2, p. 257-264, 2006.

PIPERNO, D. R. & PEARSALL, D. M. **The silica bodies of tropical American grasses: morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification.** Washington, DC: Smithsonian institution press, 1998.

SHIRASUNA, R.T. *Guadua* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13251>>. Acesso em: 06 Fev. 2015.

ZARAGOZA-HERNÁNDEZ, I; BORJA-DE LA ROSA, A; ZAMUDIA-SANCHEZ, F. J; ORDENEZ-CANDELARIA, V. R. & BARCENAS-PAZOS, G. M. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. **Madera y Bosques**, v. 20, n. 3, 2014

**CAPÍTULO 2: Dimensões das Fibras no Entrenó do
Colmo de *Guadua* spp. (Poaceae) Nativas do Acre-
Brasil**

RESUMO

A necessidade de diversificação da matéria-prima utilizada nos vários setores da indústria de produtos vegetais é crescente. Este trabalho buscou analisar as características anatômicas das fibras do entrenó do colmo de cinco espécies de bambu (*Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2, *Guadua* sp. 3, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia*) nativas do Estado do Acre-Brasil. O material vegetal foi coletado nas cidades de Sena Madureira e Assis Brasil em ambientes de mata ciliar. Foi realizado no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) em Brasília, onde foram analisadas a constituição celular, as dimensões das fibras e as relações entre elas. Os resultados mostraram que as fibras das espécies analisadas possuem comprimento (2,37 – 2,99 mm), diâmetro total da fibra (16,5 – 23,97 μm), diâmetro do lume (4,69 – 9,37 μm) e espessura da parede celular (5,34 – 8,68 μm). De acordo com os valores obtidos no índice de enfileiramento, coeficiente de flexibilidade e fração de parede pode-se dizer que estas espécies possuem fibras longas e estreitas, pouco flexíveis com grande percentual de sua estrutura ocupado por parede celular. Segundo o índice de Runkel, as espécies analisadas podem ser classificadas como regulares à inadequadas para a produção de papel. Essas características conferem às essas fibras importantes propriedades como a resistência mecânica.

Palavras-chave: fibra de bambu, anatomia de aplicada, fibras naturais

1. INTRODUÇÃO

Os bambus são conhecidos pela sua versatilidade no que diz respeito ao uso, seja “*in natura*” ou processados. Suas características estruturais fornecem as propriedades almejadas por diferentes setores de produção, desde a construção civil e arquitetura, indústria de celulose e até mesmo alimentação (LONDOÑO, 2002; KLEINE, 2011). As características das fibras e a forma como elas estão orientadas no colmo são os grandes responsáveis por essas propriedades. Possuem um vasto potencial como matéria-prima industrial, com ampla variedade de produtos que podem ser feitos a partir desse material. Além disso, se mostram competitivas e com altas taxas de produtividade quando comparadas com outras fibras naturais já consagradas como matéria-prima para a indústria (KLEINE, 2011; RAMIREZ *et al.*, 2012).

A utilização de fibras celulósicas extraídas de bambu é uma prática bem comum em alguns países do continente asiático, onde há muito tempo já reconhecem a importância desse

recurso e adotam práticas de produção sistematizada. No Brasil, o aproveitamento do bambu nesse seguimento ainda é incipiente e as múltiplas possibilidades de aplicação desse recurso são pouco exploradas. Em parte, devido à falta de tecnologia aplicada e desinteresse motivado pela falta de conhecimento a respeito do manejo e cultivo. No país, há uma modesta produção de celulose de bambu proveniente de espécies exóticas cultivadas na região do Nordeste brasileiro, principalmente, nos Estados do Maranhão, Pernambuco e, mais recentemente, Alagoas (KLEINE, 2004; KLEINE, 2011).

O Brasil é o país com maior número de espécies nativas de bambu e tem a segunda maior floresta natural do mundo (OKUMURA *et al.*, 2011). As florestas ombrófilas abertas que ocorrem na região da Amazônia Ocidental são dominadas por agregações de bambu do gênero *Guadua* Kunth. Estas estão distribuídas, principalmente, nos Estados da Amazônia e do Acre. A área está integrada ao projeto de monitoramento por satélite RADAMBRASIL e através das imagens obtidas foi possível identificar uma grande formação de “floresta-de-bambu” e vários outros pontos menores distribuídos pela região leste do Acre, o que indicam a expansão da área ocupada por esse grupo (NELSON, 1994; FREITAS JÚNIOR & SILVEIRA, 2009; IBGE, 2012).

As espécies de bambu nativas brasileiras têm grande potencial para suprir a demanda crescente por novas fontes de matéria-prima, dado a ampla distribuição e disponibilidade, porém, a falta de conhecimento tecnológico sobre a estrutura desses bambus impede o aproveitamento desse recurso. Conhecer as características anatômicas, principalmente das fibras, é fundamental para se definir a qualidade dessa matéria-prima. Segundo Liese (1998), as propriedades físicas e mecânicas do colmo dos bambus dependem da estrutura anatômica. Sendo que o estudo anatômico é o primeiro passo para analisar a viabilidade de aproveitamento em alguns segmentos da indústria, como exemplo, o de fibra celulósica para a produção de papel, tecidos ou compósitos. Vários índices são utilizados para analisar a viabilidade de aplicação no setor a partir das dimensões anatômicas das fibras que é o principal constituinte da polpa celulósica (FOELKEL, 1977).

Este trabalho teve como objetivo conhecer as células que compõem a estrutura anatômica e analisar as dimensões das fibras do entrenó do colmo de cinco espécies de *Guadua* nativas do Estado do Acre-Brasil. Analisar os valores encontrados sob a óptica de índices que estabelecem relações entre as dimensões estudadas, com o intuito de fornecer conhecimento

básico tecnológico a respeito da qualidade desse produto e contribuir com o futuro aproveitamento desse recurso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de cinco espécies (Tab. 1) foram coletadas em bambuzais que ocorrem naturalmente nas florestas de mata ciliar do Rio Purus na Reserva Extrativista Chico Mendes (RESEX) nos municípios de Sena Madureira e Assis Brasil no Estado do Acre (Fig. 1) pela Prof^a. Dr^a. Dalva Graciano-Ribeiro da UFG em expedição realizada em 2011. Segundo a descrição do especialista em Poaceae, Dr^o. Tarciso de Souza Filgueiras, trata-se de uma espécie nova (*Guadua* sp.3); duas possíveis espécies novas ou subespécies, pois as características não convergem plenamente com nenhuma das espécies já descritas (*Guadua* sp.1 e *Guadua* sp.2); outra apresenta características muito similares as citadas para *Guadua angustifolia* Kunth, no entanto, ressalta a necessidade de outras análises para que se possa certificar essa identificação, portanto, aqui esta foi tratada como *G. cf. angustifolia*; e a quinta espécie identificada com *Guadua latifolia* (Bonpl.) Kunth.

TABELA 1: Dados das coletas de *Guadua* spp. no Estado do Acre

AMOSTRAS	REGIÃO	LOCALIZAÇÃO
<i>Guadua</i> sp.1	S. Madureira	08° 52' 07" S 68° 39' 31" W Alt. 158m
<i>Guadua</i> sp.2	S. Madureira	08° 51' 47" S 90° 40' 33" W Alt. 152m
<i>Guadua</i> sp.3	A. Brasil	10° 43' 03" S 69° 24' 09" W Alt. 238m
<i>G. cf. angustifolia</i>	S. Madureira	08° 51' 31" S 68° 40' 23" W Alt. 136m
<i>G. latifolia</i>	A. Brasil	10° 42' 52" S 69° 23' 57" W Alt. 228m

As amostras herborizadas foram depositadas no herbário da Universidade Federal de Goiás - UFG. Para realização do trabalho foram retirados anéis com cerca 2 cm de altura da porção mediana do entrenó em três alturas diferentes (3 m, 6 m e 9m), estes foram armazenados em solução de álcool etílico 70% com 10 % de glicerina.

Foram retiradas lascas no sentido longitudinal radiais e imersas em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio 1:1 (JOHANSEN, 1940). O frasco fechado foi mantido em estufa a 60° até a dissociação parcial dos tecidos. O material foi lavado em água destilada por cerca de 10 vezes com o intuito de eliminar resíduos da solução, em seguida, desidratado em álcool etílico 50% e corado com safranina 1% em solução alcóolica. Posteriormente, foram preparadas lâminas permanentes em verniz vitral 500 ® (PAIVA *et al.*, 2006).

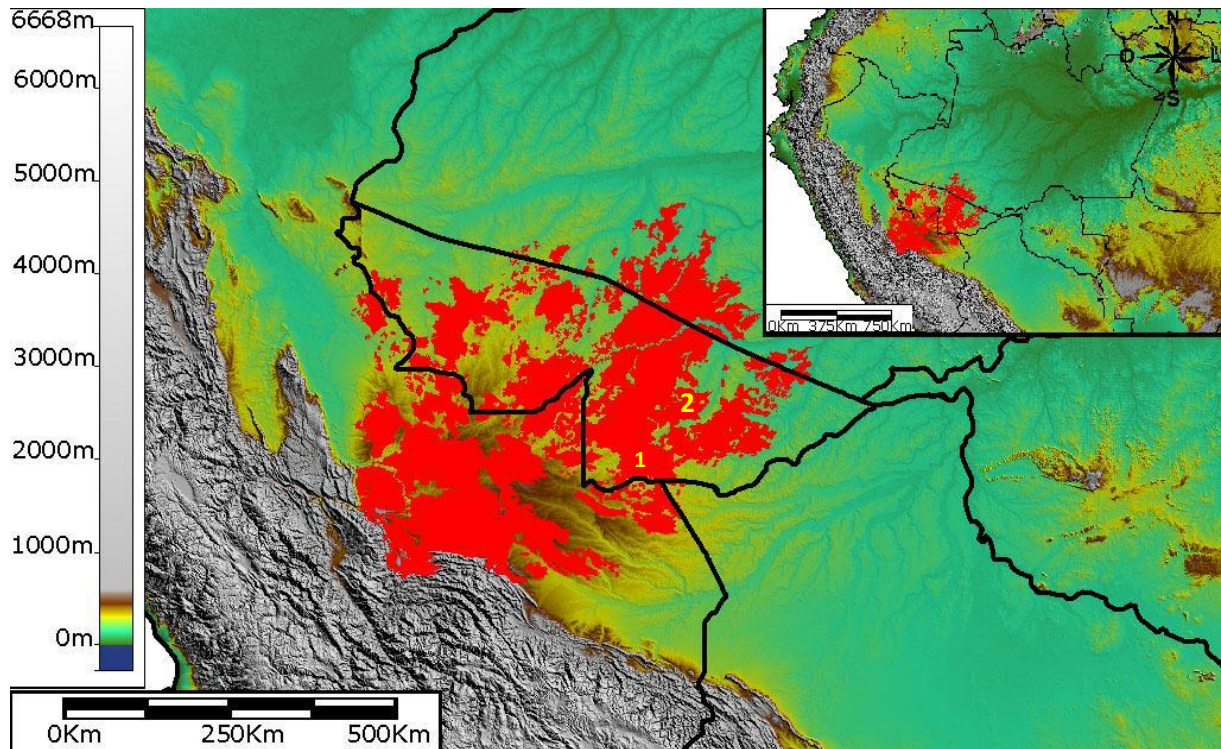


FIGURA 1: Mapeamento das áreas cobertas por bambuzais no Acre, elaborado a partir de imagens de satélite. Em vermelho, toda extensão das florestas abertas com predominância de *Guadua*. Em destaque, as regiões dos municípios de Assis Brasil (1) e Sena Madureira (2). Adaptado de: Freitas Júnior & Silveira (2009).

A análise e as medidas foram feitas com o auxílio de um microscópio óptico Olympus DP 25 e do software que o acompanha (versão 2.0). A descrição anatômica foi realizada com base nas recomendações de Muniz e Coradin (1991) e em conformidade como as indicações do Iawa Committe (1989). As fibras foram dimensionadas quanto ao comprimento, espessura da parede celular e diâmetros total da fibra e do lume. A partir dos resultados obtidos foram calculados as principais relações entre as dimensões das fibras como sugerido em Milanez e Foelkel (1981) e os considerados em De Paula e Costa (2011).

Índice de Enfeltramento [**I.E.**], dado pela relação entre o comprimento (C) e o diâmetro total da fibra (D) em μm (**Equação 1**):

$$\text{I.E.} = \left[\frac{C}{D} \right]$$

Coefficiente de Flexibilidade [**C.F.**], relação entre o diâmetro do lume (d) e o diâmetro total da fibra (D) em μm , expressa em porcentagem (**Equação 2**):

$$\text{C.F.} = \left(\frac{d}{D} \right) \times 100$$

Fração de Parede [**F.P.**], é a razão percentual de duas vezes a espessura da parede (E) sobre o diâmetro da total fibra (D) em μm (**Equação 3**):

$$\text{F.P.} = \left(\frac{2E}{D} \right) \times 100$$

Índice de Runkel [**I.R.**], dado pela razão de duas vezes a espessura da parede (E) sobre o diâmetro do lume (d) (**Equação 4**):

$$\text{I.R.} = \left(\frac{2E}{d} \right)$$

Todo o processamento anatômico de corte, preparo, coloração e montagem das lâminas foi realizado no Laboratório de Anatomia Vegetal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília-UnB. A análise e obtenção de dados e imagens foram realizadas no setor de anatomia da madeira do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro – SFB. As medidas de dispersão e outros dados da estatística descritiva foram obtidos com o auxílio do programa Excel (office 365). A construção de gráficos box-plot e a análise de variância foram realizados no software SPSS (versão 19) e as médias encontradas comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dissociados dos colmos estudados observou-se com frequência células parenquimáticas com inúmeros grãos de amido no citoplasma (Fig. 2D). Além de armazenar esta substância ergástica, o tecido preenche a parede do colmo e envolve o tecido vascular e suas bainhas esclerenquimáticas (LIESE, 1998). Este amido estocado favorece o ataque de fungos e insetos xilófagos e com isso acelerando o processo de deterioração durante o período de estocagem (KLEINE, 2004).

Os elementos de vaso apresentam extremidades obtusas ou retas com placa de perfuração simples (Fig. 2D, 2E e 2F). Esta é caracterizada por apresentar uma única abertura elíptica ou circular e é o tipo mais comum, ocorre em cerca de 80% das espécies lenhosas (IAWA COMMITTEE, 1989). Em todas as amostras avaliadas foram observadas pontoações intervasculares alternas, sendo que a parte mais larga se encontra orientada horizontalmente (Fig. 2D), o mesmo foi observado por Tomazello Filho e Azzini (1987) em *Bambusa vulgaris* Schrad. Seguindo o padrão adotado por Iawa Committee (1989) e Muniz e Coradin (1991), estas podem ser classificadas como médias (7-10 μm) a largas ($\geq 10 \mu\text{m}$). Os elementos de vaso podem ser longos com diâmetro menor como em *Guadua* sp. 1 e curtos com o diâmetro maior em *G. cf. angustifolia* (Fig. 2D).

3.1. Dimensões das Fibras

3.1.1. Comprimento

Os comprimentos das fibras das espécies analisadas variaram entre 1,39-3,97 mm (Tab.2). Esta grande amplitude já era esperada, pois é comum que as fibras de bambu apresentem diferentes comprimentos ao longo do colmo e também ao longo da parede do colmo (LIESE, 1985). Apenas em *Guadua* sp.1 ocorreram valores atípicos (Fig. 3).

As fibras podem ser classificadas como longas, de acordo com o padrão adotado por Iawa Committee, (1989) e Muniz e Coradin (1991) que consideram longas aquelas que possuem $\geq 1,60$ mm de comprimento, exceto *G. cf. angustifolia* que apresentou um valor mínimo de 1,39 mm. Possuem estrutura alongada com pontas afiladas, raramente pode-se visualizar pontas obtusas ou assimétricas (Fig. 2.1 e 2.2).

Os comprimentos das fibras variam ao longo do colmo, porém, esta diferença só foi significativa a 5% pelo teste de Tukey para *Guadua* sp.1, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia* (Tab.

3). Contudo, estas não apresentam um padrão, em *G. latifolia* os maiores valores foram encontrados na base, em *Guadua* sp.1 e *G. angustifolia* as fibras mais longa estão no meio e em *Guadua* sp.2 e *Guadua* sp.3 no ápice. Diferentemente do sugerido por Liese (1985) e Tomazello Filho e Azzini (1987) que apontam uma ligeira diminuição no comprimento das fibras à medida que se aproxima do ápice.

Na comparação entre as espécies analisadas, os valores diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. O comprimento das fibras em *Guadua* sp.1 e *G. cf. angustifolia* não diferiram entre si, *Guadua* sp.3 e *G. latifolia* também não apresentaram diferença significativa, mas *Guadua* sp.2 se mostrou estatisticamente diferente das demais.

Quando considerados os valores médios, *Guadua* sp.2 apresentou o maior com 2,99 mm e *G. cf. angustifolia* (2,37) o menor valor, ainda assim, este valor foi maior do que o descrito para *G. angustifolia* em Azzini *et al.* (1977) e Geroto (2014). Além disso, as médias encontradas também foram maiores do que as citadas para *G. spinosa* (Swallen) McClure, *G. superba* Huber, *G. amplexifolia* J. Presl também analisadas em Azzini *et al.* (1977).

No entanto, quando comparados os valores máximos observados na referência para *G. superba* e *G. angustifolia* estes se mostraram bem elevados (4,14 mm), maiores do que os observados nesta análise. As médias se aproximam das encontradas em *Guadua aculeata* Rupr. (2,66 mm) em análise realizada por Zaragoza-Hernández *et al.* (2014) e para *Guadua tagoara* (Nees) Kunth por Bilesky (2014).

Em comparação com valores encontrados para espécies de outros grupos de bambu utilizados como matéria-prima para a indústria de celulose, como é o caso de espécies do gênero *Bambusa* e *Dendrocalamus*, observou-se que as espécies de *Guadua* aqui estudadas apresentaram valores de comprimento próximos aos encontrados em quatro espécies de *Bambusa* estudadas por Ciaramello & Azzini (1971a), bem como, de outras cinco espécies do mesmo gênero analisadas em Azzini e Ciaramello (1971).

Os trabalhos realizados com espécies do gênero *Dendrocalamus*, gênero de origem asiática que possui espécies utilizadas pela indústria brasileira, são divergentes quanto aos valores de comprimento. Em Prates (2013) foram analisadas as fibras de *D. asper* (Schult. & Schult. F.) Backer ex. K. Heyne apresentaram valores médios $\geq 3,21$ mm, portanto, maior do que os valores encontrados neste trabalho para as espécies de *Guadua*. Entretanto, valores próximos aos encontrados nas espécies aqui estudadas foram observados para quatro espécies de

Dendrocalamus em Ciaramello & Azzini (1971b), dentre estas *D. asper* que apresentou comprimento médio de 2,43 mm e *D. latiflorus* Munro e *D. asper* estudados em Geroto (2014).

O comprimento é uma característica importante para definir o aproveitamento desse material, principalmente para produção de derivados da celulose. As fibras mais longas aumentam a resistência à tração e ao arrebentamento e, além disso, esta característica está intimamente relacionada à resistência ao rasgo (FOELKEL, 1977). Contudo, outras dimensões devem ser avaliadas, tais como o diâmetro da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede (FOELKEL, 1977; DE PAULA & COSTA, 2011).

TABELA 2: Dimensões das fibras e estatística descritiva para as variáveis de comprimento, diâmetro da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede celular

VARIÁVEIS		<i>Guadua</i> sp.1	<i>Guadua</i> sp. 2	<i>Guadua</i> sp. 3	<i>G. angustifolia</i>	<i>G. latifolia</i>
COMPRIMENTO (mm)	Média	2,44	2,99	2,67	2,37	2,64
	Mínimo	1,64	1,94	1,81	1,39	1,69
	Máximo	3,4	3,97	3,9	3,71	3,95
	Desvio Padrão	0,38	0,5	0,49	0,53	0,53
	Coef. V.	15,57%	16,72%	18,35%	22,36%	20,08%
ESP.PAREDE (μ m)	Média	6,27	5,34	8,68	7,3	5,86
	Mínimo	2,16	2,33	3,13	3,36	1,83
	Máximo	13,81	8,87	12,24	11,85	10,66
	Desvio Padrão	2,16	1,38	1,71	1,84	1,64
	Coef. V.	34,42%	25,84%	19,70%	25,13%	28,03%
DIÂM. LUME (μ m)	Média	4,69	5,71	6,33	9,37	6,62
	Mínimo	1,33	2,93	2,35	3,5	1,89
	Máximo	10,8	12,58	11,99	19,85	11,61
	Desvio Padrão	1,82	1,92	2,14	3,94	2,37
	Coef. V.	39,87%	33,56%	33,81%	42,02%	35,80%
DIÂM. FIBRA (μ m)	Média	17,22	16,5	23,68	23,97	18,34
	Mínimo	7,6	11,07	11,61	13,32	10,46
	Máximo	33,41	27,82	34,83	39,59	27,28
	Desvio Padrão	5,3	3,72	4,42	5,87	3,7
	Coef. V.	30,80%	22,54%	18,67%	24,49%	20,17%

3.1.2. Diâmetro total da Fibra

O diâmetro das fibras analisadas variou entre 7,6 – 39,59 μ m, sendo que o menor valor foi encontrado em *Guadua* sp.1 e o maior valor em *G. cf. angustifolia* que também apresentou

o maior diâmetro médio com 23,97 μm (Tab. 2). Os resultados obtidos estão próximos dos encontrados por Azzini *et al.* (1977) em trabalho realizado com quatro espécies de *Guadua*, aos de *G. tagoara* em Bilesky (2014) e aos de *G. aculeata* analisada por Zaragoza-Hernández *et al.* (2014). Em comparação com outras espécies de bambu, os diâmetros das espécies analisadas também possuem valores próximos aos observados em quatro espécies de *Dendrocalamus* analisadas por Ciaramello & Azzini (1971b), *D. asper* estudado por Prates (2013), *D. gigantus* em Marinho *et al.* (2014), para *B. vulgaris* em Guimarães Júnior *et al.* (2010) e Tomazello Filho e Azzini (1987).

TABELA 3: Análise de variância para as dimensões de comprimento, diâmetro das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras ao longo do colmo

Espécies	Posição	Comp. (mm)	Diâm. F. (μm)	Diâm. L. (μm)	Esp. P. (μm)
<i>Guadua</i> sp.1	Base (3m)	2,25 a	18,22 a	4,92 a	6,65 a
	Meio (6m)	2,59 b	16,68 a	4,32 a	5,72 a
	Ápice (9m)	2,39 ab	17,74 a	4,90 a	6,42 a
<i>Guadua</i> sp.2	Base (3m)	2,99 a	15,91 a	5,86 a	5,06 a
	Meio (6m)	2,96 a	16,80 a	6,44 a	5,33 a
	Ápice (9m)	3,03 a	16,80 a	4,81 a	5,62 a
<i>Guadua</i> sp.3	Base (3m)	2,63 a	25,77 a	7,47 a	9,15 a
	Meio (6m)	2,57 a	21,75 b	5,84 b	7,95 b
	Ápice (9m)	2,82 a	23,53 ab	5,67 b	8,92 b
<i>G. cf. angustifolia</i>	Base (3m)	1,99 a	21,76 a	7,79 a	6,99 a
	Meio (6m)	2,66 b	24,50 a	10,20 a	7,15 a
	Ápice (9m)	2,46 b	25,66 b	10,12 a	7,77 a
<i>G. latifolia</i>	Base (3m)	2,97 a	19,35 a	7,06 a	6,14 a
	Meio (6m)	2,69 a	18,10 a	6,20 a	5,95 a
	Ápice (9m)	2,56 b	17,56 a	6,60 a	5,48 a

Os valores seguidos das mesmas letras não apresentam diferença significativa entre si com um nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Os valores médios não apresentaram diferença significativa entre as posições ao longo do colmo para as espécies *Guadua* sp.1, *Guadua* sp.2 e *G. latifolia*. Mas para as amostras de *G. cf. angustifolia* observou-se que os diâmetros médios das fibras aumentaram da base para o

ápice e para *Guadua* sp.3 as fibras do meio são mais finas do que as da base. Este comportamento foi corroborado na comparação das médias entre as espécies, onde apenas essas duas espécies apresentaram médias significativamente diferentes das demais (Tab. 4).

Contudo, comparativamente a algumas coníferas e folhosas exploradas economicamente, as fibras de bambu podem ser consideradas como longa e finas (Redko, 1970). Não há consenso a respeito do efeito da largura da fibra na qualidade da celulose e produção de papel, porém, alguns autores apontam que o aumento dessa dimensão poderá resultar na diminuição de propriedades importantes, como a resistência ao arrebentamento.

TABELA 4: Análise de variância para as dimensões de comprimento, diâmetro das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede celular

Espécies	Comp. (mm)	Diâm.F. (µm)	Diâm.L. (µm)	Esp.P.(µm)
<i>Guadua</i> sp.1	2,44 a	17,22 a	4,69 a	6,27 a
<i>Guadua</i> sp.2	2,99 b	16,5 a	5,71 a	5,34 b
<i>Guadua</i> sp.3	2,67 c	23,68 b	6,33 c	8,68 d
<i>G. cf. angustifolia</i>	2,37 a	23,97 b	9,37 b	7,3 c
<i>G. latifolia</i>	2,64 c	18,34 a	6,62 ac	5,86 ab

Onde: Comprimento da fibra (Comp.); Diâmetro total da fibra (Diâm.F.); Diâmetro do lume (Diâm.L.); Espessura da parede (Esp.P.)

3.1.3. Diâmetro do Lume

Foi observado o diâmetro do lume das espécies variando entre 1,33 – 19,85 µm, sendo que o menor valor foi encontrado em *Guadua* sp.1 e o maior valor em *G. cf. angustifolia* que também apresentou o maior valor médio com 9,37 µm (Tab. 2). *G. cf. angustifolia* também se mostrou estatisticamente diferentes das demais, porém, não se observou variação significativa ao longo do colmo para a mesma (Tab. 4). A única espécie que apresentou valor de lume diferindo de acordo com a altura no colmo foi a *Guadua* sp.3, na qual o diâmetro do lume diminui da base para o ápice do colmo (Tab. 3).

Os valores de mínimo alcançados estão próximos dos encontrados por Azzini *et al.* (1977) para quatro espécies de *Guadua*, no entanto, os valores de máximo da referência supracitada são menores dos que os encontrados aqui neste trabalho. Assim como os valores de máximo observados são semelhantes aos relatados em Guimarães Júnior *et al.* (2010) para *B. vulgaris*, Ciaramello & Azzini (1971b) para quatro espécies de *Dendrocalamus* e Prates (2013) que estudou *D. asper*.

Analisando os box-plots das medidas do lume ficou evidente a ampla ocorrência de valores atípicos, estes não ocorreram apenas em *Guadua* sp.3 e *G. latifolia* (Fig. 7 e 8). O que expõem o quanto variável se mostrou essa dimensão. O diâmetro do lume não tem um sentido prático por si só, mas é fundamental para se calcular a espessura da parede que está diretamente relacionada a propriedades importantes para a fabricação de derivados das fibras, como na capacidade de colapsar que é fundamental na produção de papel, por isso, esta dimensão está envolvida em vários índices que avaliam as propriedades dessas células (DE PAULA & COSTA, 2011).

3.1.4. Espessura da Parede

A espessura da parede celular das fibras variou entre 1,83 – 13,81 µm. Segundo Iawa Committe, (1989) e Muniz e Coradin (1991) estas podem ser classificadas com paredes muito espessadas, sendo que o menor valor ocorreu em *G. latifolia* e o maior valor foi observado nas amostras de *Guadua* sp.1. Quando analisados os valores médios o maior valor encontrado de 8,68 µm em *Guadua* sp.3, excetuando esse caso, as demais espécies apresentaram valores médios semelhantes aos relatados para quatro espécies de *Guadua* em Azzini *et al.* (1977), para *G. aculeata* em Zaragoza-Hernández *et al.* (2014).

Em comparação com bambus pertencentes a outros gêneros, os valores alcançados ficaram próximos dos descritos para quatro espécies de *Dendrocalamus* por Ciaramello & Azzini (1971b), por Prates (2013) em *D. asper*, por Marinho *et al.* (2014) *D. giganteus*. Trabalhos realizados com espécies do gênero *Bambusa* também trazem valores que se assemelharam aos encontrados no presente trabalho (AZZINI & CIARAMELLO, 1971; CIARAMELLO & AZZINI, 1971b; MOHMOD *et al.*, 1993; GUIMARÃES JÚNIOR *et al.*, 2010; BONFATTI JÚNIOR, 2010).

Além disso, o espessamento das paredes celulares das fibras das espécies analisadas também estão próximos de valores citados para outras fibras comerciais, tais como as fibras de sisal e coco (JOSEPH *et al.*, 1999).

Esta característica influencia diretamente na determinação do aproveitamento desse material e está intimamente relacionada à resistência da celulose. As fibras com paredes espessadas podem produzir papéis com maior resistência ao rasgo e ao arrebentamento (FOELKEL, 1977). A presença de fibras com as paredes muito espessadas, como as observadas nesse trabalho, geralmente, produz um material com alta densidade básica o que interfere nas

propriedades físicas e mecânicas. Há um aumento da resistência mecânica relacionado ao espessamento das paredes, devido às múltiplas camadas (polilaminar) que constituem essa estrutura secundária (LIESE, 1998).

Nesse sentido, estas fibras constituem colmos resistente que poderiam ser avaliados, por exemplo, como material útil para construção civil. Ademais, as fibras com paredes espessas possuem potencialmente maior teor de celulose o que pode indicar uma possível fonte energética (DE PAULA, 1999).

3.2. Relações Entre as Dimensões Fundamentais das Fibras

3.2.1. Índice de Enfeltramento

Os valores médios do índice de enfeltramento variaram entre 99 – 183, sendo que o menor ocorreu em *G. cf. angustifolia* e o maior em *Guadua* sp.2. Quando comparados os valores mínimos e máximos, a espécie *Guadua* sp.1 alcançou o índice mais alto (215) calculado a partir dos valores mínimos de comprimento e largura para essa espécie e *G. cf. angustifolia* apresentou os valores mais baixos dentre as avaliadas. Os resultados estão de acordo com os citados para quatro espécies de *Guadua* analisadas em Azzini *et al.* (1977), no entanto, o valor do índice calculado a partir da média das variáveis para *G. cf. angustifolia* (99) é menor do que o apresentado na referência (120).

Estes valores também estão em consonância com as estimativas encontradas para as fibras de bambu pertencentes a outros gêneros, tais como: espécies de *Bambusa* analisadas em Azzini e Ciaramello (1971), Ciaramello e Azzini (1971a), Mohmod *et al.* (1993), Guimarães Júnior *et al.* (2010) e Bonfatti Júnior (2010) e quatro espécies de *Dendrocalamus* em Ciaramello & Azzini (1971b).

Em comparação com fibras amplamente utilizadas na indústria, as espécies analisadas nesse trabalho apresentaram valores bem maiores do que os encontrados em Milanez (1981) e Milanez e Foelkel (1981) para espécies de *Eucalyptus* amplamente utilizadas no setor papelero e variedades de duas espécies de *Corchorus* L. em Azzini *et al.* (1986) consolidada como matéria-prima para a indústria têxtil.

Este índice avalia a relação entre o comprimento e o diâmetro da fibra, altos valores como os encontrados aqui indicam fibras longas e estreitas. Ele está relacionado com a

capacidade de as fibras formarem feltro e relaciona-se positivamente à resistência ao rasgo na produção papel (FOELKEL, 1977, AZZINI *et al.*, 1996).

3.2.2. Fração de Parede

As espécies analisadas apresentaram valores superiores a 40% o que evidencia fibras de paredes muito espessadas, sendo que os maiores valores médios ocorreram em *Guadua* sp. 1 e *Guadua* sp.3 (73% para ambas). Para os valores de mínimo e máximo, *Guadua* sp.1 mostrou o percentual mais alto (83%) calculado para os valores de máximo entre as espécies analisadas e *G. latifolia* para os valores de mínimo (35%).

TABELA 5: Análise das relações existentes entre as dimensões de comprimento, diâmetro da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede para valores médios, mínimos e máximos.

Parâmetros		<i>Guadua</i> sp. 1	<i>Guadua</i> sp. 2	<i>Guadua</i> sp. 3	<i>G. angustifolia</i>	<i>G. latifolia</i>
IE	Média	142	183	113	99	149
	Mínimo	215	175	156	104	163
	Máximo	102	143	112	94	145
FP	Média	73%	65%	73%	61%	64%
	Mínimo	57%	49%	54%	50%	35%
	Máximo	83%	64%	70%	60%	78%
CF	Média	27%	35%	27%	39%	36%
	Mínimo	18%	26%	20%	26%	18%
	Máximo	32%	45%	34%	50%	43%
IR	Média	2,67	1,89	2,74	1,56	1,77
	Mínimo	3,26	1,85	2,66	1,91	1,94
	Máximo	2,56	1,41	2,04	1,19	1,84
IM	Média	0,92	0,88	0,93	0,84	0,86
	Mínimo	0,97	0,93	0,92	0,93	0,97
	Máximo	0,89	0,79	0,88	0,75	0,82
IB	Média	0,86	0,79	0,87	0,73	0,77
	Mínimo	0,94	0,87	0,95	0,87	0,94
	Máximo	0,81	0,66	0,79	0,60	0,69

Onde: Índice de enfiamento (IE); fração de parede (FP); coeficiente de flexibilidade (CF); índice de Runkel (IR).

Os resultados estão próximos aos valores encontrados para *G. tagoara* descritos por Bilesky (2014), para quatro espécies de *Guadua* em Azzini *et al.* (1977), e para *B. vulgaris* e em Guimarães Júnior *et al.* (2010).

Em comparação com fibras de outros grupos, as fibras das espécies analisadas apresentam valores de fração de parede bem elevados (61% - 73%). Como por exemplo, as espécies de *Eucalyptus urophylla* analisada em Milanez (1981) que encontrou 46 % para essa relação e *Pinus taeda* L. analisado em Nisgoski (2005) que apresentou valores entre 30, 92% - 33, 08% para plantas com diferentes idades.

A fração de parede avalia a porcentagem na fibra ocupada por parede, nas espécies analisadas variou entre 61% – 73% para os valores médios. Essas estimativas são tidas como altas e quer dizer que essas fibras possuem parede muito espessas e lume reduzido. Portanto, essas fibras são rígidas e pouco flexíveis o que pode favorecer a produção de papéis porosos, por exemplo papelão ondulado e embalagem (CIARAMELLO & AZZINI, 1970; MILANEZ & FOELKEL, 1981).

As espécies analisadas mostram aptidão como possível fonte de carvão vegetal, já que possuem parede lignificadas em abundância. Contudo, esse potencial só poderá ser confirmado a partir de testes químicos, quantidade de lignina e poder calorífico, e de viabilidade do percentual desse tecido no colmo.

3.2.3. Coeficiente de Flexibilidade

Os valores médios do índice de flexibilidade variaram entre 27 – 30 % para as espécies analisadas, as fibras menos flexíveis ocorreram em *Guadua* sp.1 e *Guadua* sp.3 (27% para ambas). Este resultado está coerente com o observado para a fração de parede, pois essas duas amostras também apresentaram os valores mais altos para este parâmetro. O coeficiente de flexibilidade é maior para *G. cf. angustifolia*, até mesmo quando comparados os valores os valores de mínimo e máximo (26% e 50%, respectivamente).

Os resultados estão próximos aos citados para quatro espécies de *Guadua* analisadas em Azzini *et al.* (1977), no entanto, o valor encontrado para uma amostra de *G. angustifolia* (13 %) é inferior aos encontrados aqui para a amostras *G. cf. angustifolia* (39 %). No entanto, essa diferença pode ser reflexo da idade do colmo.

Estes valores estão coerentes com os citados para outras espécies de bambu pertencentes a outros gêneros. Valores apresentados para espécies pertencentes ao gênero *Bambusa*, largamente explorado em vários setores, foram analisadas em Azzini e Ciaramello (1971), Ciaramello e Azzini (1971a), Guimarães Júnior *et al.* (2010) e Sharma *et al.* (2011) e mostram

valores que se assemelham muito com os encontrados nesse trabalho. O mesmo foi observado para trabalhos realizados com *Dendrocalamus* por Ciaramello & Azzini (1971b) e em Sharma *et al.* (2011) com espécies de bambus indianos.

Este parâmetro analisa a relação percentual entre o diâmetro do lume com o diâmetro da fibra e quanto maior for o resultado mais flexível é a fibra (FOELKEL, 1977). As espécies analisadas não apresentaram grandes valores, portanto, pode-se dizer que essas fibras são rígidas. Isso faz com que esses colmos sejam direcionados para áreas de produção que buscam essa característica, tais como a produção de compósitos poliméricos (GUIMARÃES JÚNIOR *et al.* 2010).

3.2.4. Índice de Runkel

Este parâmetro faz uma abordagem direcionada ao uso de fibras naturais na produção de papel. Está intimamente relacionado a fração de parede e pode-se fazer a seguinte aproximação: quanto maior a fração de parede, maior será o índice, deste modo, menos apropriadas serão essas fibras para a produção de papel (FOELKEL, 1977; DE PAULA, 1999).

Os resultados alcançados para esse índice calculado a partir dos valores médios de duas vezes espessura da parede sobre o diâmetro do lume, mostraram que dentre as espécies analisadas *Guadua* sp.2, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia*, como índices que variaram entre 1,56 – 187, podem ser classificadas como regulares. Em vista a disponibilidade desse recurso e a qualidade das fibras dessas espécies, estas poderiam substituir espécies exóticas e aumentar a oferta de celulose destinada a produção de papel no mercado brasileiro.

As amostras de *Guadua* sp. 1 e *Guadua* sp. 3 mostram índices com valores > 2.0, isso significa que segundo este parâmetro estas espécies não seriam indicadas para a produção de papel, no entanto, estas apresentam valores semelhantes aos encontrados por Vaysi (2013), Sharma *et al.* (2011), Dutt (2004a) e Dutt (2004b) que analisaram a viabilidade de espécies nativas da Índia destinadas a produção de papel. Esses autores concluíram que mesmo com índice de Runkel próximos a 2.0 as espécies analisadas apresentaram desempenho satisfatório na produção de papel. Diante desses dados pode-se intuir que, apesar de muito utilizado, o índice não decisivo, portanto parece oportuno analisar as espécies estudadas nesse trabalho em relação a produtividade para a indústria papeleira.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que os entrenós dos colmos das espécies estudadas possuem potencial para atender as necessidades de vários setores da indústria brasileira, desde a produção de celulose até a construção civil e produção de energia.

Apesar das espécies possuírem fibras rígidas, pouca flexibilidade e com altos valores de fração de parede, elas poderiam servir como fonte de fibras longas para a produção de papéis porosos ou na composição de matrizes de compósitos.

As fibras de *Guadua* sp.2, *G. cf. angustifolia* e *G. latifolia* podem ser classificadas como regulares para a produção de papel segundo o índice de Runkel. Estas poderiam contribuir para atender à crescente demanda do setor.

Os valores biométricos das fibras encontrados são convergentes com os citados na literatura para fibras de bambu de espécies mundialmente utilizadas pela indústria, como exemplo: *Bambusa* e *Dendrocalamus*. Isso corrobora a necessidade de outros trabalhos que fomentem a exploração economicamente desse recurso.

As espécies estudadas diferem entre si, principalmente, quanto ao comprimento das fibras. Porém, essa diferença mesmo que estatisticamente significativa não influenciou nos resultados dos parâmetros.

Quanto às diferentes alturas, houve apenas pequenas variações ao longo do colmo sem diferença estatística, isso implica, que esses colmos poderiam ser utilizados até os 9 m, já que não há grande variação nos padrões dimensionais das fibras.

Ademais, esses dados basais podem servir como alicerce para maiores estudos e produção de dados tecnológicos que possam, enfim, sistematizar e tornar viável o uso de espécies nativas de bambu como fonte de recurso vegetal no Brasil.

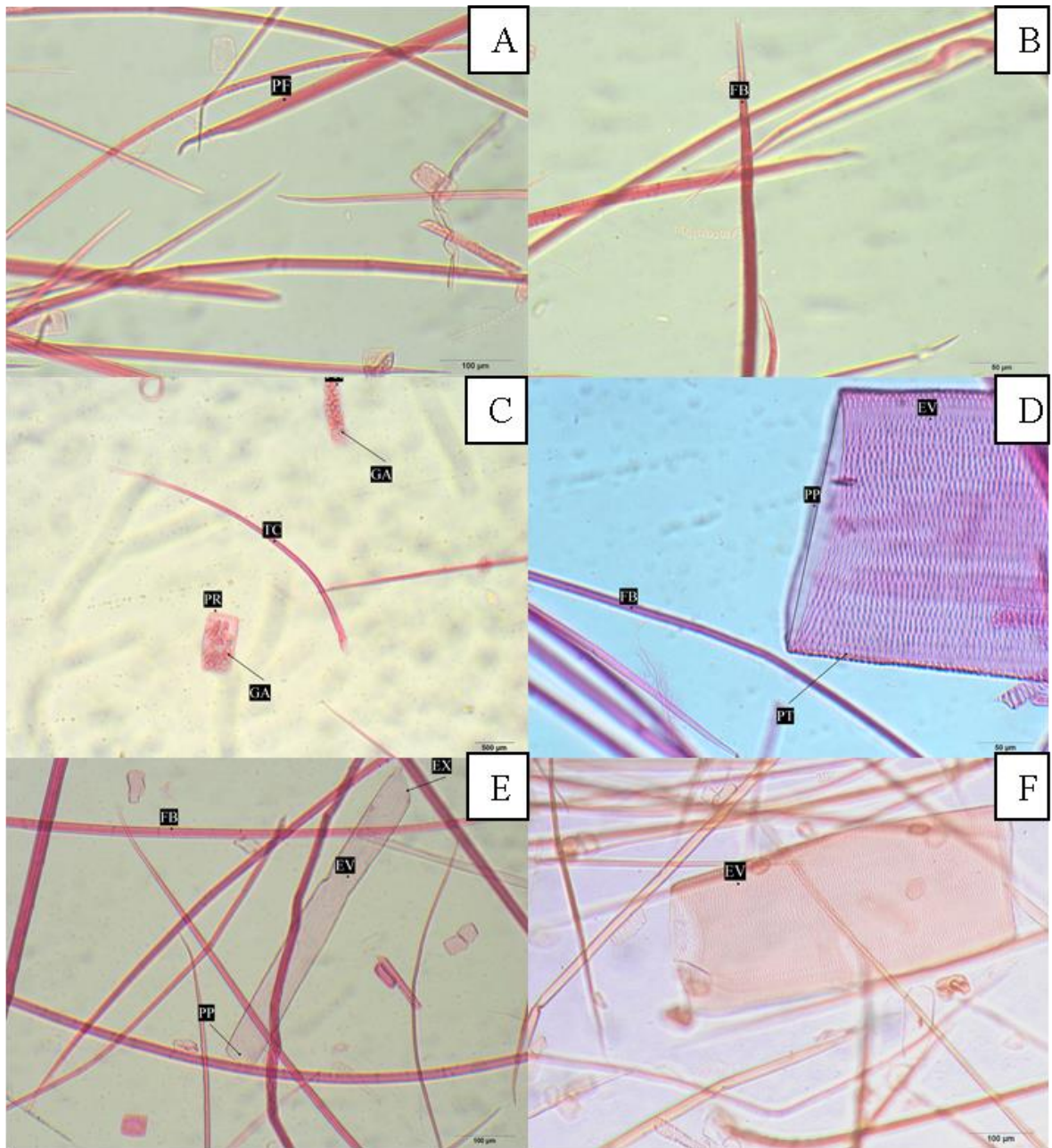


FIGURA 2: Dissociado de células de *Guadua* ssp. nativas do Acre. (A) em destaque fibra encontrada em *Guadua* sp.1 com ponta assimétrica [PF]; (B) fibra com ponta acicular de *Guadua* sp. 3 [FB]; (C) exibe células parenquimáticas [PR] com inúmeros grãos de amido armazenados no citoplasma [GA] e macrotricoma [TC] visualizados em *Guadua latifolia*; (D) elemento de vaso [EV] com pontoações alternas alongadas horizontalmente [PT] e placa de perfuração simples [PP]; (E) elemento de vaso longo e estreito [EV] com uma extremidade reta e outra obtusa [EX] e placa de perfuração simples [PP] e fibras todas observadas em *Guadua* sp.1; (F) elemento de vaso curto e largo visto em *Guadua* sp.3.

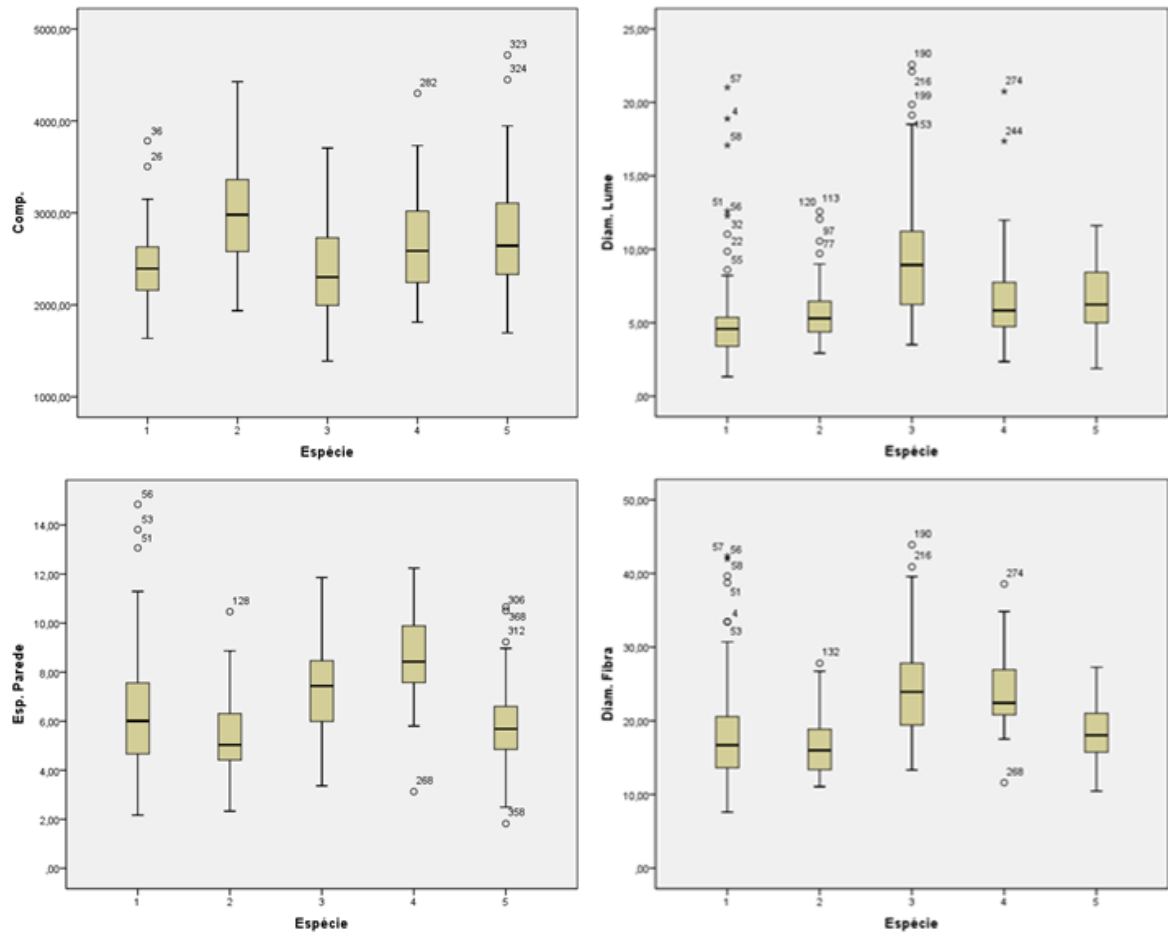


FIGURA 3: Medidas de posição para comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diam. Lume), espessura da parede (Esp. Parede) e diâmetro da fibra (Diam. Fibra) para as cinco espécies de *Guadua* - *Guadua* sp.1(1), *Guadua* sp.2 (2), *Guadua angustifolia* (3), *Guadua* sp.3 (4) e *G. latifolia* (5), respectivamente. As caixas apontam a mediana, 1º e 3º quartis e os valores atípicos (outliers ○).

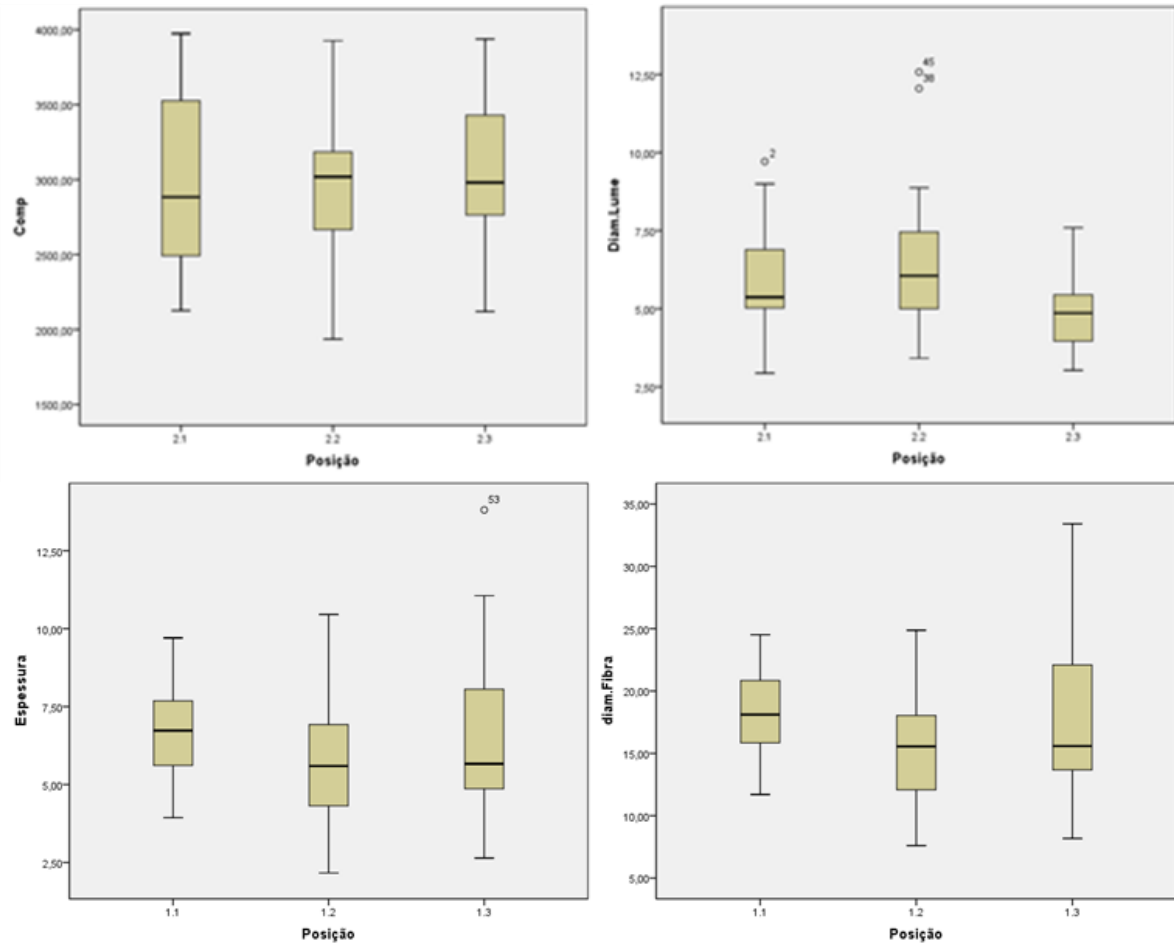


FIGURA 4: Medidas de posição estatística para os valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diam. Lume), espessura da parede (Esp. Parede) e diâmetro da fibra (Diam. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* sp.1, sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas apontam a mediana, 1º e 3º quartis e os valores atípicos (outliers ○).

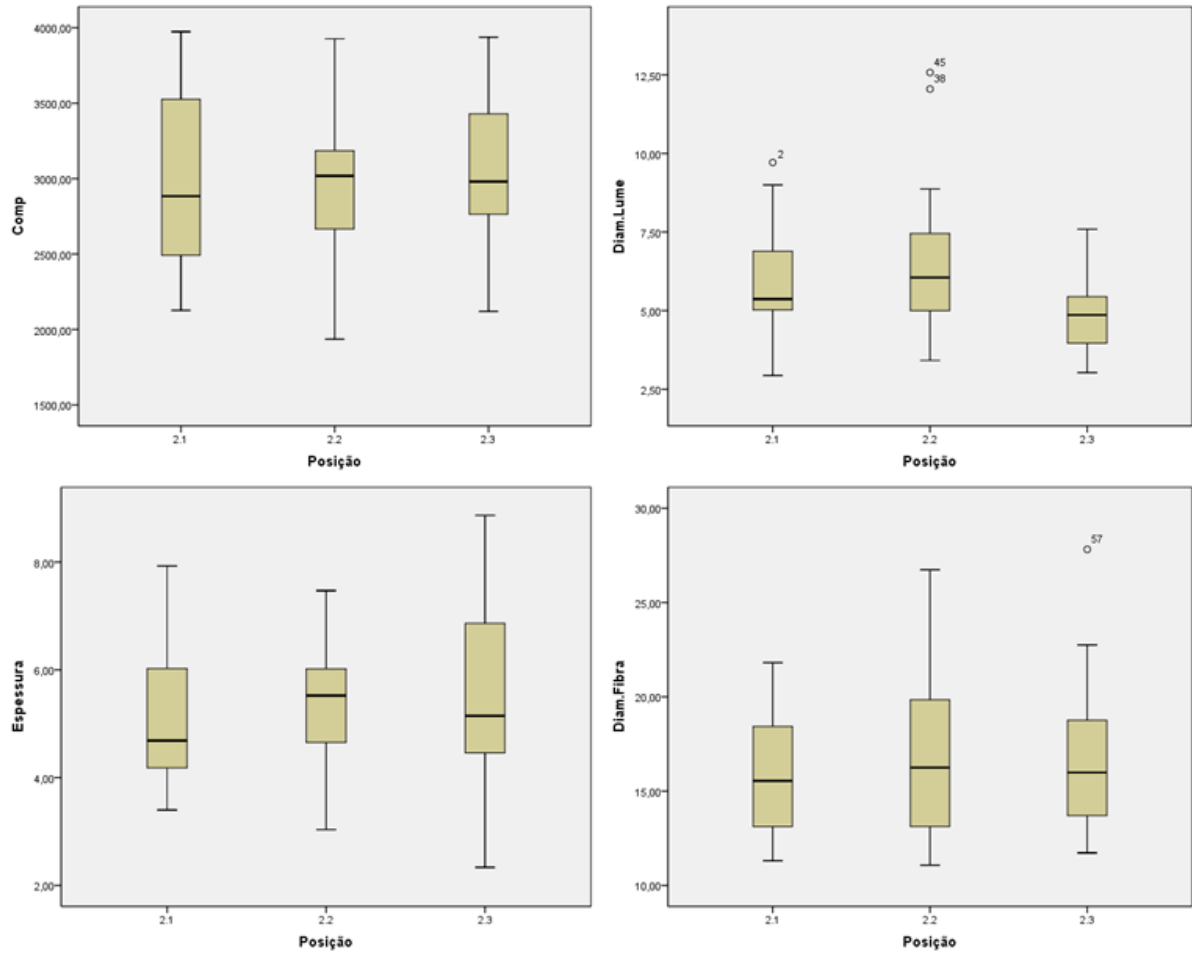


FIGURA 5: Medidas de posição estatística para os valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diam. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diam. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* sp.2. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas evidenciam a mediana, 1º e 3º quartis e os valores atípicos (outliers ○).

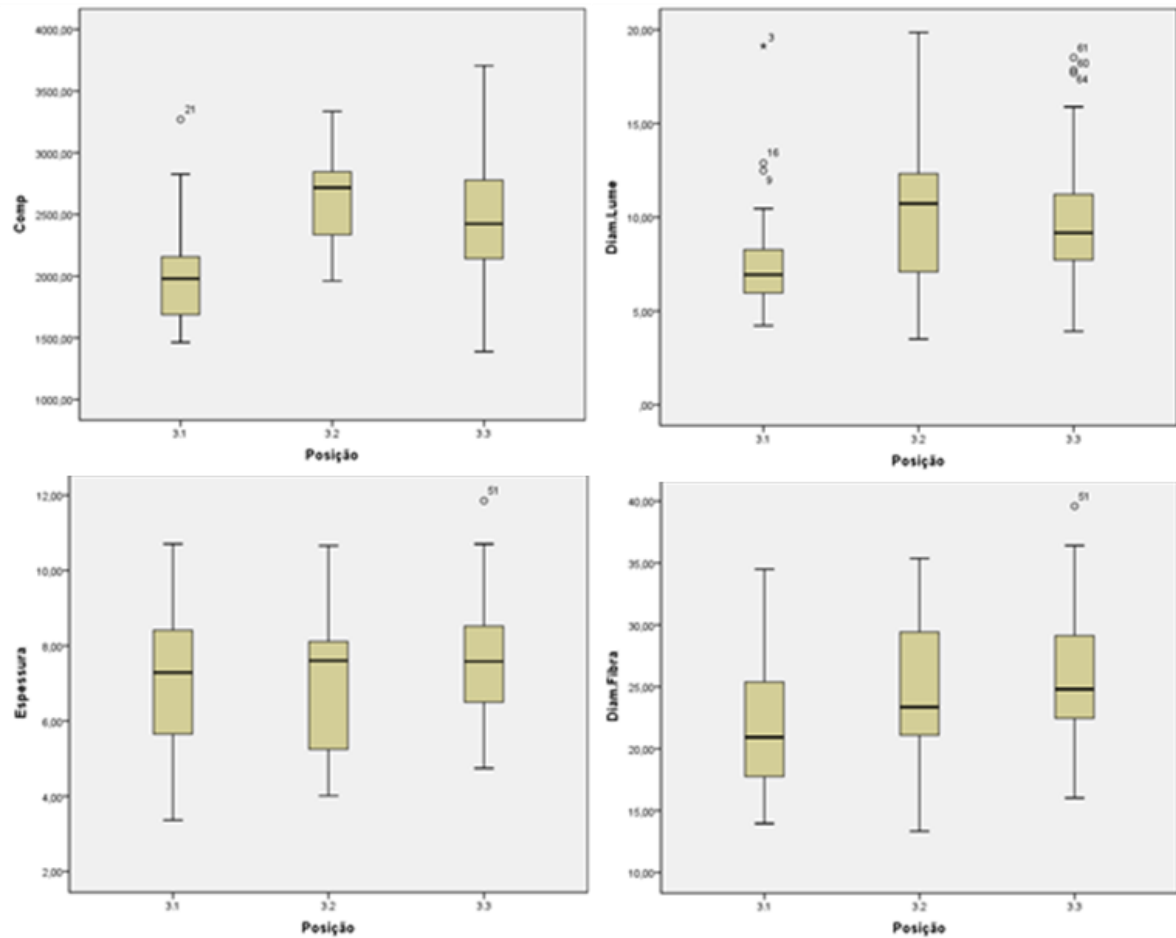


FIGURA 6: Medidas de posição estatística para os valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* cf. *angustifolia*. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas mostram a mediana, 1º e 3º quartis e os valores atípicos (outliers ○).

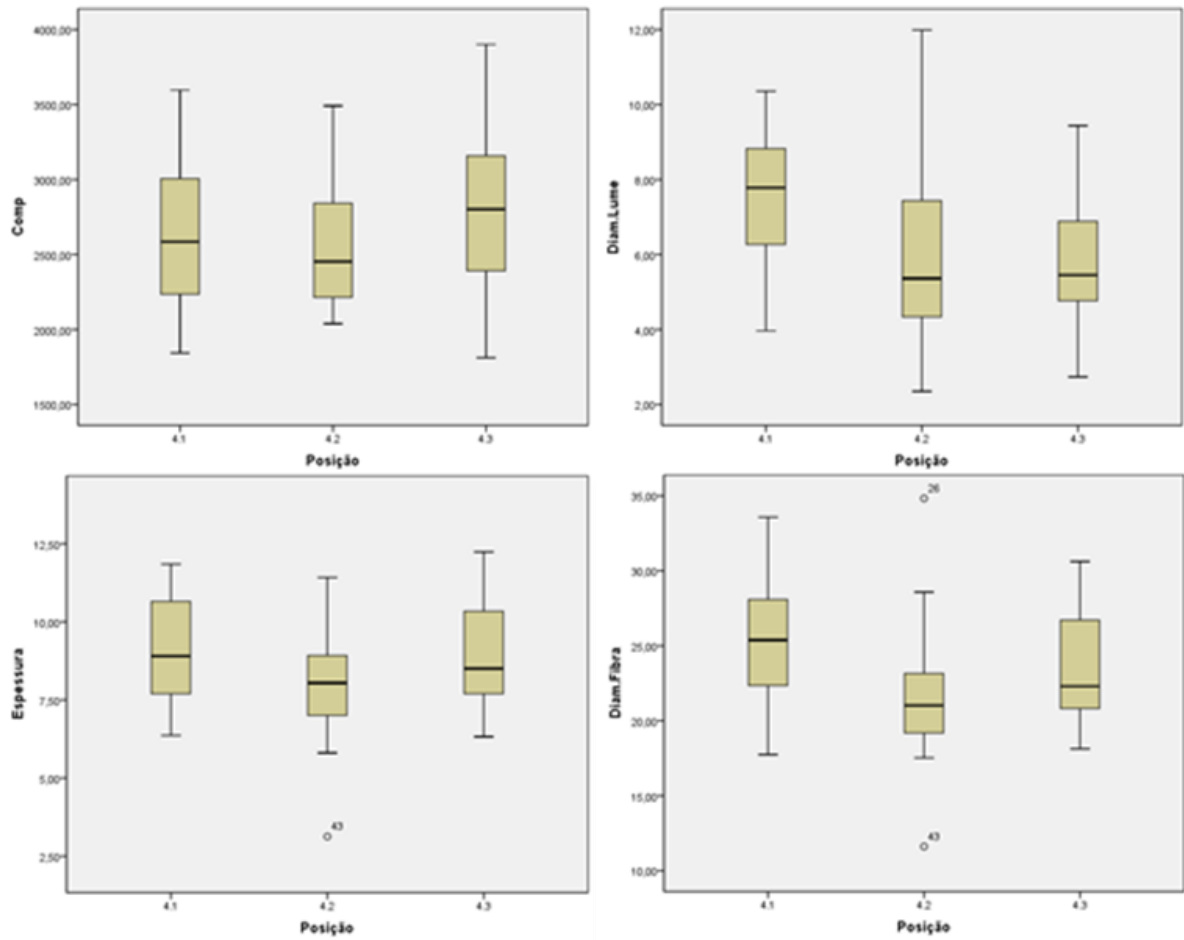


FIGURA 7: Medidas de posição estatística para os valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua* sp.3. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas marcam a mediana, 1º e 3º quartis e os valores atípicos (outliers ○).

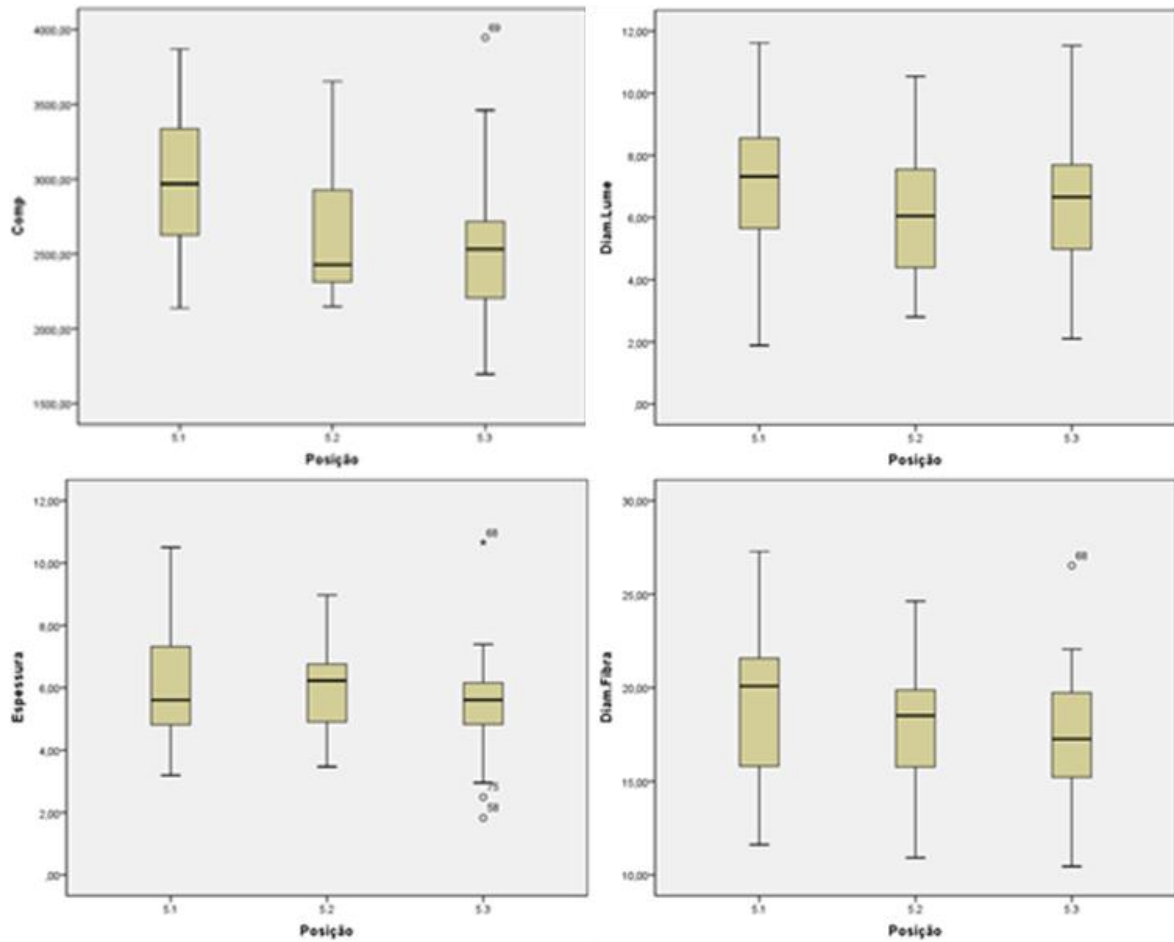


FIGURA 8: Medidas de posição estatística para os valores de comprimento (Comp.), diâmetro do lume (Diâm. Lume), espessura da parede (Espessura) e diâmetro da fibra (Diâm. Fibra) ao longo do colmo de *Guadua latifolia*. Sendo que os pontos do eixo “x” referem-se as alturas de 3m (base), 6m (meio) e 9m (ápice). As caixas marcam a mediana, 1º e 3º quartis e os valores atípicos (outliers ○).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZZINI, A. & CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel: IV-Estudos sobre o emprego de cinco espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, v. 30, n. 2, 1971.
- AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; NAGAI, V. Densidade Básica e Dimensões das Fibras em Bambus do Gênero *Guadua*. **Bragantia**, 1977.
- AZZINI, A; ZIMBACK, L; GONDIM-TOMAZ, R. M. A. Palha de cana-de-açúcar como matéria-prima na obtenção de fibras celulósicas para papel. **Bragantia, Campinas**, v. 55, n. 1, p. 137-140, 1996.
- BILESKEY, P. R. **Caracterização química, física e anatômica do bambu *Guadua tagoara* para polpação Kraft**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, Guaratinguetá, 2014.
- BONFATTI JÚNIOR, E. A. **Caracterização das propriedades anatômicas, química e densidade da espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. ex JC Wendl., para a produção de celulose Kraft com diferentes cargas de Álcali**. Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília-UnB, Brasília-DF, 2010.
- CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: Estudos do processo de cozimento em material de *Bambusa tuldoide* Munro. **Bragantia**, v. 29, n. 2, p. 11-22, 1970.
- CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: III-Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, v. 30, n. 2, p. 199-213, 1971a.
- CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel: V-Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Dendrocalamus*, na produção de celulose sulfato. **Bragantia**, v. 30, n. 2, 1971b.
- DE PAULA, J. E & COSTA, K. P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2011.
- DE PAULA, J. E. Caracterização Anatômica de Madeiras Nativas do Cerrado Com Vistas à Produção de Energia. **Cerne**, v. 5, p. 26-40, 1999.
- DUTT, Dharm et al. Studies on pulp and paper-making characteristics of some Indian non-woody fibrous raw materials: Part II. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 63, n. 1, p. 58-67, 2004a.
- DUTT, Dharm et al. Studies on pulp and paper-making characteristics of some Indian non-woody fibrous raw materials: Part 1. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 63, n. 1, p. 48-57, 2004b.

FOELKEL, C. **Qualidade da Madeira**: Aulas Práticas, Teórica, Questões e Provas. Universidade Federal de Viçosa- UFV, 1977. Disponível em:< <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/02.%20Qualidade%20da%20Madeira.%201977.1979.pdf> >. Acesso em: 28 ago. 2015.

FREITAS JÚNIOR, J. L. & SILVEIRA, M. Padrões Espaciais e Temporais das Florestas com Bambu (*Guadua* spp.) no Sudoeste da Amazônia, Detectados Através de Imagens de Satélite. In: **IX Congresso Brasileiro de Ecologia: Ecologia e o Futuro da Biosfera**, São Lourenço, MG, 2009.

GEROTO, P. G. **Caracterização anatômica e física-por densitometria de raios X-de colmos de Dendrocalamus asper Backer, Dendrocalamus latiflorus Munro e Guadua angustifolia Kunth**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. Mc Graw Hill Book: New York, 1940.

JOSEPH, K; TOLEDO FILHO, R. D; JAMES, B; THOMAS, S. & CARVALHO, L. H. A review on sisal fiber reinforced polymer composites. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 367-379, 1999.

KLEINE, H. J. Bambu: uma fibra excepcional. **O Papel**, Santa Catarina, nota técnica, v 64, n 7, p. 52-54, jul. 2004.

KLEINE, H. J. Celulose de Bambu: uma commodity em potencial. **PinusLetter**, Porto Alegre, n 31, fev. 2011. Disponível em: < http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_31.html >. Acesso em: 13 out. 2015.

LIESE, W. Anatomy and properties of bamboo. In: **Proc. Int. Bamboo Workshop, Hangzhou. China**. 1985.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. Brill, 1998.

LONDOÑO, X. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. **Cátedra Maestría en Construcción. Módulo Guadua, Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia**, 2002.

MARINHO, N. P; NISGOSKI, S. & MUÑIZ, G. I. B. de. Avaliação das dimensões das fibras de colmos de bambu, *Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro, em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 251-256, 2014.

MILANEZ A. C. & FOELKEL C. E. B. “Processo de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto”. In: **CONGRESSO ANUAL DA ABCP**, 14. 1981, São Paulo. São Paulo: ABCTP, v. 9, p. 37-110, 1981.

MILANEZ, A. C. **Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de *Eucalypto urophylla* de origem híbrida**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Departamento de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa, MG, 1981.

MOHMOD, A. L; AMIN, A. H. & KASIM J. Effects of anatomical characteristics on the physical and mechanical properties of *Bambusa blumeana*. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 6, n. 2, p. 159-170, 1993.

MUNIZ, G. & CORADIN, V. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia da madeira**: I: Angiospermae, II: Gimnospermae. Brasília: Laboratório de produtos florestais, 1991. Série Técnica, 15.

NELSON, B.W. Natural disturbance and change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing Reviews**. v. 10, n. 1-3, p 105-125, 1994.

OKUMURA, R. S; QUEIROZ, R. A; TAKAHASHI, L. S. A; SANTOS, D. G. C; LOBATO, A. R. S. MARIANO, D; AVES, G. A. R. & SANTOS FILHO, B. C. Bamboo: Plant morphology, agronomic aspects, human utilization and perspectives. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 2, p. 778-782, 2011.

PAIVA, J. G. A.; FANK-DE-CARVALHO, S. M.; MAGALHÃES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz Vitral Incolor 500: Uma Alternativa de Meio de Montagem Economicamente Viável. **Acta Botânica**, v. 20, n. 2, p. 257-264, 2006.

PRATES, E. M. B. **Morfologia Externa e Anatomia do Colmo de *Dendrocalamus asper* (Poaceae: Bambusoideae) em duas Localidades no Distrito Federal, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. PPGEEL.DM214/2013. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2013.

RAMIREZ, F; GONZALEZ, M; MALDONADO, M. & NIVIA, J. Bamboo *Guadua* Fibers For Composites. In: **European Conference on Composite Materials**, Venice-Itália, v. 5, p. 24-28, 2012.

REDKO, B. V. P. Celulose de Bambu. I Seminário do Bambu. **Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel-ABCP**, São Paulo, 1970.

SHARMA, A. K; DUTT, D; UPADHYAYA, J. S. & ROY T. K. Anatomical, morphological, and chemical characterization of *Bambusa tulda*, *Dendrocalamus hamiltonii*, *Bambusa balcooa*, *Malocana baccifera*, *Bambusa arundinacea* and *Eucalyptus tereticornis*. **BioResources**, v. 6, n. 4, p. 5062-5073, 2011.

TOMAZELLO FILHO, M; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **Instituto de Pesquisas Florestais, Piracicaba**, v. 36, n. 1, p. 43-50, 1987.

VAYSI, R. An Investigation on the Possibility of Using Bamboo CMP Pulp for Newsprint Production. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 6, n. 13, p. 944, 2013.

ZARAGOZA-HERNÁNDEZ, I; BORJA-DE LA ROSA, A; ZAMUDIA-SANCHEZ, F. J; ORDENEZ-CANDELARIA, V. R. & BARCENAS-PAZOS, G. M. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. **Madera y Bosques**, v. 20, n. 3, 2014.