UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Engenharia
Campus de Bauru

DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DO BAMBU *Dendrocalamus giganteus*.

Lia Viégas Garbino

BAURU
2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Engenharia
Campus de Bauru

DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DO BAMBU *Dendrocalamus giganteus.*

LIA VIÉGAS GARBINO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP - Campus de Bauru, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial.

BAURU – SP
AGOSTO - 2003

Cod Capes - 30000009- Engenharias - Bambu

(A)

Número de chamada
Clas. 7 / UNESP
PHA G795d
Tombo n.º 1-169

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Engenharia
Campus de Bauru

DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DO BAMBU *Dendrocalamus giganteus.*

BIBLIOTECA - UNESP - CAMPUS BAURU

LIA VIÉGAS GARBINO

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP - Campus de Bauru, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial.

BAURU – SP
AGOSTO - 2003

Ficha catalográfica elaborada por
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - Bauru

Garbino, Lia Viégas
Determinação das propriedades físicas do bambu *dendrocalamus giganteus* / Lia Viégas Garbino - - Bauru : [s.n.], 2003.
85 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia,2003.

1. Bambu. 2. Propriedades físicas. I – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia II – Título.

PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA

ATA Nº 042/2003.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE *LIA VIEGAS GARBINO*, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNESP – CAMPUS DE BAURU.

No dia vinte e oito de agosto de dois mil e três, às 8 horas e 30 minutos, no anfiteatro do prédio da Pós-graduação da Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos Professores Doutores: Marcos Tadeu Tiburcio Gonçalves do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Bauru, Presidente da Banca, Francisco Antonio Rocco Lahr do Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos – USP – São Carlos e Ivaldo De Domenico Valarelli do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Bauru, a fim de proceder a argüição pública da Dissertação de Mestrado da candidata ***Lia Viégas Garbino***, intitulada "DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO BAMBU Dendrocalamus giganteus". O Professor Marcos Tadeu Tiburcio Gonçalves, Presidente da Banca, apresentou a candidata, que dissertou sobre seu trabalho, em quarenta minutos, após, a candidata foi argüida oralmente pelos membros componentes da Comissão Examinadora no tempo regulamentar exigido. Logo após, reuniu-se a Comissão Examinadora, que propôs a alteração do título do trabalho para: "DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DO BAMBU Dendrocalamus giganteus", tendo apresentado o conceito final: **APROVADA**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após, lida e aprovada, será assinada pelos Senhores Membros da Comissão Examinadora. Bauru, vinte e oito de agosto de dois mil e três. / . / . / . / . / . / . / .

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tiburcio Gonçalves - Presidente _____

Prof. Dr. Francisco Antonio Rocco Lahr - Membro _____

Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli - Membro _____

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Engenharia - Bauru
Av.Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube s/nº • Caixa Postal 473 • CEP 17 033-360 • Bauru • SP • Fone: 14 221 6000 e 14 221 6108 • Fax: 14 221 6104
E-mail: spg@feb.unesp.br • home page: www.feb.unesp.br/pos/fe.htm

....Não há um só homem nem uma só ação que não tenha a sua importância; em todos e através de tudo se desenvolve mais ou menos a idéia da humanidade...

Arthur Schopenhauer

Dedico este trabalho à memória de meu pai que, como educador, sempre priorizou o conhecimento e soube transformá-lo em humor e felicidade, aproveitando as coisas simples da vida.

Pode-se supor que o bambu, considerado mais antigo que o homem, cujos inúmeros benefícios incluem aqueles ecologicamente viáveis, venha ocupar cada vez mais seu espaço através de sua inserção na indústria, e quem sabe, possa estar sempre auxiliando o ser humano como é colocado por Simon Wells (2002), diretor do filme "A máquina do tempo", baseado na famosa ficção escrita em 1895, por seu bisavô, o escritor inglês, H.G. Wells. No filme, o diretor ressalta quando o personagem, viajante do tempo, 800 mil anos para o futuro, encontra uma cidade construída com bambus gigantes dando enfoque à tenacidade do bambu quanto a sua capacidade de adaptação e resistência para continuar através dos tempos.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves, os meus mais sinceros agradecimentos pela oportunidade e orientação, por ter me auxiliado muito durante todo esse tempo.

Ao Prof. Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira, por sua orientação e por ser um "bambuzeiro" de fato, fazendo-me acreditar em mais uma possibilidade para nossa sociedade.

Ao Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, pela sua importante colaboração para a realização deste trabalho; em especial ao Prof. Dr. Francisco Antônio Rocco Lahr.

Aos colegas e professores, em especial ao Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli e ao colega Hamilton José de Mello, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando, minha admiração e o meu muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Henrique Manuel Salgado, que me auxiliou nos cálculos estatísticos. Muito obrigada pela atenção dispensada.

A Seção de Oficina e Marcenaria, com especial agradecimento para o Sr. Jailson Calori, que esteve sempre à disposição, sempre com boa vontade.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela valiosa bolsa de estudos.

A minha querida família, que me apoiou durante todo tempo, especialmente ao meu filho, ao meu marido e a minha mãe.

unesp

SUMÁRIO

Lista de Figuras III
Lista de Tabelas VI
RESUMO VII
ABSTRACT VIII
1. INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivo 3
1.2 Justificativa e relevância do trabalho 3
2. REVISÃO DA LITERATURA 5
2.1 Histórico do bambu 5
2.2 Características da planta 7
2.2.1. Generalidades 7
2.2.2. Anatomia do colmo 9
2.2.3. Anatomia do nó 11
2.2.4. Propriedades químicas e bioquímicas 14
2.3. Espécies de bambu 15
2.4. Propriedades físicas do bambu 21
2.4.1. Densidade 21
2.4.2. Teor de umidade 25
2.4.3. Estabilidade dimensional 27
2.4.3.1. Retração 29
2.4.3.2. Inchamento 32
2.5. Propriedades mecânicas 33
3. MATERIAIS E MÉTODOS 36
3.1. Ensaios preliminares 36
3.2. Amostras 37
3.2.1. Colmos de bambu 37
3.2.2. Definição das amostras 38
3.2.3. Preparação das amostras 41
3.2.3.1. Abate 41
3.2.3.2. Preparação das ripas 41
3.2.3.3 Aplainamento 43

3.2.3.4 Serramento das amostras..... 43
3.3. Procedimentos de ensaio..... 43
3.3.1. Medição da massa saturada verde..... 43
3.3.2. Medição das amostras no estado saturado verde..... 44
3.3.3. Medição da massa seca..... 44
3.3.4. Medição das amostras no estado seco..... 45
3.3.5. Medição do volume em ambiente saturado..... 45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 46
4.1. Densidade..... 46
4.2. Teor de umidade..... 51
4.3. Estabilidade dimensional - Retração..... 57
4.4. Estabilidade dimensional - Inchamento..... 63
4.5. Tabelas de resumo dos resultados..... 68
5. CONCLUSÃO..... 70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 73
ANEXO I..... 78
ANEXO II..... 83
ANEXO III..... 84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Seção de um colmo de bambu e suas denominações..... 9

Figura 2.2 – Ilustração da morfologia do nó..... 11

Figura 2.3 – Distribuição dos feixes vasculares na região nodal..... 12

Figura 2.4 – Comprimento das fibras em função da localização no colmo..... 14

Figura 2.5 – Rizoma do tipo monopodial..... 17

Figura 2.6 – Rizoma do tipo sympodial..... 17

Figura 2.7 – Moita da espécie *Dendrocalamus giganteus* com 7 anos, pertencente à coleção da Unesp - Campus Bauru..... 18

Figura 2.8 – Seção transversal do colmo do *Dendrocalamus giganteus*. Macrografia 20

Figura 2.9 – Comparação entre a resistência e dureza de alguns materiais e o bambu..... 34

Figura 3.1 – Divisão do colmo para coleta de amostras e pontos de medição..... 40

Figura 3.2 – Seccionamento transversal do colmo em destopadeira..... 41

Figura 3.3 – Corte longitudinal em serra circular adaptada para colmos de bambu..... 42

Figura 4.1 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 1997, com 5,5 anos de idade..... 47

Figura 4.2 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 1998, com 4,5 anos de idade..... 47

Figura 4.3 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 1999, com 3,5 anos de idade..... 48

Figura 4.4 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 2000, com 2,5 anos de idade..... 48

Figura 4.5 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 2001, com 1,5 anos de idade..... 49

Figura 4.6 – Variação da densidade média anual..... 50

unesp

Figura 4.7 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 1997, com 5,5 anos de idade..... 52
Figura 4.8 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 1998, com 4,5 anos de idade..... 52
Figura 4.9 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 1999, com 3,5 anos de idade..... 53
Figura 4.10 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 2000, com 2,5 anos de idade..... 53
Figura 4.11 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 2001, com 1,5 anos de idade..... 54
Figura 4.12 – Variação do teor de umidade médio anual..... 55
Figura 4.13 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1997..... 58
Figura 4.14 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1998..... 58
Figura 4.15 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1999..... 59
Figura 4.16 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 2000..... 59
Figura 4.17 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1997..... 60
Figura 4.18 – Retrações médias anuais nas direções radial e tangencial das amostras sem nó..... 61
Figura 4.19 – Retrações médias anuais nas direções radial e tangencial das amostras com nó..... 62
Figura 4.20 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 1997..... 64
Figura 4.21 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 1998..... 64
Figura 4.22 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 1999..... 65

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Figura 4.23 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 2000..... 65
Figura 4.24 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 2001..... 66
Figura 4.25 – Inchamentos médios anuais nas direções, radial, tangencia e axial das amostras retiradas sem nó..... 67
Figura 4.26 – Inchamentos médios anuais nas direções, radial, tangencia e axial das amostras retiradas com nó..... 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Relação entre a resistência à tração e o nó de 3 espécies do gênero *Phyllostachys* e 1 espécie do gênero *Bambusa*..... 14

Tabela 2.2 – Relação entre a idade e a densidade do bambu das espécies *Ph. pubencens* e *S. affinis*..... 24

Tabela 2.3 – Densidade e retração do bambu..... 25

Tabela 2.4 – Teor de umidade em décimas partes do bambu Moso..... 27

Tabela 2.5 – Taxa de retração do bambu..... 30

Tabela 2.6 – Variações dimensionais de colmos de bambu gigante..... 31

Tabela 3.1 – Medidas dos colmos estudados..... 38

Tabela 4.1 – Densidade básica média das amostras..... 46

Tabela 4.2 – Média anual da densidade..... 50

Tabela 4.3 – Teor de umidade médio das amostras..... 51

Tabela 4.4 – Média anual do teor de umidade..... 55

Tabela 4.5 – Valores médios da retração..... 57

Tabela 4.6 – Valores médios anuais de retração..... 61

Tabela 4.7 – Valores médios de inchamento..... 63

Tabela 4.8 – Valores médios anuais de inchamento.....

Tabela 4.9 – Densidade e teor de umidade das amostras com e sem nó dos colmos referentes aos anos de 1997 a 2001..... 68

Tabela 4.10 – Valores de retração e inchamento nas direções radial, tangencial e axial das amostra com nó e sem nó dos anos de 1997 a 2001..... 69

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físicas do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, e verificar a influência da idade de colmos com 5,5, 4,5, 3,5, 2,5 e 1,5 anos, oriundos do período de 1997 a 2001.

Para o desenvolvimento da experimentação, foi gerada uma metodologia de coleta e preparação de amostras e realizados ensaios preliminares para definição dos procedimentos. As propriedades físicas determinadas foram o teor de umidade na base seca, densidade básica, retração e inchamento, de acordo com a norma NBR 7190:97 da ABNT.

A partir dos resultados, pôde-se verificar a influência da idade dos colmos sobre suas propriedades físicas e definir as variações dos valores de cada propriedade.

ABSTRACT

The aim of this work was to establish the physical properties of the bamboo *Dendrocalamus giganteus* specie, and verify the age influence among bamboo culms, that have 5,5, 4,5, 3,5, 2,5, and 1,5 years old native from 1997 to 2001 period.

It was created one methodology to collect data to the experimentation development, and samples preparations; preliminary tests were done to define procedures. There were made tests to determine the moisture content, density, Shrinkage and Swelling according the standard ABNT, NBR 7190:1997.

From the results, the density, moisture content, shrinkage and swelling values could be gotten and verified the age influence on these physical properties.

1. INTRODUÇÃO

O bambu é conhecido como a "planta dos mil usos", pois propicia a produção de alimento, abrigo, calor, armas, utensílios domésticos, ferramentas agrícolas, artesanato, papel, tecido, cordas, jangadas e uma infinidade de outros itens.

Desde as primeiras civilizações vem sendo explorado artesanalmente, porém, apesar de toda sua inquestionável contribuição aos seres humanos, somente nas últimas décadas os pesquisadores se envolveram na solução de problemas de adaptação, industrialização, processamento, no aumento dos conhecimentos relacionados à reprodução, cultivo e aplicações, visando o aproveitamento de seu potencial, a intensificação e diversificação de seu uso.

Janssen apud Conant (2002) observa que em alguns países, o bambu ainda tem uma imagem que nos remete ao tempo antigo, porém, suas desvantagens como a baixa durabilidade natural, geometria, propagação indevida, variações dimensionais, vêm sendo comprovadamente vencidas com muito sucesso nos últimos 15 anos.

Apesar de múltiplos usos, uma das aplicações que mais se adequa a esse material é a construção de estruturas. Tem-se a impressão de que o bambu foi criado para cumprir funções estruturais, devido ao seu design natural com internós ocos ligados por nós e por sua constituição fibrosa, os quais promovem leveza e alta resistência (Revista Ciência Hoje, 1996).

Segundo Janssen (2000), a madeira obtém valores de comercialização bem maiores, porém ignoram a grande competitividade econômica do bambu na construção civil uma vez verificado que a eficiência de uma viga de bambu é 1,9 vezes maior do que uma viga de madeira devido à sua forma cilíndrica e demais características.



A China é o maior produtor mundial de bambu, possuindo uma área plantada de aproximadamente sete milhões de hectares. Ela e o Japão detêm o maior conhecimento técnico e científico sobre a planta, por serem os que mais pesquisam, embasados no cultivo do *Phyllostachys sp* em grande escala. Dados fornecidos pela Administração Nacional de Florestas chinesa relatam que, em 2001, a China obteve uma produção de 339.084 toneladas de brotos de bambu comestíveis e de 561.830.500 colmos (Bambu brasileiro, 2002).

Devido ao rápido progresso ocorrido nas pesquisas, nesses países, além das aplicações mais comuns, o bambu é largamente utilizado na industria como polpa para produção de papel, como um excelente material para engenharia na sua forma *in natura* e na forma de painéis de diversos tipos e aplicações, na produção de móveis e objetos que normalmente utilizam madeiras de alta densidade (produtos à base de bambu processado, laminado e colado). Para tanto, é utilizada tecnologia apropriada como processos químicos e técnicas de produção específicas, máquinas e equipamentos adequados. Os painéis a base de bambu são de grande importância, pois caracterizam um grande avanço na industrialização do bambu.

Mais de 8.000 teses sobre bambu foram publicadas no século XX, 70% dessas após 1980, resultando em mais de 800 produtos patenteados (Zhou, 2000).

A América Latina é a mais rica região das Américas em termos de diversidade e número de espécies de bambu, onde estão distribuídos 39 % das espécies e 31% dos gêneros, porém em quase toda sua extensão, a exploração do bambu nativo é apenas limitada ao uso local, àquele que se encontra facilmente. É apenas na Colômbia, Equador e Brasil que o bambu mantém um papel mais importante, porém também se limita à economia local (Londoño, 2001).

A pobreza e a degradação ambiental nas áreas rurais são os maiores problemas que o desenvolvimento do mundo atravessa. Achar soluções sustentáveis irá requerer uma aproximação holística que envolve lastro, considerando todo o ciclo de sobrevivência e prover uma série de opções apropriadas para as pessoas envolvidas (Belcher, 1999).



Ao se analisar o tempo que o bambu leva para atingir a idade de corte, sua característica de reprodução sem replantio, seu manuseio simples e sua adaptação em solos pouco férteis, acredita-se que seus produtos podem ser economicamente viáveis, principalmente quando se trata de um país com as características do Brasil.

Portanto, é de se esperar que os esforços se voltem na busca de matérias-primas renováveis e que, ofereçam facilidades ao serem descartadas ao final de sua vida útil. Neste contexto, o bambu tem se mostrado como uma alternativa altamente atraente e uma grande conquista da indústria, pelos produtos já industrializados, que vêm aos poucos, mostrando que podem ter aplicações importantes, tais como a produção de pisos (Nakagaito, 2000), compensados, mobiliários, painéis, etc.

1.1. Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físicas do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, e verificar a influência da idade de colmos com 5,5, 4,5, 3,5, 2,5 e 1,5 anos, oriundos do período de 1997 a 2001.

1.2. Justificativa e relevância do trabalho

Produtos à base de bambu laminado tais como pisos, chapas, painéis, cabos de ferramentas, compensados, móveis, componentes da construção civil, entre outros, são possíveis de serem confeccionados através do processamento do colmo e, para tanto, o conhecimento de suas propriedades físico-mecânicas é de fundamental importância.

Embora haja atualmente, um grande avanço nas pesquisas sobre o bambu, a elaboração de normas específicas e metodologias apropriadas para a caracterização das propriedades físico-mecânicas e o desenvolvimento de técnicas industriais de processamento das espécies de bambu, ainda é incipiente como contribuição científica e tecnológica em nosso país.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Nesse sentido, inicialmente, torna-se necessário caracterizar este material quanto às suas propriedades físicas, visando sua aplicação em processos industriais de transformação.

As apropriações das propriedades físicas são informações que servirão de base para pesquisas futuras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Histórico do bambu

Segundo Lopez (1974), o bambu teve origem no período cretáceo, a era dos dinossauros, um pouco antes do início da era terciária em que surgiu o homem. Os mais antigos relatos sobre a planta nos remetem ao inicio da civilização asiática, caracterizando o bambu como uma planta milenar e de crescente importância para a humanidade.

Ele cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta e sua admirável vitalidade, grande versatilidade, leveza, resistência, facilidade em ser trabalhado com ferramentas simples, sua formidável beleza *in natura* ou processado, são qualidades que tem proporcionado ao bambu o mais longo e variado papel na evolução da cultura humana se comparado a qualquer outra planta (Farrely, 1984).

A China tem a mais antiga história sobre seu uso incluindo algumas relíquias de trançados de bambu de 5 a 6 mil anos. Foram encontrados relatos da dinastia Jin (265 a.C. a 316 a.C.) sobre manuscritos que descreveram 61 espécies de bambu detalhadamente (CNBRC, 2001).

Como parte da história, sabe-se que o primeiro filamento utilizado em uma lâmpada por Tomas Edson foi de bambu e que na construção de um dos primeiros aviões, o modelo Demoiselle, Santos Dumont utilizou colmos de bambu (Pereira, 2001).

O primeiro reflorestamento em Hiroshima, depois da grande devastação causada pela bomba atômica em 1945, elegeu o bambu, como seu principal veículo de recuperação (Itapagé, 2002).

Depois dos anos 30, do século XX, o bambu começou a ser utilizado de forma industrializada. Desde 1970, o governo chinês tem dado maior atenção às pesquisas relativas à proteção, melhoramentos genéticos, e processamento de painéis a base

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

de bambu. Cooperativas Internacionais como a International Canadian Research & Development (IDRC), United Nations Development Program (UNDP), também deram início e apoio a projetos relacionados com bambu, os quais hoje, se encontram em alto nível de desenvolvimento (CNBRC, 2001).

A China utiliza a polpa do bambu para produzir papel a mais de 1700 anos (Rao, 1992) e hoje possui uma área de plantação de bambu de 7 milhões de hectares (CNBRC, 2001) representando aproximadamente 32% dos 25 milhões de hectares de bambu plantados em todo o mundo (Sastry, 1999).

No Brasil, a Itapagé S. A – Celulose, Papéis e Artefatos, fundada em 1974 no estado do Maranhão, às margens do Rio Parnaíba, possui mais de 20.000 hectares destinados à cultura de bambu que é suporte florestal para a produção de celulose fibra longa e de alta resistência, ideal para a fabricação de papel craft (Itapagé, 2002).

Com a visita de uma comitiva da Academia de Florestas da China em Fevereiro de 2003, o Brasil inicia negociações para se filiar ao INBAR – Intenational Network for Bamboo and Rattan, o que acredita-se ser um grande passo para pesquisas e melhor aproveitamento de nossos recursos naturais de bambu. Recentemente, o Governo Federal deu início a um pólo de desenvolvimento sustentável de móveis ecológicos, gerido pelo CNPT – Centro Nacional de Desenvolvimento Sustentado das Populações Tradicionais, denominado de Projeto Taboca, para proporcionar o desenvolvimento da região de Assis Brasil, a 320 quilômetros de Rio Branco, estado do Acre, com o objetivo de aproveitar a grande quantidade existente da espécie de bambu, *Guadua weberbaweri* "Taboca" (Informação verbal).

unesp

2.2. Características da planta

2.2.1. Generalidades

O bambu é uma planta lenhosa, monocotiledônea, pertencente às angiospermas. Botanicamente está classificado como *Bambusae*, da família das *Graminae* (Lopez, 1974).

De acordo com Liese (1985), os quesitos ecológicos necessários para plantações de bambu variam tanto quanto sua numerosa quantidade de espécies. Porém, existe uma freqüência de dados observados na literatura, os quais relatam que o bambu é nativo entre as latitudes 45° 30' Norte e 47° Sul, e que as altas temperaturas fomentam seu crescimento enquanto que as baixas o inibem, embora a grande maioria das espécies se desenvolve satisfatoriamente entre 8°C e 36°C. Generalizando, as precipitações devem ser superiores que 1000 mm anuais.

Poucos estudos têm se voltado para a adequação das condições de solo, chuvas, etc., necessárias para o melhor crescimento das espécies de bambu, mas em relação aos 6 a 7 milhões de hectares de terras produtivas que são perdidas todo ano pelas enchentes, erosão, salinização e outras razões, as quais se tornam impróprias para a agricultura, já se estuda a possibilidade destas serem aproveitadas e até reabilitadas através da plantação de algumas espécies que se adaptam à solos degradados, como é citada a *Melocana sp.* Certas espécies de bambu se adaptam até a solos ácidos com pH igual a 3,5, sendo que a maioria das espécies preferem solo com pH entre 5 e 6,5 (Champion apud Rao, 1992).

O estudo apresentado por Soeprayitno et al (1998) mostrou que o bambu *Gigantochloa pseudoarundinacea*, cultivado em montanhas ou encostas, com baixos índices pluviométricos e terra árida, tem densidade, módulo de elasticidade e resistência à tração, maiores do que aqueles cultivados em vales com terras férteis e maiores índices pluviométricos, porém apesar do bambu crescer em muitos tipos diferentes de solo, segundo Liese (1985), a planta prefere solos férteis, soltos e bem drenados. Solos úmidos com alto lençol freático não são bem aceitos. Geralmente

os bambus crescem em altitudes entre 100 e 800 metros, mas também é possível encontrá-los ao nível do mar e em altas montanhas acima de 3000 m.

Por não ser classificado como arbórea, o bambu apresenta características e propriedades diferenciadas. Contrastando com as árvores, tais como eucaliptos, pinus, dentre outras, os colmos de bambu não apresentam crescimento radial, pois emergem do solo com seu diâmetro definido (Beraldo et al, 1998). Porém, de um ano para o outro, os colmos sofrem alteração em seu diâmetro até que a moita atinja sua maturidade, e os colmos atinjam diâmetros compatíveis com sua espécie.

Suas características de crescimento, de brotos ao colmo completo ocorrem rapidamente, em apenas 2 a 3 meses, o que difere muito das árvores comuns e demonstra que o bambu tem tecido estrutural muito simples (Hsieh; Wu, 1991).

Colmos com 1 a 2 anos são considerados imaturos, já maduros com 3 a 7 anos possuem sua maior resistência, após os 10 – 12 anos, inicia-se seu processo de envelhecimento, ou seja, o colmo começa a secar (Pereira, 2001).

A parte abaixo da terra é constituída de rizomas e raízes. Os rizomas são de fundamental importância, pois a reprodução anual do bambu acontece pela sua ramificação, brotos laterais ou projeção do ápice do rizoma, dependendo do seu tipo. São também responsáveis pelo armazenamento e distribuição de nutrientes (CNBRC, 2001).

O crescimento de novos colmos depende completamente dos estoques de nutrientes dos rizomas e também do colmo que lhe deu origem. Os rizomas são fortemente desenvolvidos e geralmente entrelaçados com eixos que chegam de 50 a 150 mil metros por hectare (espécie alastrante). O crescimento do broto ocorre dia e noite; o gênero *Phyllostachys* no Japão cresce mais durante o dia, entretanto nas regiões tropicais seu crescimento ocorre preferencialmente durante a noite. A extensão do crescimento diário (24 horas) chega a ser de 10 a 30 cm em média (Liese, 1985).
O aumento da demanda de seu uso, sempre induz a um abate prematuro e este reduz a capacidade biológica da planta para produção de novos brotos. Além disso,

os colmos colhidos prematuramente são mais susceptíveis a rachar e a sofrer ataques de fungos (Espiloy, 1991).

A floração do bambu permanece misteriosa ou mal conhecida ocorrendo, sem exceção em intervalos muito longos e diferentes para cada espécie. Os intervalos de floração de algumas espécies vão de 20 a 65 anos (Crouzet, 1988).

2.2.2. Anatomia do colmo

Segundo Janssen (1988), seu tronco ou caule é denominado colmo, sendo normalmente oco, havendo raras exceções cujos colmos são maciços. Sua forma é cilíndrica e apresenta uma seqüência de entrenós (internós) separados transversalmente por diafragmas, mais conhecidos (externamente) como nós, os quais conferem maior rigidez, flexibilidade e resistência aos colmos e de onde saem os ramos e folhas. A Figura 2.1 apresenta o colmo e suas denominações.

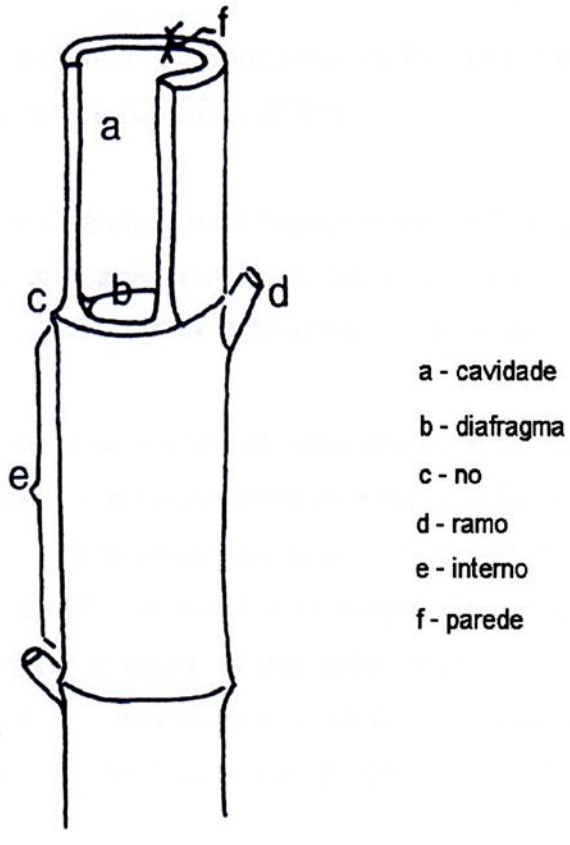


Figura 2.1 – Seção de um colmo de bambu e suas denominações (Janssen, 1988).

As características de forma, tamanho e arranjo dos feixes vasculares são a base para o sistema de classificação anatômica e esta estrutura determina as propriedades de um colmo de bambu (Liese, 1998).

A parte externa do colmo acha-se formada por duas camadas de células epidermais cobertas por uma camada cutinizada de celulose e cera, composição que previne a perde de água do colmo, situação similar às cascas das árvores.

Mais internamente, a camada intermediária, é mais espessa e altamente lignificada, constituída de numerosas células esclerenquimáticas (fibras). Como o colmo do bambu geralmente diminui suas dimensões de diâmetro da base para o topo, tornando conseqüentemente as paredes dos internós menores com a altura, ocorre um decréscimo na quantidade total de feixes vasculares, os quais representam os espaços vazios da anatomia do colmo, promovendo um aumento em sua densidade (Liese, 1985).

Os vasos condutores constituem os principais vazios no tecido e, portanto, pontos fracos de resistência mecânica (CNBRC, 2001).

Segundo Liese (1998), as células mais importantes na formação de um colmo de bambu são as células de parênquima, as fibras e vasos condutores ou feixes vasculares na proporção, 50%, 40% e 10% respectivamente.

O tecido básico do bambu é denominado parênquima e representa 40% a 60% na sua composição. Esse tecido, embora envolva e abrigue fibras, vasos e condutores de seiva, não é distribuído igualmente, ou seja, 60% se encontram na parte basal e 40% na parte apical. Também é maior sua proporção na camada interna e sua função é estocar nutrientes e água. A umidade contida no parênquima decresce gradualmente ano após ano, e as paredes de suas células se tornam mais grossas e os espaços intracelulares menores com a idade do colmo (CNBRC, 2001).

As fibras constituem o tecido esclerenquimático e são as principais responsáveis pela resistência dos colmos. Elas ocorrem nos internós como cobertura dos feixes

vasculares aparecendo, também, em algumas espécies, feixes isolados de fibras. As fibras perfazem 40% a 50% do tecido total do colmo e de 60% a 70% do seu peso. Axialmente, seu comprimento geralmente aumenta da periferia para o centro do colmo e diminui dai até a parte interna, estando as menores fibras sempre perto dos nós e as mais longas no meio dos internós. Na direção vertical a quantidade de fibras aumenta da base ao topo do colmo e a quantidade de parênquima diminui (Liese, 1998).

Os feixes vasculares compreendem o xilema e o floema. Esses são menores e mais numerosos na periferia do colmo e maiores e em menor número nas partes internas. Igualmente às fibras, na seção transversal da parede do colmo, o número total de feixes diminui da base para o topo, enquanto sua densidade aumenta (Liese, 1998).

2.2.3. Anatomia do nó

Segundo Liese (1998), apenas recentemente a estrutura do nó de ambos os tipos, monopodial e sympodial, foram descritas em detalhes. Morfologicamente, o nó do colmo do bambu é constituído pela cicatriz deixada pela bainha, aresta nodal, diafragma e o espaço entre os dois primeiros (cicatriz da bainha e aresta nodal) denominado intranó como pode ser observado na Figura 2.2.

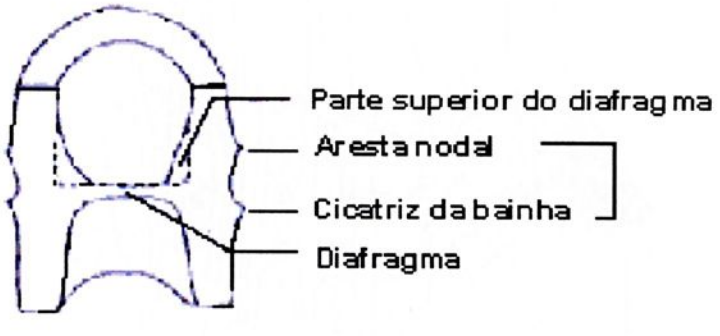


Figura 2.2 – Ilustração da morfologia do nó (Liese, 1998).

Nos internós as células são orientadas axialmente, o que dificulta o movimento lateral de seiva e nutrientes. Os nós, durante o crescimento do colmo, formam os

diafragmas através de interconexões transversais dos feixes vasculares com as paredes dos internós, o que possibilita o transporte necessário de água e nutrientes. Essa característica é de grande importância para a movimentação de líquidos durante os processo de secagem e preservação (Liese, 1998).

Quando a bainha cai, uma cicatriz em toda circunferência permanece proveniente dos terminais dos vasos condutores.

A aresta nodal é o resultado da formação das células pelo tecido ainda não formado (meristema), as quais são comprimidas pela parte de cima do broto e, assim, os feixes vasculares se tornam distorcidos, forçando a camada externa para fora dando origem à protuberância (aresta nodal).

A morfologia dos nós difere de acordo com a espécie, o intranó varia em comprimento e o diafragma pode ser plano, côncavo ou convexo.

A estrutura tridimensional do sistema vascular da região nodal e o esqueleto dos vasos vasculares são apresentados na Figura 2.3.

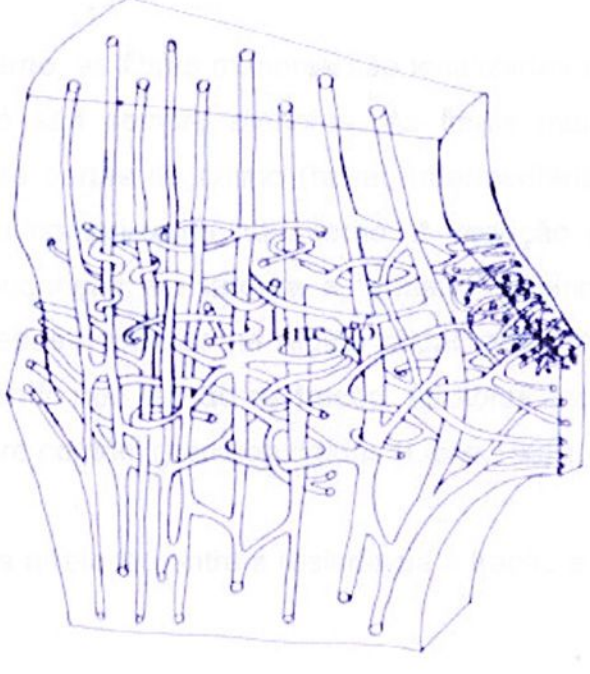


Figura 2.3 – Distribuição dos feixes vasculares na região nodal (Liese, 1998).

A maioria dos principais feixes vasculares passa diretamente de um internó para o outro. Na zona periférica dos colmos, eles fletem delicadamente para a parte externa bifurcando-se parcialmente para a bainha. Na zona interna, são conectados com os vasos do diafragma.

Na parte superior do nó, onde os vasos são mais largos, ocorre maior transporte de água e de nutrientes. Bifurcações secundárias são responsáveis pela conexão entre a parte periférica e interna do nó.

Na borda superior do diafragma, os vasos tornam-se horizontais e com muitas curvaturas. Nas bifurcações dos feixes vasculares, pequenas células se desenvolvem abundantemente com intensos pontos reticulares. Essas células podem formar um "tecido acessório" com funções especiais para transportar a água.

O tecido básico do diafragma é constituído por pequenas células de parênquima entremeadas com células de esclerênquima.

Na área nodal, vários tipos de células diferem consideravelmente das células do internó. Geralmente são muito mais curtas, pequenas e freqüentemente deformadas.

No interior de um interno, as fibras menores são localizadas acima e abaixo do nó, mas as fibras do nó são sempre menores. As fibras mais curtas ocorrem no diafragma de todas as partes do colmo (basal, intermediária e apical), sendo na razão de 1/3 de seu comprimento no internó. A redução do comprimento vem acompanhada por mudanças em largura e forma. Possuindo fibras pequenas e simultaneamente paredes espessas na região nodal, os colmos de bambu sempre quebram nos nós quando sob tensão de tração. As fibras e células de parênquima na região nodal sempre contêm grânulos rígidos (Liese,1998).

A tabela 2.1 apresenta a relação entre a resistência à tração e o nó.

unesp

Tabela 2.1 – Relação entre a resistência à tração e o nó de 3 espécies do gênero *Phyllostachys* e 1 espécie do gênero *Bambusa* (Zhou, 2000).

Item	*Phyllostachys bambusoides*	*Bambusa spinosa*	*Phyllostachys pubencens*		*P.viridia*	
			Parte Externa	Parte Interna	Parte Externa	Parte Interna
Sem nó (MPa)	245,70	177,90	158,30	100,00	206,00	149,40
Com nó (MPa)	272,40	268,40	198,80	119,30	233,80	332,00 ~ 347,00

Liese (1998), apresenta o comprimento das fibras no internó e no nó, referentes às três partes: basal, intermediária e apical, na Figura 2.4.

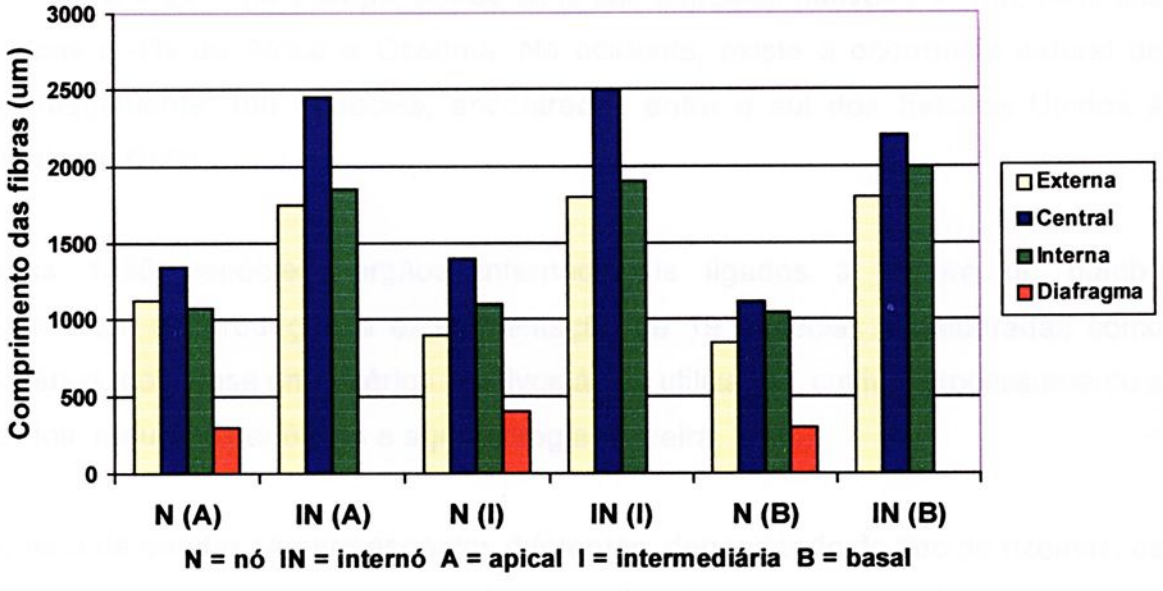


Figura 2.4 – Comprimento das fibras em função da localização no colmo (Liese, 1998).

2.2.4. Propriedades químicas e bioquímicas

A composição química do bambu é muito complexa variando com a espécie, idade, localização, condições de crescimento, etc. É composto principalmente de celulose, hemi-celulose e lignina sendo esses elementos entremeados de açúcares, gorduras

e proteínas. Após a maturação dos colmos, sua composição química tende a se estabilizar (CNBRC, 2001).

De acordo com Liese (1985), a composição varia com a espécie, as condições de crescimento, a idade e parte do colmo. A estação do ano influencia na quantidade de materiais solúveis em água, como o amido, os quais apresentam porcentagens maiores na estação chuvosa que na seca. Os principais componentes são a celulose (55%) e a de lignina (25%).

2.3. Espécies de bambu

De acordo com Rao (1992), existem no mundo cerca de 75 gêneros e 1250 espécies de bambu. Para Liese (1985), o bambu cresce naturalmente em todos os continentes, exceto na Europa, sendo 62% das espécies nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania. No ocidente, existe a ocorrência natural de aproximadamente 200 espécies, encontradas entre o sul dos Estados Unidos à Argentina e Chile.

Dessas 1250 espécies, órgãos internacionais ligados à cultura do bambu recomendam a introdução e experimentação de 19 espécies consideradas como prioritárias, com base em critérios relativos à sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e agroecologia (Pereira, 2001).

A floresta de bambu adquire aspectos diferentes, dependendo do tipo de rizomas, os quais podem ter uma estrutura do tipo paquimorfo (entouceirante) ou leptomorfo (alastrante) (Liese, 1998).

Os bambus paquimorfos ou sympodiais, são mais encontrados nas regiões quentes e tropicais, formam pequenos grupos ou moitas e seus rizomas são pequenos e sólidos. Climas muito frios não favorecem seu desenvolvimento. Os rizomas possuem gemas laterais que se ativam, desenvolvendo novos rizomas e novos colmos, porém a maioria das gemas permanece dormente ou inativa. Os novos rizomas crescem horizontalmente em curtas distâncias e logo seu ápice volta-se

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

para cima formando um novo colmo. No ano seguinte, uma das gemas deste rizoma se ativa, formando um novo rizoma o qual, por sua vez, vai formar um novo colmo. Esse processo continua ano após ano, formando rizomas que se desenvolvem perifericamente, o que vai acarretar o agrupamento dos colmos na forma de moita, a qual pode conter de 30 a 100 colmos (Liese, 1985). As espécies representantes deste grupo pertencem principalmente aos gêneros *Bambusa, Guadua, Dendrocalamus e Gigantochloa* (Pereira, 2001).

Os bambus do tipo alastrantes, também denominados leptomorfos ou monopodiais, estão presentes em regiões temperadas, clima frio. Sua estrutura é constituída por rizomas longos e delgados, tipicamente cilíndricos, com a espessura menor do que a dos colmos a que dão origem. Os rizomas podem crescer de 1 – 6 m anualmente e os colmos são produzidos de gemas laterais, das quais mais ou menos 10% germinam (Liese,1985). As espécies que representam este grupo pertencem principalmente aos gêneros *Arundinaria* e *Phyllostachys.*

Os termos monopodial e sympodial, introduzidos por McClure (1925), foram aceitos por Takenouchi (1926) que desenvolveu, posteriormente, o conceito de leptomorfo e paquimorfo para descrever o sistema dos rizomas. Revistos por Ding et al, (1997a), estes sugeriram que apenas os bambus alastrantes têm o genuíno rizoma; as partes subterrâneas dos bambus tipo moita, são uma extensão dos eixos dos colmos (Liese, 1998).

Liese (1998) apresenta, graficamente, o rizoma dos tipos monopodiais e sympodiais conforme Figuras 2.5 e 2.6.

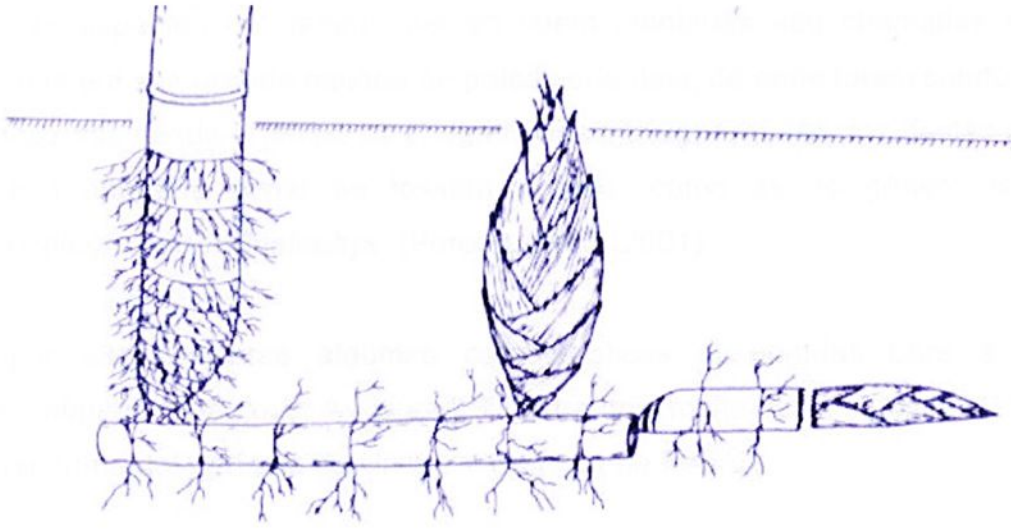


Figura 2.5 – Rizoma do tipo monopodial (Liese, 1998).

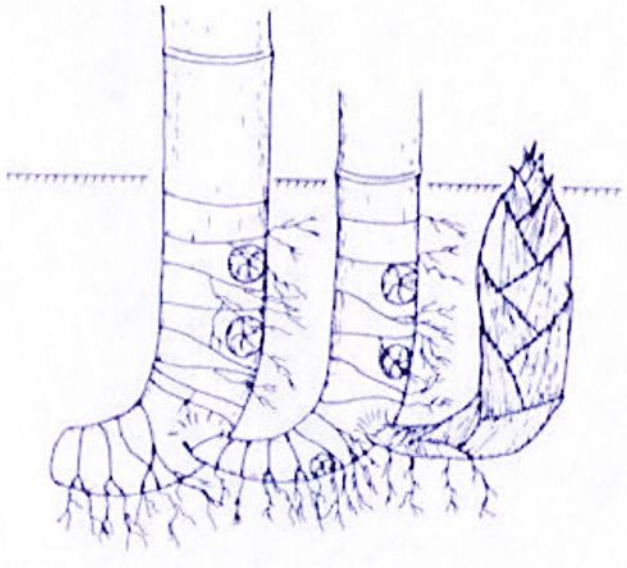


Figura 2.6 – Rizoma do tipo sympodial (Liese, 1998).

As espécies de bambu nativas do Brasil são conhecidas pelos nomes de taquara, taboca, jatiboca, taquaruçu e outros (Salgado et al apud Pereira, 1992). São, em sua maioria, ornamentais e estão associadas a florestas. A espécie *Guadua angustifolia* é originária da América Latina, é muito utilizada na Colômbia e, segundo se afirma, existe também em nosso país, nos extremos da região Norte (Pereira, 2001).

Todas as espécies de bambu que se vêem plantadas são chamadas exóticas, originárias em sua grande maioria de países orientais, de onde foram sendo trazidas e introduzidas desde o tempo da chegada dos portugueses. Muitas destas espécies têm se propagado como se fossem nativas, como as do gênero *Bambusa*, *Dendrocalamus* e *Phyllostachys*. (Pereira, 1992, 2001).

A seguir são descritas algumas características observadas para a espécie *Dendrocalamus Giganteus*. A Figura 2.7 ilustra uma moita desta espécie cultivada na área experimental agrícola da Unesp – Campus de Bauru.



Figura 2.7 – Moita da espécie *Dendrocalamus giganteus* com 7 anos, pertencente à coleção da Unesp - Campus Bauru (Pereira, 2002).

O bambu *Dendrocalamus giganteus* é procedente da Índia, Birmânia, Sri Lanka, Tailândia, China e Madagascar. É uma espécie gigante, tipo moita ou paquimorfo, que alcança até 40 metros de altura, diâmetro de colmos de 10 a 20 cm, espessura de parede de 0,8 a 3 cm (Crouzet, 1988). Têm preferência por solos ricos, regiões tropical-úmidas ou sub-tropicais. É muito utilizado na construção civil e para produção de bambu laminado colado e seus sofisticados derivados, fabricação de polpa para papel, utensílios agrícolas, domésticos e alimento (Pereira, 2001).

Na análise da resistência à abrasão segundo a norma ASTM D4060-95, verificou-se que a espécie de bambu gigante, *Dendrocalamus giganteus,* pode ser empregada na elaboração de piso para edificações, pois seu parâmetro de resistência abrasiva foi aprovado (Koga, 2000).

Pereira (1997) estudou as características hidráulicas de tubos de *Dendrocalamus giganteus* e concluiu ser viável seu emprego na condução de água para fins de irrigação de pequeno porte.

Pereira e Garbino (2002), relatam que após 7 anos de plantio na Área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia Mecânica da Unesp/Campus de Bauru – S.P., a espécie mostrou bom desenvolvimento e adaptação às condições locais, no entanto, ainda não atingiu sua total maturidade já que suas dimensões: diâmetro, altura e espessura de parede continuam a aumentar. A produção média é estimada em 1660 colmos/ha/ano indicando a quantidade anual que deve ser colhida, o que representa, com tendência à progressão, em uma produção bruta de bambu de 56 m^3/ha/ano a partir do ano 2001. As anotações do trabalho mostraram um aumento no diâmetro médio de 2000 para 2001 de 10,5%.

Azzini et al apud Beraldo et al (1998), no centro experimental de Campinas (IAC), observaram que a velocidade máxima de crescimento para os colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus* foi de 22 cm/dia. Em condições de clima e solo brasileiros, os bambus gigantes forneceram colmos com até 16 metros de comprimento útil, 14,2 cm de diâmetro e 84,5 kg de massa. Apresentaram para a

espécie *Dendrocalamus giganteus* os valores de densidade saturada e seca ao ar, de 1,06 e 0,90 (g/cm³), respectivamente.

É um dos maiores e muito usado na construção civil, comumente conhecido como bambu balde. O peso específico deste bambu é cerca de 8,8 kN/m³ com 15% de umidade, resistência média à tração de 150 MPa e módulo de elasticidade de $1{,}5 \times 10^4$ MPa. Na Figura 2.8 estão identificados os principais constituintes do colmo, ou seja, as fibras estão representadas por conjuntos de células com formato elipsoidal achatado e oco. Essas fibras formam feixes onde reside a resistência do material. Os vasos condutores de seiva apresentam-se como pequenos furos circulares maiores que a fibra isolada, constituem os principais vazios no tecido e, portanto, pontos fracos de resistência mecânica.(Ghavami e Solorzano, 1994).

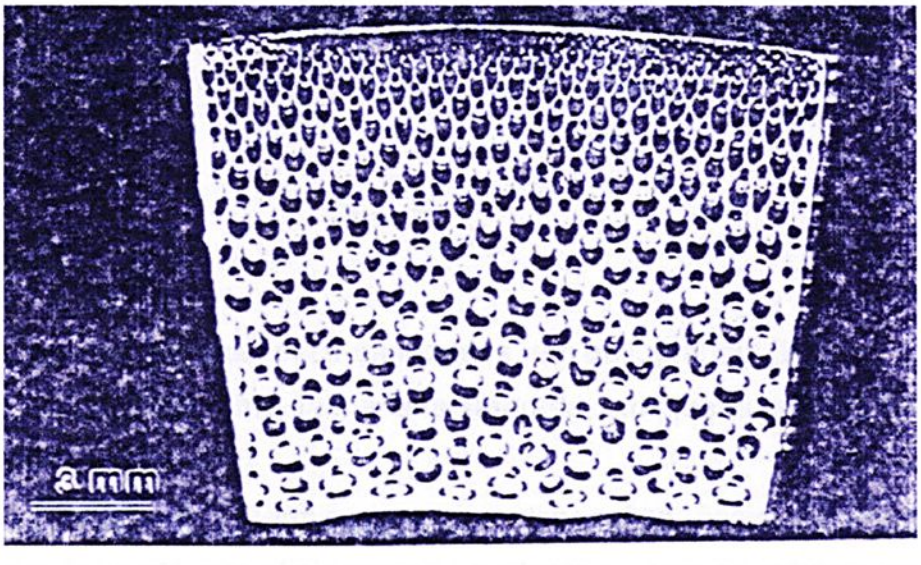


Figura 2.8 – Seção transversal do colmo do *Dendrocalamus giganteus*. Macrografia. (Ghavami e Solorzano, 1994).

2.4. Propriedades físicas do bambu

2.4.1. Densidade

Conforme Macedo e Aguiar apud Rezende; Escobeto e Ferraz (1988), a densidade de um corpo é definida como sendo uma relação entre sua massa específica e a massa específica da água pura a 4°C. A massa específica de um corpo é a relação entre sua massa e seu volume. Sendo, esta relação é igual a 1,0 g/cm³ para a água pura, permite concluir-se que os termos densidade e massa específica são idênticos em valores numéricos e diferentes dimensionalmente.

De acordo com o documento normativo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 7190:1997, anexo B, a densidade básica é uma massa específica convencional definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado, sendo dada por:

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \qquad (1)$$

onde: m_s = massa seca da madeira, em quilogramas (kg);

V_{sat} = volume da madeira saturada, em metros cúbicos (m^3).

O volume saturado é determinado pelas dimensões finais do corpo-de-prova submerso em água até que atinja massa constante ou com no máximo uma variação de 0,5% em relação à medida anterior.

A massa seca é determinada pelos seguintes procedimentos:

1. Determinar a massa inicial (m_i) do corpo-de-prova com exatidão de 0,01 grama.

2. Após a determinação da massa inicial, colocar o corpo-de-prova na câmara de secagem, com temperatura máxima de 103°C ± 2°C.

3. Durante a secagem, a massa do corpo-de-prova deve ser medida a cada 6 horas, até que ocorra uma variação, entre duas medidas consecutivas, menor ou igual a 0,5% da última massa medida. Esta massa será considerada como a massa seca (m_s).

De acordo com CNBRC (2001), define-se quatro tipos de densidade: densidade seca ao ar, densidade absoluta na base seca, densidade na base úmida, densidade básica.

Densidade seca ao ar: É definida pela razão entre a massa do bambu seco ao ar e o volume do bambu seco ao ar.

Mais conhecida como densidade aparente, definida como relação entre a massa e o volume, determinados nas mesmas condições de umidade e, portanto, é variável dependente do valor da umidade. Segundo a NBR 7190: 1997, o teor de umidade deve estar em torno de 12%.

Densidade Absoluta: É definida como a razão entre a massa absoluta do bambu seco e o volume absoluto do bambu seco

Densidade a 0%, definida como a relação entre massa e volume obtidos para umidade igual a zero, sendo a massa e o volume obtidos após secagem em estufa 103°C ±5°C.

Densidade na Base Úmida: É definida como a razão da massa do bambu verde e o volume do bambu verde

Densidade Básica: É definida como a razão entre a massa absoluta do bambu seco para umidade igual a zero e o volume do bambu Verde

A densidade do bambu pode sugerir a espécie, a idade, a posição que ocupava no colmo, condições de crescimento e umidade. Na parte externa e mais alta do colmo é onde se encontra maior densidade, devido aos feixes vasculares mais densos,

unesp

menores diâmetros dos vasos e menores espaços intercelulares. Generalizando, a densidade média de várias espécies de bambu gira em torno de 0,5 g/cm³ a 0,8 - 0,9 g/cm³. A parte externa do colmo tem peso específico bem maior que a parte interna (Liese, 1998) pelo fato de existirem feixes vasculares menores, mais densos e menor quantidade de tecido básico na camada externa, o que resulta em uma densidade e resistência mecânica maiores nessa área (CNBRC, 2001).

A região nodal é mais densa que as outras devido a um acumulo de vasos e fibras e, conseqüentemente, maior compressão entre eles (Liese, 1998).

Segundo Azzini; Nagai e Ciaramello apud Tomazello e Azzini (1987), para a espécie *Bambusa vulgaris*, no sentido transversal, os valores de densidade básica foram crescentes das camadas internas para as externas dos colmos do bambu, para todas as alturas amostradas, obtendo-se variações de 0,43 a 0,76 g/cm³. No sentido longitudinal, os valores de densidade básica foram crescentes da base para o ápice dos colmos, com tendência a se igualarem nas posições terminais.

O modelo de variação da densidade básica no sentido transversal, em todas a s alturas amostradas, é resultado da variação da estrutura anatômica apresentada pelos colmos. Nas camadas mais internas há uma significativa quantidade de tecido parenquimatoso em relação às fibras e tecidos condutores, a porcentagem de parênquima diminui nas camadas mais externas dos colmos, aumentando o teor das fibras. Esse modelo de variação vem sendo citado com elevada regularidade na literatura, constituindo-se um padrão para os inúmeros gêneros/espécies de bambu , como Lee e Chin; Lee, Chin e Yao; Hu e Lee; Yu e Chiang; Chu e Yao; Grosser e Liese; Chunwarin; Wenyue, Shivi e Youfen; Penna; Kawase, Imagawa e Ujiie; Kitamura; Zamuco e Tongacan apud Azzini et al (1989), relatos realizados no período de 1960 a 1984.

A variação do volume do colmo é quase que insignificante depois de seu crescimento, porém, sua densidade varia com a idade. A densidade é menor no colmo imaturo, aumenta gradualmente de 1 até 6 anos de idade, permanece quase estável dos 5 aos 8 anos e decresce gradualmente após os 8 anos. Esta vem a ser a

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

principal razão pela qual as pesquisas atentam para o manejo que visem o maior rendimento através de corte racionais utilizando a idade correta (Zhou, 2000).

A Tabela 2.2 apresenta a relação entre a idade e a densidade do bambu.

Tabela 2.2 – Relação entre a idade e a densidade de bambus das espécies *Ph. pubencens e S. affinis* (CNBRC, 2001).

IDADE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ph. pubencens g/cm³	0,43	0,56	0,61	0,63	0,62	0,63	0,62	0,66	0,61	0,61
S. affinis g/cm³	0,49	0,49	0,55	0,51	0,61	0,64	0,63			

Existe, também, variação da densidade relacionada com o gênero e com a espécie de acordo com a distribuição geográfica. A densidade do bambu é mais alta em áreas com baixa temperatura e menor índice pluviométrico, portanto mais baixa em áreas com alta temperatura e maior índice pluviométrico.

As condições locais da plantação de bambu como um solo fértil, um clima úmido e quente favorecem o crescimento do bambu, que ficam maiores, porém a densidade dos feixes vasculares é menor, possuem menor quantidade de tecido e, portanto, a densidade do bambu é menor. Em solos áridos, com temperaturas baixas e clima seco, os colmos de bambu são delgados, porém com densos feixes vasculares e altas taxas de tecidos implicando em uma alta densidade do bambu (CNBRC, 2001).

Lee et al (1994), analisando amostras da espécie *Phyllostachys bambusoides* na condição verde e seca, obtiveram um valor médio de todas as amostras de 0,40 g/cm³ e 0,52 g/cm³, respectivamente.

Zhou (2000), elaborou uma tabela com valores de densidade, teor de umidade e retração de 36 espécies de bambu, provenientes de diferentes locais da China, porém citam-se na Tabela 2.3, somente aquelas mais comuns no Brasil.

unesp

Tabela 2.3 – Densidade e retração do bambu, adaptada de (Zhou, 2000).

Densidade do bambu			Retração do bambu (%)		
Espécies	ρ g/cm³	m (%)	Tangencial	Axial	Radial
I.*Bambusa* (20)*	**0,65**	**67,00**	**0,17**	**0,02**	**0,17**
Multiplex	0,55	80,80	0,16	0,01	0,07
Tuldoides	0,78	51,10	0,15	0,24	0,40
Vulgaris	0,76	47,60	0,20	0,01	0,16
II. *Dendrocalamus* (11)*	**0,60**	**77,40**	**0,16**	**0,07**	**0,13**
Giganteus	0,60	78,40	0,11	0,00	0,10

ρ = densidade básica; m = teor de umidade; Retração (secagem em estufa)
* = Gênero seguido do número de espécies ensaiadas

2.4.2. Teor de umidade

De acordo a ABNT - NBR 7190:1997, a umidade da madeira corresponde à relação entre a massa da água nela contida e a massa da madeira seca, dada por:

$$U\ \% = \frac{mi - ms}{ms} \times 100 \qquad (2)$$

onde: m_i = massa inicial da madeira, em gramas;

m_s = massa da madeira seca, em gramas.

A massa inicial do corpo-de-prova m_i deve ser determinada com exatidão de 0,01g.

O teor de umidade é definido como a porcentagem de peso de água do bambu em relação ao seu peso seco absoluto. A água é encontrada de três formas nos colmos do bambu: água absorvida ou que embebe as paredes das células, água química que compõe a estrutura da parede celular e água livre encontrada nas cavidades intracelulares (CNBRC, 2001).

Segundo Gonçalves (2000), o ponto de saturação é aquele que corresponde ao mínimo de água no estado livre e ao máximo de água de impregnação. Até se atingir este ponto, o bambu perde água de forma natural. A água remanescente é de constituição celular (CNBRC, 2001).

Para Liese (1998), o ponto de saturação das fibras é influenciado pela composição do tecido. Conseqüentemente, ele varia dentro de um colmo e entre espécies. As propriedades de resistência do bambu são influenciadas pelo teor de umidade do colmo. No estágio verde, existem grandes diferenças dentro de um colmo. Diferenças que também são encontradas em relação à idade, estação da colheita e espécie. Colmos com um ano de idade têm um alto teor de umidade, em torno de 120 a 130%.

O teor de umidade decresce gradualmente no sentido da parte basal para a apical e também na camada externa é mais baixo do que na camada intermediária e interna. Os nós sempre apresentam valores mais baixos de umidade do que os internós. (CNBRC, 2001).

Em colmos com 3 – 4 anos, a base tem teor de umidade maior que o topo. Com o passar dos anos, o teor de umidade se altera de acordo com as estações secas e úmidas, principalmente na região apical do colmo. Espécies diferentes apresentam valores de teor de umidade diferentes mesmo se estiverem na mesma localidade. Esta variação é relacionada freqüentemente ao conteúdo de células de parênquima presentes, que são o local de estoque de água (LIESE, 1998).

Observou-se que quando o bambu é cortado no verão, seu teor de umidade tem como média 70,41%, no outono 60,11%, na primavera e inverno 59,31%. Geralmente, em condições secas, a resistência é maior do que em condições úmidas. Esse aumento na resistência em função da estação do ano é mais obvio em colmos jovens do que nos velhos. O teor de umidade tem uma influência na resistência do bambu similar àquela que exerce na madeira. (CNBRC, 2001).



Prawirohatmodjo (1998), concluiu a partir de dados obtidos da comparação de 6 espécies que, quanto ao teor de umidade, a análise da variância dos dados mostrou que a espécie, posição das amostras no colmo e dimensão das amostras, tem efeitos altamente significantes no resultado do teor de umidade. A Tabela 2.4 apresenta valores do teor de umidade da espécie *Phyllostachys pubencens*, mais conhecido como bambu Moso.

Tabela 2.4 – Teor de Umidade em décimas partes do bambu Moso (CNBRC, 2001).

Posição	0/10	1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10
M.C. (%)	97,1	77,8	74,2	70,5	66,0	61,5	56,6	52,8	48,8	45,7

M.C. = Teor de Umidade

2.4.3. Estabilidade dimensional

A retração e o inchamento podem influenciar consideravelmente a utilidade da madeira pelo fato de essas propriedades alterarem o volume e prejudicarem a qualidade. As dimensões da madeira são estáveis só acima do ponto de saturação ou no estado completamente anidro. A retração e o inchamento, ao provocarem a alteração do volume, provocam também deformações como empenamento, rachaduras longitudinais, transversais e radiais. Com o inchamento, a madeira desenvolve um alto grau de energia (tensões internas) que pode alcançar pressões de várias centenas de atmosferas. Os egípcios utilizavam essa energia para rachar rochas, colocando cunhas de madeira em suas fendas (Revista da Madeira, 1983).

De acordo com a ABNT - NBR 7190:1997, a estabilidade dimensional da madeira é caracterizada pelas propriedades de retração e de inchamento nas três direções 1,2 e 3, respectivamente axial, radial e tangencial. As deformações específicas de retração Er e de inchamento Ei, são consideradas como índices de estabilidade dimensional e são determinadas para cada uma das direções preferenciais, em função das respectivas dimensões da madeira saturada e seca, sendo dadas por:

unesp

$$Er,1 = \left(\frac{L1sat - L1\sec a}{L1\sec a}\right) \times 100 \qquad (3)$$

$$Er,2 = \left(\frac{L2sat - L2\sec a}{L2\sec a}\right) \times 100 \qquad (4)$$

$$Er,3 = \left(\frac{L3sat - L3\sec a}{L3\sec a}\right) \times 100 \qquad (5)$$

$$Ei,1 = \left(\frac{L1sat - L1\sec a}{L1sat}\right) \times 100 \qquad (6)$$

$$Ei,2 = \left(\frac{L2sat - L2\sec a}{L2sat}\right) \times 100 \qquad (7)$$

$$Ei,3 = \left(\frac{L3sat - L3\sec a}{L3sat}\right) \times 100 \qquad (8)$$

onde;

L1*sat.* = Comprimento da amostra saturada na direção preferencial axial.

L1 *seca* = Comprimento da amostra seca na direção preferencial axial.

L2 *sat.* = Comprimento da amostra saturada na direção preferencial radial.

L2 *seca* = Comprimento da amostra seca na direção preferencial radial.

L3 *sat.* = Comprimento da amostra saturada na direção preferencial tangencial.

L2 *seca* = Comprimento da amostra seca na direção preferencial tangencial.

A variação volumétrica é determinada em função das dimensões do corpo-de-prova nos estados saturado e seco, sendo dada por:

$$\Delta V = \frac{Vsat - V\,\sec a}{V\,\sec a} \times 100 \qquad (9)$$

onde;

Vsat = L1sat x L2sat x L3sat; Vseca = L1seca x L2seca x L3seca.

2.4.3.1. Retração

A perda gradual de água do bambu, natural ou artificialmente, é chamada de fenômeno de retração. Essa retração ocorre nas três direções: radial, tangencial e axial cujo somatório resulta na retração volumétrica. De acordo com estudos da Universidade de Tongji - China, a intensidade da retração do Bambu Moso – *Phyllostachys pubencens*, com 4 anos de idade, decresce tangencial, radial e axialmente. A principal razão da causa da retração do bambu é que os vasos dos feixes vasculares perdem água. Conseqüentemente, a retração é maior onde existe maior quantidade de feixes vasculares, e o inverso, na posição onde há menor quantidade de feixes vasculares é onde ocorre a menor retração (CNBRC, 2001).

A porcentagem de retração do lado externo da parede do bambu é a maior e a retração da parte interna, menor. Enquanto o teor de umidade está abaixo de 25%, a retração se mantém pequena. Porém, quando o teor de umidade estiver acima de 40% , a retração pode variar de 100% a 200%. Dentre as taxas de retração da parede do bambu, a retração tangencial da parte externa é a maior, seguida pela retração radial, pela retração tangencial da parte interna e finalizando com a retração axial que é menor ainda, especialmente para as partes externas. Quanto mais jovem é o bambu, maior é sua retração tangencial e radial. A Tabela 2.5 apresenta dados de retração nas 3 direções, radial, tangencial e axial, para 3 espécies de bambu, analisadas em suas respectivas camadas, interna, externa e média (Zhou, 2000).

Tabela 2.5 - Taxa de retração do bambu (Zhou, 2000).

Espécies	Axial			Radial			Tangencial		
	Interna	Externa	Média	Interna	Externa	Média	Interna	Externa	Média
P.pubencens	0,0566	0,0309	0,0438	0,6141	0,6109	0,6125	0,3515	0,7187	0,5350
P. viridis	0,0401	0,0400	0,0401	1,6617	1,2857	1,4752	0,8266	1,0427	0,9335
P.glauca	0,0330	0,0293	0,0312	2,0822	1,9290	2,0065	0,8563	0,8445	0,8500

Estando a retração ligada ao teor de umidade, que varia ao longo do colmo, também ocorrerão variações significativas de retração entre a base e o topo. Rehman e Ishaq apud Sattar et al (1991), concluem que, ao contrário da madeira, a retração do bambu ocorre desde o início da secagem. Ao estudarem duas espécies de bambu, muli e borak, verificaram que a maior retração foi coincidente com seu maior teor de umidade. Encontraram valores de retração que apontam mais uma vez a variação das propriedades físicas e, conseqüentemente, das mecânicas ao longo do colmo. As maiores retrações foram encontradas na base em todos os casos. Também verificaram alterações em relação à idade do colmo, as quais não lhes sugeriram nenhuma tendência.

Espiloy (1991), ao ensaiar as espécies *Bambusa blumeana, Bambusa vulgaris, Dendrocalamus merrillianus, Gigantochloa aspera, Gigantochloa Levis,* de 1 a 5 anos de idade, colhidas em diferentes locais das Filipinas, verificou que em ambos os casos, sem nó e com nó, aos 3 anos de idade, os valores de retração e teores de umidade são os mais baixos. Relata um aumento percentual no teor de sílica e na quantidade de fibras e feixes vasculares na parte apical dos colmos acentuada aos 3 anos de idade e conclui que, para a utilização industrial, no que concerne à fabricação de móveis, pisos, e construções em geral, esta idade é a melhor.

Gnanaharan (1991) verificou, em estudos das propriedades físicas da espécie *Dendrocalamus strictus*, *que* a retração tangencial medida do bambu verde para o seco em estufa, não seguiu nenhum padrão, e a posição nos colmos não teve nenhum efeito significativo na retração, porém os colmos do bambu da espécie c*hinnar* tiveram retração significantemente mais baixa, de 6,1% a 9,7%. Relata que

na madeira, quanto maior a densidade, mais alta é a retração, entretanto observou uma tendência contrária no bambu *Dendrocalamus strictus,* apesar de essa tendência não ter sido pronunciada.

Os resultados dos experimentos desenvolvidos por Beraldo, Azzini e Zullo (1998), obtidos no ensaio de variações dimensionais de colmos de 3 espécies de bambu: *Dendrocalamus giganteus*, *Gigantochloa angustifolia, Gigantochloa verticillata*, que classificaram os bambus estudados como de alta retratibilidade, comparando-os com as madeiras do gênero eucaliptos, estão apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Variações dimensionais de colmos de bambus gigantes (Beraldo, Azzini e Zullo, 1998).

Espécie	Região	Massa esp. Seco ao ar (g/cm³) –10%	Axial (%)	Radial (%)	Tangencial (%)	Volumétrica (%)
DG	B (basal)	0,72	-0,15	-6,92	-5,58	-12,30
	M (intermediária)	0,90	-0,31	-10,63	-5,82	-16,10
	P (apical)	0,97	-0,22	-9,95	-12,44	-21,23
GV	B (basal)	0,61	-0,24	-11,00	-6,48	-16,99
	M (intermediária)	0,76	-0,19	-13,23	-9,57	-21,69
	P (apical)	0,86	-0,27	-13,92	-15,05	-26,98
GA	B (basal)	0,71	-0,03	-13,76	-9,34	-21,94
	M (intermediária)	0,76	-0,60	-19,38	-11,64	-29,14
	P (apical)	0,80	-,023	-13,98	-17,97	-29,45

DG: *Dendrocalamus giganteus,* GV: *Gigantochloa verticillata,* GA: *Gigantochloa angustifolia*

Lee et al (1994), analisando amostras da espécie *Phyllostachys bambusoides* na condição verde e seca, obtiveram um valor médio de todas as amostras de 0,02, 9,25 e 18,21 de retração, nos sentidos axial, tangencial e radial respectivamente.

2.4.3.2. Inchamento

O bambu seco tem uma grande capacidade de absorver água. Em estudos sobre a espécie *Phyllostachys pubencens* na Universidade de Qingxua - China, concluiu-se que a absorção de umidade para colmos de 4 a 6 anos de idade está inversamente relacionada com o comprimento, isto é, quanto maior a amostra, mais lenta a absorção, enquanto que a velocidade de absorção não tem relação com a largura. Isso, aparentemente, mostra que a absorção de umidade da seção transversal é a mais forte. O inchamento está diretamente relacionado com a habilidade de absorver água. Depois da absorção, o volume fica aumentado e a resistência diminuída. No início, o bambu absorve água rapidamente e essa taxa de absorção vai diminuindo lentamente com o passar do tempo. Após o bambu absorver água, o inchamento aparece no comprimento, na espessura e na largura. Resultados obtidos em experimentos de 10 espécies comprovam que existe uma estreita relação entre o inchamento e o regime de secagem, ou seja, o bambu seco em estufa tem uma taxa de inchamento mais lenta e menor do que aquele seco ao ar (Zhou, 2000).

Em regiões tropicais com períodos de seca muito longos, como nas Filipinas, os teores de umidade do bambu variam apenas 20% dentro de um ano. A máxima absorção de água é também muito mais baixa (30% - 60%) se comparada às espécies cultivadas em climas subtropicais, as quais podem absorver acima de 170% de seu peso seco. As diferenças de absorção de água específicas de certas espécies são diretamente proporcionais aos tipos e quantidades de células. O aumento das células parenquimáticas conduz a um largo aumento da capacidade de absorção d'água. As células parenquimáticas têm um pronunciado poder de osmose.

A idade do colmo tem um efeito determinante no balanceamento do conteúdo de água. Geralmente, um colmo de um ano apresenta uma alta e uniforme distribuição de teores de umidade, com 3 anos de amadurecimento, a proporção da água pode ser 2 vezes maior na base do que no topo (Dunkelberg, 1985).

Godbole e Lakkad (1986), verificaram que as excelentes propriedades mecânicas do bambu eram desvalorizadas pela pobre resistência à degradação ambiental e

resolveram estudar os efeitos da água, que é um importante parâmetro ambiental, sobre essas propriedades, e obtiveram valores que comprovam essa alteração, como por exemplo, sua resistência à tração varia de 238,2 para 150,2 MPa, quando medidas em amostras secas e saturadas em água destilada por 144 horas. Isto é, perdem 58,58% de resistência. Então, para prevenir esta absorção, tanto a superfície deve ser pintada quanto o material deve ser impregnado com aditivo repelente a água.

2.5. Propriedades mecânicas

Baseando-se nos testes conduzidos para análise das propriedades físico-mecânicas, o terceiro ano de idade é o mais apropriado para colheita do bambu para se obter o máximo desempenho na produção de móveis e para todas aplicações na área da construção civil (Espiloy, 1991).

Segundo Liese (1998), o bambu possui excelentes propriedades mecânicas. Estas dependem principalmente do conteúdo de fibras e, conseqüentemente, variam consideravelmente dentro do colmo e entre espécies. Na base, por exemplo, a resistência à flexão da parte externa é de 2 a 3 vezes maior do que a da parte interna.

Essas diferenças se tornam menores conforme aumenta a altura do colmo. Existem feixes vasculares menores, mais densos e menor quantidade de tecido básico na camada externa, o que resulta em uma densidade e resistência mecânica maiores nesta área, pois estão diretamente relacionadas.

A propriedade física que mais influencia as propriedades mecânicas é a massa do material por unidade de volume, ou seja, a densidade, que é geralmente expressa em kg/m³ e que, para a maioria dos bambus, gira em torno de 700 – 800 kg/m³, variando com a qualidade do seu local de crescimento, a espécie, sua posição no colmo, etc. (Janssen, 2000). A Figura 2.9 apresenta um quadro de comparação de resistência e dureza de alguns materiais em relação à sua massa por unidade de volume (densidade) com o bambu.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

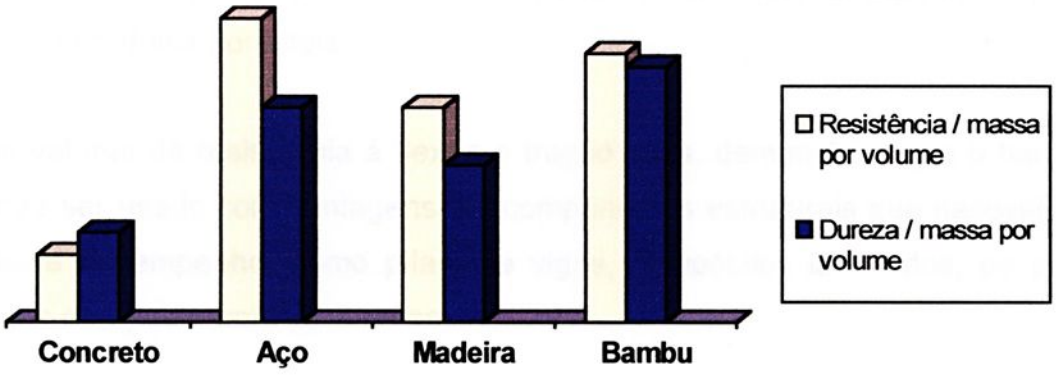


Figura 2.9 – Comparação entre a resistência e dureza de alguns materiais e o bambu (Janssen, 2000).

A diferença entre colmos secos ao ar e na condição verde é, às vezes, relativamente pequena, especialmente para flexão e trincas (Liese, 1998).

Prawirohatmodjo (1998) concluiu, a partir de dados obtidos da comparação das propriedades e resistência de 6 espécies na condição verde e secos ao ar, que não há muito risco em se usar bambu verde para construção pelo fato do aumento da resistência do bambu verde para o seco ao ar ter sido muito menos significativo do que o aumento de resistência que ocorre nas madeiras em geral.

Lee et al (1994), em seus estudos com amostras da espécie *Phyllostachys bambusoides,* concluíram que as propriedades mecânicas são afetadas pelo teor de umidade, localização no colmo, presença de nós e posição em relação à casca ou camada externa.

Como aspectos conclusivos desta revisão pode-se citar que:

- Todas as propriedades mecânicas aumentam da base para o topo do colmo e da condição verde para a condição seca.

- Os resultados obtidos entre espécies de bambu, mostram grande similaridade nas propriedades físicas e mecânicas em relação a diferentes espécies de

madeira, o que indica que o bambu pode ser um material alternativo para vários produtos florestais.

- Os valores de resistência à flexão e tração altas, demonstram que o bambu pode ser usado com vantagens em componentes estruturais que necessitam desse desempenho, como pilares e vigas, compósitos laminados, ou para vigas de ripas paralelas coladas.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Ensaios preliminares

Foram realizados ensaios preliminares com o objetivo de adquirir conhecimento prévio quanto à aferição e manuseio dos equipamentos, definir os procedimentos do processamento, da confecção das amostras e dos ensaios de experimentação.

Pelo fato de ainda não haver normas brasileiras específicas voltadas para as investigações das propriedades físicas do bambu, empregou-se, com as devidas adaptações, a norma ABNT - NBR 7190:1997, Anexo B, a qual norteou tanto a confecção das amostras quanto a realização dos ensaios.

Para a realização dos ensaios preliminares, abateu-se um colmo com 3,5 anos de idade (1999). Após o abate, o colmo foi seccionado em sua altura útil, dividido em 9 partes iguais e de cada uma dessas partes foram coletadas 12 amostras, de acordo com a norma NBR 7190:1997, que estabelece: "para caracterização mínima da resistência de espécies pouco conhecidas: 12 corpos-de-prova". Foram realizados os ensaios de teor de umidade na base seca, densidade básica, e estabilidade dimensional em conformidade com a norma citada.

Após a obtenção dos resultados dos ensaios preliminares, estes foram analisados estatisticamente (Microsoft, 1995) quanto à dispersão, nível de confiança e margem de erro.

Para este trabalho foram consideradas amostras com 4 elementos para o internó e amostras com 2 elementos para parte com nó, o que satisfaz os resultados obtidos estatisticamente, para uma margem de erro de 5% com 95% de confiança conforme demonstração constante no Anexo I.

A norma solicita que sejam realizadas 3 medidas para cada direção, porém as alterações dimensionais ocorridas nos ensaios preliminares sugeriram o aumento do



número das medidas de 3 para 6, o que veio melhorar os níveis estatísticos de tolerância.

3.2. Amostras

3.2.1. Colmos de bambu

A Unesp iniciou, no verão de 1994, o cultivo de algumas espécies de bambu e possui 23 moitas da espécie escolhida para este estudo, o bambu gigante – *Dendrocalamus giganteus*. A coleção conta, também, com outros tipos de bambus que totalizam 12 espécies pertencentes ao grupo das 19 recomendadas para cultivo pelo INBAR – International Network for Bamboo And Rattan.

A disponibilidade de colmos provenientes das moitas, com dados controlados de plantio, manejo e identificação dos colmos ano a ano favoreceram o trabalho.

O cultivo está localizado na área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia Mecânica – Campus de Bauru, latitude 22º 21' 30", longitude 49° 01' 37", altitude 620 m, onde o solo local é classificado como latossolo vermelho-amarelo, álico-distrófico, profundo e bem drenado. As moitas foram plantadas com espaçamento de 9 X 8. O clima é subtropical seco no inverno, com temperatura anual média de 21,5ºC e precipitação anual média de 1500 mm (IPMet, 2003).

Os colmos analisados foram abatidos no período de agosto (meados) a setembro de 2002. De acordo com os dados obtidos no IPMet, Instituto de Pesquisas Meteorológicas, pertencente ao Campus da Unesp de Bauru, a precipitação acumulada desses meses, agosto e setembro, foi de 55,4 mm e 49,2 mm respectivamente. Os dados são apresentados no Anexo II.

Para os ensaios, foram abatidos cinco colmos, exemplares dos anos de 1997, 1998, 1999, 2000 e 2001, com 5,5; 4,5; 3,5; 2,5 e 1,5 anos, respectivamente, tomando-se como referência o ano da realização dos experimentos, ou seja, 2002.



Desses colmos foram determinados o peso total (kgf), o diâmetro na altura do peito (DAP) (cm), a altura total (H), a altura útil (H_u) medida desde a base até a altura onde a parede apresentou espessura igual a 8 mm. Essa espessura mínima foi fixada em função do melhor aproveitamento do colmo nas operações de corte. A Tabela 3.1. apresenta as dimensões dos colmos estudados.

Tabela 3.1 - Medidas dos colmos estudados

ANO	PESO TOTAL DO COLMO (kgf)	DAP (cm)	ALTURA ÚTIL (m)*
1997	18,80	6,37	4,16
1998	20,60	7,32	4,76
1999	34,00	8,91	5,36
2000	39,60	8,97	5,88
2001	41,60	9,23	6,75

* Comprimento do colmo que apresenta espessura de parede ≥ a 0,8 cm.

3.2.2. Definição das amostras

As dimensões do corpo-de-prova seguem os padrões da Norma ABNT NBR 7190:1997, ou seja, 3 cm X 5 cm X 2 cm, medidas na direção tangencial, axial e radial, respectivamente, sendo que radial e tangencialmente as medidas se adaptaram à espessura da parede do colmo e à largura da ripa.

Os colmos foram subdivididos em 3 três partes sucessivas a partir da base: inferior "A", intermediária "B" e superior "C", as quais foram subdivididas novamente em 3 partes, perfazendo as 9 partes para a retirada de amostras.

As amostras foram nomeadas da seguinte maneira:

unesp

Parte Inferior:

A1/97-1...4, A1/97-5, 6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

A2/97-1...4, A2/97-5, 6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

A3/97-1...4, A3/97-5, 6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

A/97 = **12** amostras sem nó, **6** amostras com nó.

Parte intermediária:

B1/97-1...4, B1/97-5, 6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

B2/97-1...4, B2/97-5,6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

B3/97-1...4; B3/97-5,6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

B/97 = **12** amostras sem nó, **6** amostras com nó.

Parte superior:

C1/97-1...4, C1/97-5,6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

C2/97-1...4, C2/97-5,6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

C3/97-1...4; C3/97-5,6; compreendendo 4 amostras sem nó e 2 amostras com nó.

C/97 = **12** amostras sem nó, **6** amostras com nó.

E assim, sucessivamente, alterando-se o ano do colmo para 98, 99, 00 e 01.

A Figura 3.1 apresenta graficamente as divisões efetuadas no colmo e também os pontos onde ocorreram as medições nas 3 direções, tangencial, radial e axial:

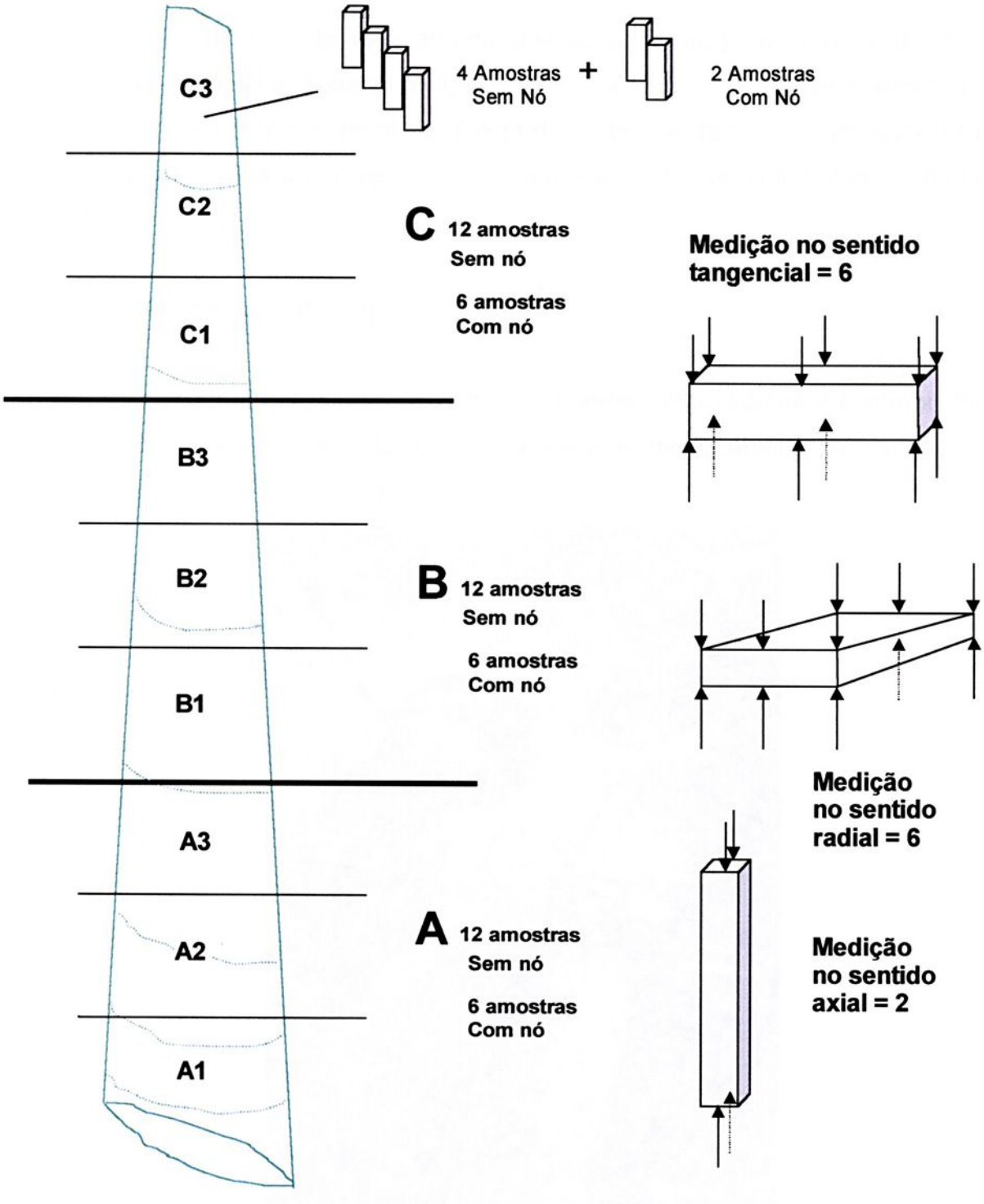


Figura 3.1 – Divisão do colmo para coleta de amostras e pontos de medição.

3.2.3. Preparação das amostras

3.2.3.1. Abate

O abate de cada colmo foi realizado na posição acima do primeiro nó. A ferramenta utilizada foi uma serra manual do tipo serrote. Na seqüência, houve a remoção dos galhos com ferramenta manual de lâmina de corte, tipo facão. Os nós internos não foram retirados para que proporcionassem maior rigidez ao colmo quando do corte longitudinal.

3.2.3.2. Preparação das ripas

Logo após o abate, as partes identificadas (inferior, intermediária e superior) foram seccionadas transversalmente em serra circular destopadeira, articulável, com potência de 3 HP (Figura 3.2.).

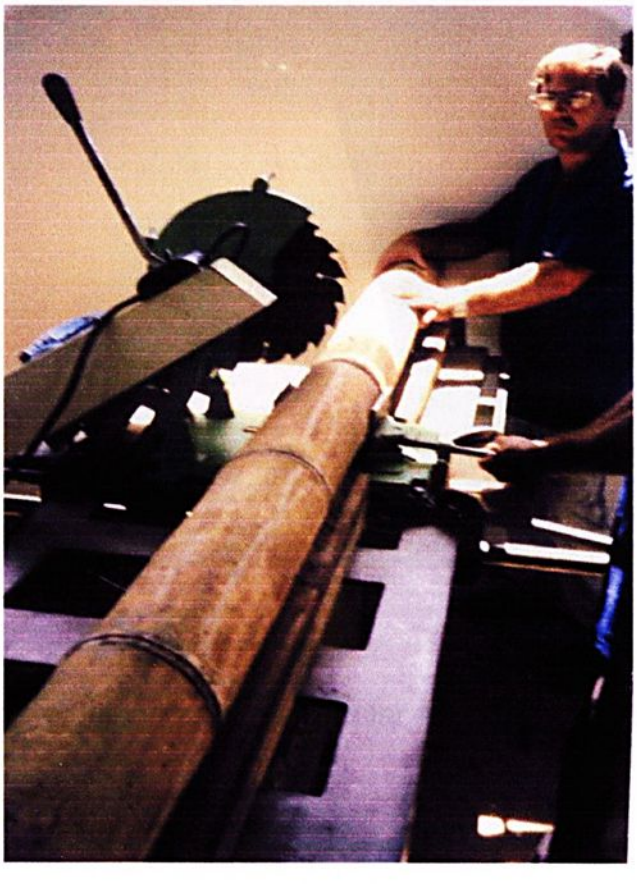


Figura 3.2 – Seccionamento transversal do colmo em destopadeira.

Em seguida, cada parte do colmo foi seccionada na direção longitudinal para a geração das ripas (Figura 3.3.), utilizando-se para este corte, serra circular de mesa fixa, com potência de 3HP. A mesa da serra circular foi adaptada com dispositivos especiais de apoio (berço de madeira em "V") para facilitar a alimentação e para melhor segurança do operador.

Os nós internos mantiveram as ripas unidas durante a retirada das ripas. A separação se deu por impacto contra o solo na região do topo.

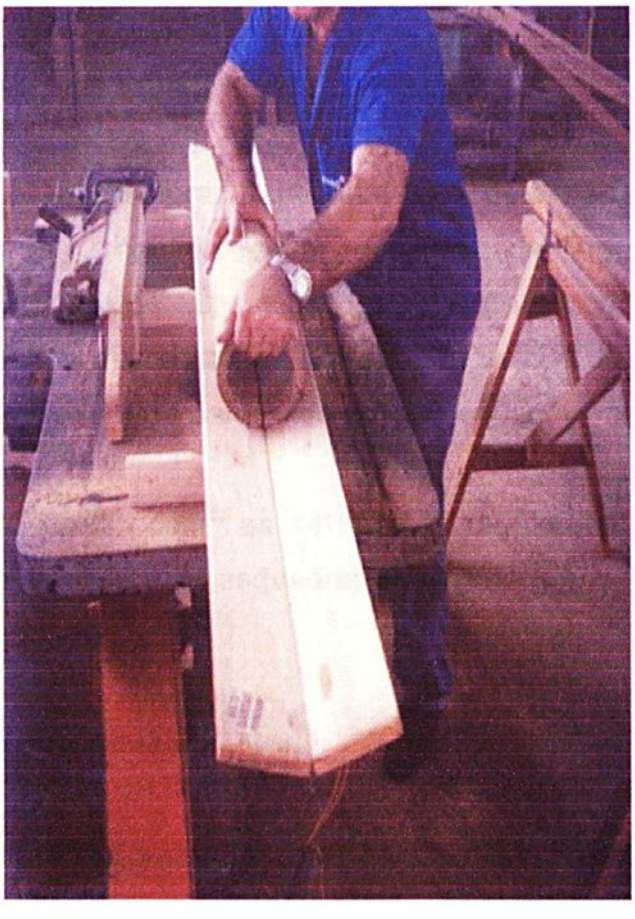


Figura 3.3 – Corte longitudinal em serra circular adaptada para colmos de bambu.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

3.2.3.3. Aplainamento

Posteriormente ao serramento longitudinal dos colmos para produção de ripas, estas foram processadas em plaina desempenadeira para regularização de duas superfícies. A primeira superfície plana foi gerada na camada interna das ripas (região sem casca) após seguidos passes na plaina desempenadeira. Na mesma máquina, a partir da superfície plana gerada, as ripas foram submetidas ao aplainamento de uma das faces de espessura (plano radial), definindo-se a segunda superfície plana, perpendicular à primeira.

3.2.3.4. Serramento das amostras

Uma vez aplainadas, estas foram submetidas a dois serramentos na direção longitudinal; o primeiro, 2 centímetros na dimensão de largura das ripas (plano radial) e outro na dimensão de espessura das ripas (face com casca). Portanto, as dimensões das amostras de bambu na direção tangencial e radial relacionadas à largura da ripa e à espessura da parede do colmo, respectivamente.

Na seqüência, as ripas com as 4 faces regulares foram seccionadas transversalmente em serra circular esquadrejadeira para geração de amostras com 5 centímetros de comprimento.

3.3. Procedimentos de ensaio

Os procedimentos de ensaio seguiram aqueles estabelecidos na norma ABNT – NBR - 7190:1997.

3.3.1. Medição da massa saturada verde

Logo após o processamento, foi feita a medição da massa saturada verde, pesando-se as amostras em balança de precisão de 0,01g da marca Marte, modelo AS 500.



Os valores obtidos foram utilizados no cálculo da porcentagem de umidade na base seca - U_{bseca} (%), conforme Eq. (2), pg.25.

3.3.2. Medição das amostras no estado saturado verde

Para as medidas dos lados da seção transversal (radial e tangencial) e do comprimento (axial), utilizou-se paquímetro digital com escala de 0 – 150 mm, marca "STARRET" e resolução de 0,01 mm. Foram anotadas com as seguintes repetições, conforme exemplo na Figura 3.1.

- Número de medidas na direção radial = 6 (6 medidas com repetição daquela aferida no meio da amostra para efeito de cálculo)
- Número de medidas na direção tangencial = 6
- Número de medidas na direção axial = 2

Estes valores foram utilizados para gerar o volume verde utilizado no cálculo da densidade na base seca - ρ_{bseca} (g/cm³) das amostras estudadas e também os coeficientes de retração, Eq. (1), pg.21 e Eq. (3, 4 e 5), pg. 28.

3.3.3. Medição da massa seca - *ms*

Estabelecidas as medidas do colmo saturado, os corpos-de-prova foram colocados em uma estufa de marca "AD", modelo – 480 ES, com temperatura máxima de 103°C ± 2°C. Os corpos de prova foram medidos de 6 em 6 horas, e a massa foi considerada seca quando observada uma variação entre duas medidas consecutivas menor ou igual a 0,5%. A massa seca é aferida para o cálculo da densidade básica, Eq. (1), pg.21.

O tempo aferido para secagem das amostras de bambu, aumentando-se a temperatura gradualmente nas primeiras 6 horas até 60°C e depois mantendo-se os 103°C ± 2°C, foi de 30 a 36 horas, quando atingiram o percentual menor ou igual a

0,5%. Para pequenos corpos-de-prova esta situação é atingida em aproximadamente 48 horas (LAMEM, 1988).

3.3.4. Medição das amostras no estado seco

Com as amostras secas, repetiu-se para cada uma delas o procedimento adotado para a determinação das dimensões no estado saturado verde. Esses valores determinam a retração proveniente da secagem. Essas dimensões são, também, utilizadas para o cálculo posterior do inchamento, Eq. (3, 4, 5, 6, 7 e 8), pg. 28.

3.3.5. Medição do volume em ambiente saturado

Conforme a norma adotada, o corpo-de-prova deve conter umidade acima do ponto de saturação das fibras e, para isso, as amostras foram colocadas em ambiente saturado com temperatura de 20ºC ± 5°C, até que observada uma diferença de 0,02 mm entre duas medidas sucessivas, apontando a estabilização da variação dimensional.

Da mesma forma, as amostras foram medidas em suas direções preferenciais obtendo-se suas dimensões saturadas. Esses valores determinam as variações dimensionais possíveis provenientes da umidade, o inchamento, Eq. (6,7,e 8), pg. 28.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de densidade básica, teor de umidade, retração e inchamento obtidos nos ensaios são apresentados respectivamente nas Tabelas 4.1, 4.3, 4.5, 4.7, bem como a representação gráfica destes resultados ano a ano, os quais são seguidos de análise e discussão. Apresenta-se um exemplo dos dados individuais de medição em planilhas no Anexo III.

4.1. Densidade

A Tabela 4.1 e Figuras 4.1 a 4.5 apresentam os valores médios da densidade básica medidas nas partes inferior "A", intermediária "B" e superior "C" para amostras sem e com a presença de nó dos colmos de 1997 a 2001.

Tabela 4.1 – Densidade básica média das amostras.

		Densidade (g/cm^3)											
		A1	A2	A3	**A**	B1	B2	B3	**B**	C1	C2	C3	**C**
1997 5,5 anos	Sem Nó	0,48	0,51	0,58	**0,52**	0,62	0,66	0,59	**0,62**	0,60	0,62	0,65	**0,62**
	Com Nó	0,51	0,59	0,56	**0,55**	0,70	0,71	0,71	**0,71**	0,71	0,66	0,80	**0,72**
1998 4,5 anos	Sem Nó	0,55	0,50	0,58	**0,54**	0,60	0,63	0,61	**0,61**	0,65	0,59	0,62	**0,62**
	Com Nó	0,52	0,59	0,73	**0,61**	0,73	0,76	0,77	**0,75**	0,77	0,81	0,77	**0,78**
1999 3,5 anos	Sem Nó	0,43	0,53	0,55	**0,50**	0,53	0,57	0,61	**0,57**	0,61	0,62	0,66	**0,63**
	Com Nó	0,51	0,61	0,53	**0,55**	0,61	0,65	0,63	**0,63**	0,64	0,69	0,58	**0,64**
2000 2,5 anos	Sem Nó	0,49	0,53	0,58	**0,53**	0,58	0,53	0,54	**0,55**	0,57	0,58	0,64	**0,60**
	Com Nó	0,52	0,67	0,71	**0,63**	0,73	0,72	0,71	**0,72**	0,72	0,72	0,74	**0,73**
2001 1,5 anos	Sem Nó	0,50	0,54	0,47	**0,50**	0,49	0,57	0,59	**0,55**	0,53	0,54	0,57	**0,55**
	Com Nó	0,51	0,64	0,60	**0,58**	0,58	0,71	0,68	**0,66**	0,66	0,64	0,71	**0,67**

As figuras a seguir apresentam a variação da densidade básica média dos colmos de 1997 a 2001, das partes A, B e C, bem como as linhas de tendência das amostras sem nó (♦) e com nó (□).

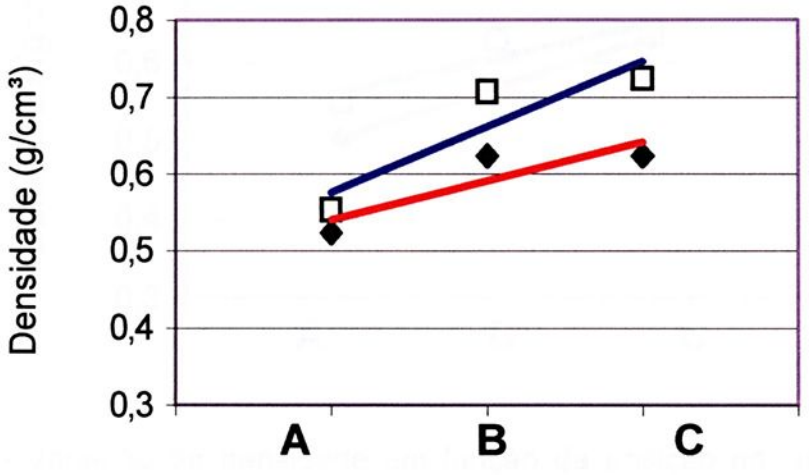


Figura 4.1 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 1997, com 5,5 anos de idade.

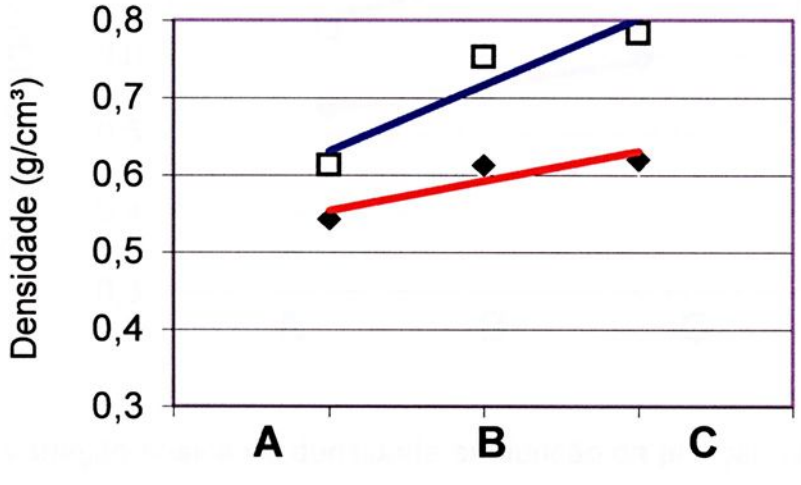


Figura 4.2 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 1998, com 4,5 anos de idade.

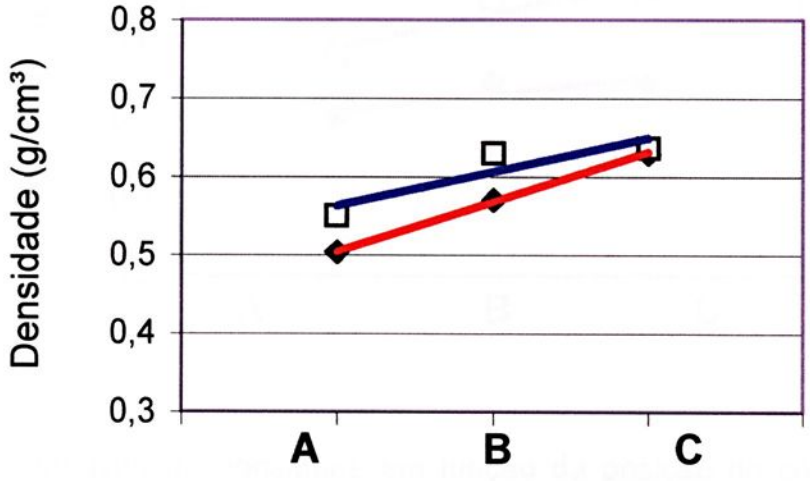


Figura 4.3 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 1999, com 3,5 anos de idade.

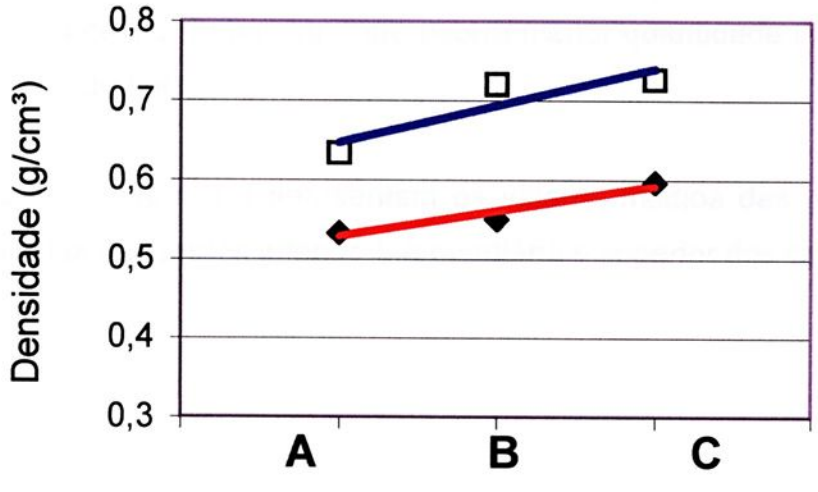


Figura 4.4 – Variação básica da densidade em função da posição no colmo do ano de 2000, com 2,5 anos de idade.

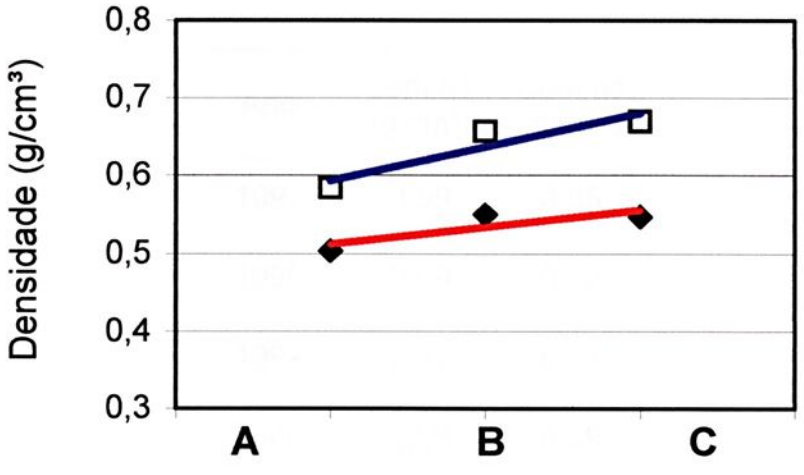


Figura 4.5 – Variação da densidade em função da posição no colmo do ano de 2001, com 1,5 anos de idade.

Das figuras apresentadas verificou-se para todos os casos, o aumento da densidade da parte inferior para parte superior.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados confirmam que a densidade é maior na parte superior do colmo do bambu onde ocorre menor quantidade de parênquima e maior quantidade de fibras.

A Tabela 4.2 e a Figura 4.6 apresentam os valores médios das densidades das amostras retiradas das partes inferior, intermediária e superior dos colmos de 1997 a 2001.

Tabela 4.2 – Média anual da densidade

Ano	Sem nó (g/cm³)	Com nó (g/cm³)
1997	0,59	0,66
1998	0,59	0,72
1999	0,57	0,61
2000	0,56	0,69
2001	0,53	0,64

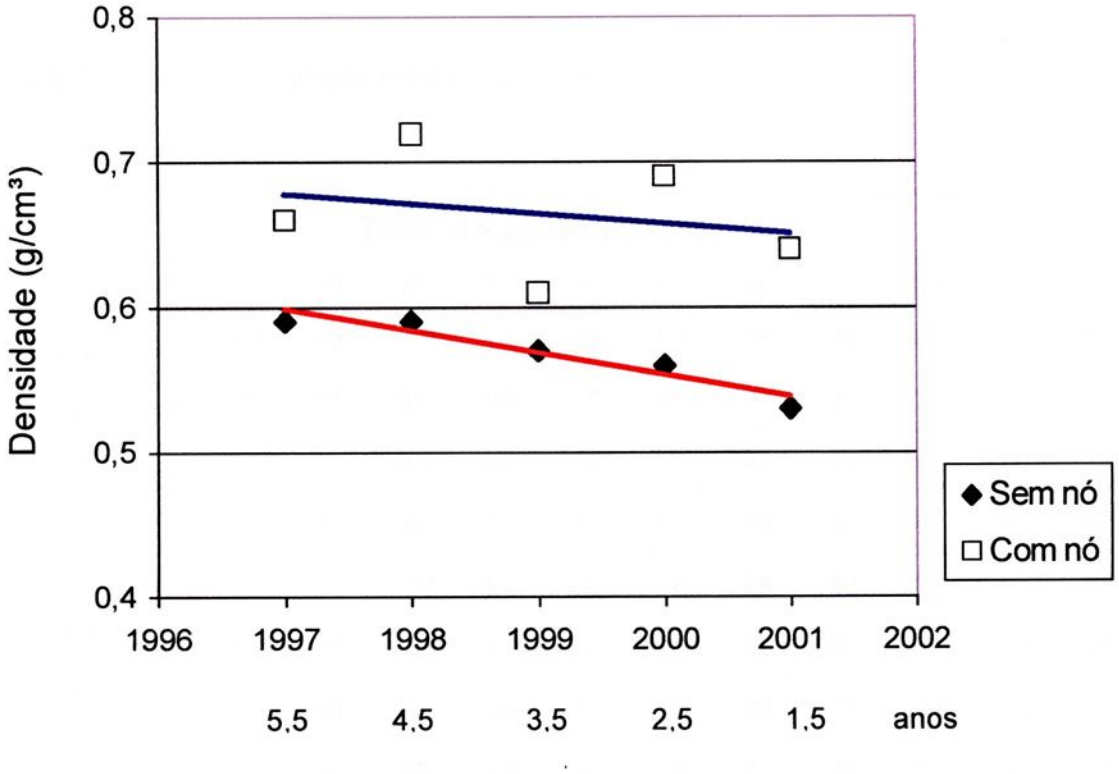


Figura 4.6 – Variação da densidade média anual.

Os resultados médios demonstram claramente a tendência de ocorrer maior densidade em colmos mais velhos, embora apresentem discreta alteração de um ano para o outro. Os valores obtidos da variação da densidade, de 0,53 g/cm³ a 0,59 g/cm³ para amostras sem nó, e 0,61 g/cm³ a 0,72 g/cm³ para amostras com nó, encontram-se dentro da faixa indicada por outras investigações.

4.2. Teor de umidade

A Tabela 4.3 apresenta os valores médios do teor de umidade medido nas partes inferior "A", intermediária "B" e superior "C" para amostras sem e com a presença de nó dos colmos de 1997 a 2001.

As Figuras 4.7 a 4.11 representam a variação do teor de umidade médio e as linhas de tendência das amostras sem nó (♦) e com nó (□).

Tabela 4.3 – Teor de umidade médio das amostras.

Teor de umidade (%)												
		A1	A2	A3	**A**	B1	B2	B3	**B**	C1	C2	C3	**C**
1997 5,5 anos	Sem Nó	123	144	86	**118**	74	66	82	**74**	95	87	82	**88**
	Com Nó	113	89	64	**89**	59	58	61	**59**	77	78	62	**72**
1998 4,5 anos	Sem Nó	103	116	91	**103**	87	80	79	**82**	72	79	76	**76**
	Com Nó	110	92	61	**88**	63	57	53	**58**	53	49	87	**63**
1999 3,5 anos	Sem Nó	143	100	78	**107**	94	85	74	**84**	80	67	55	**67**
	Com Nó	121	83	97	**100**	71	66	71	**69**	65	52	48	**55**
2000 2,5 anos	Sem Nó	115	99	88	**101**	85	96	87	**89**	84	79	68	**77**
	Com Nó	106	68	63	**79**	73	59	61	**64**	56	56	51	**54**
2001 1,5 anos	Sem Nó	113	88	122	**108**	114	89	86	**96**	96	95	83	**91**
	Com Nó	108	70	85	**88**	79	61	67	**69**	66	71	59	**65**

unesp

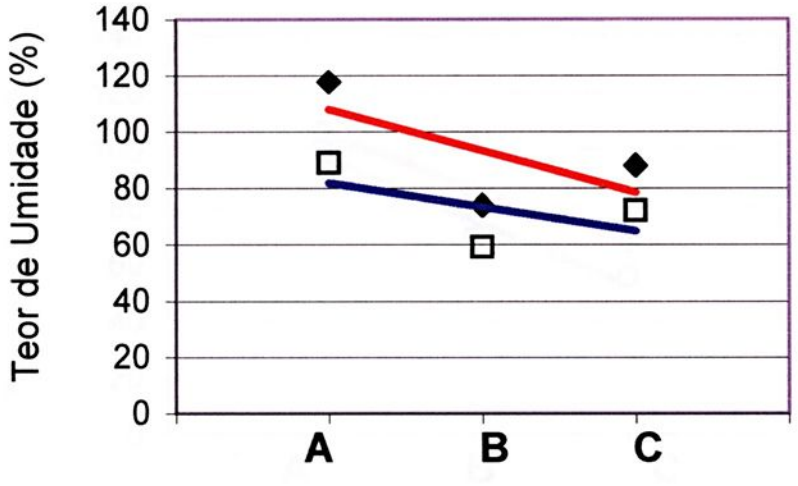


Figura 4.7 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 1997, com 5,5 anos de idade.

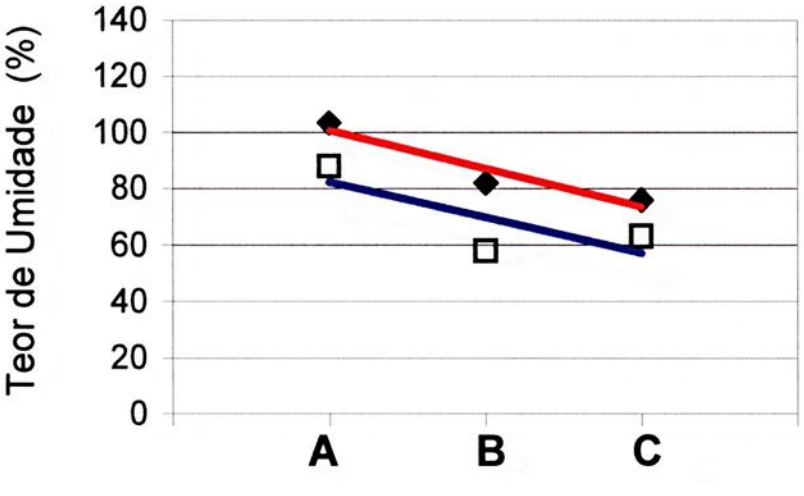


Figura 4.8 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 1998, com 4,5 anos de idade.

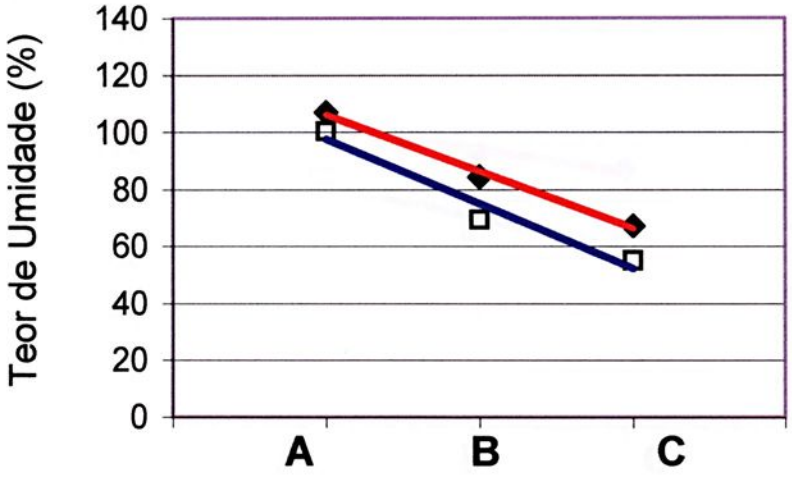


Figura 4.9 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 1999, com 3,5 anos de idade.

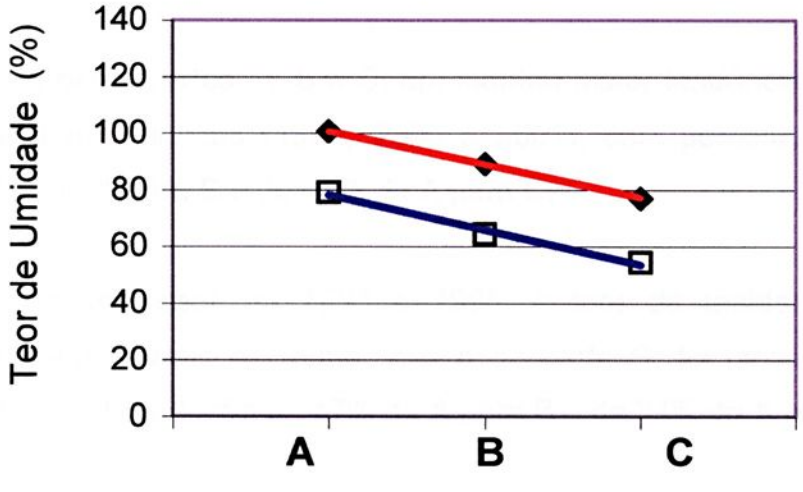


Figura 4.10 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 2000, com 2,5 anos de idade.

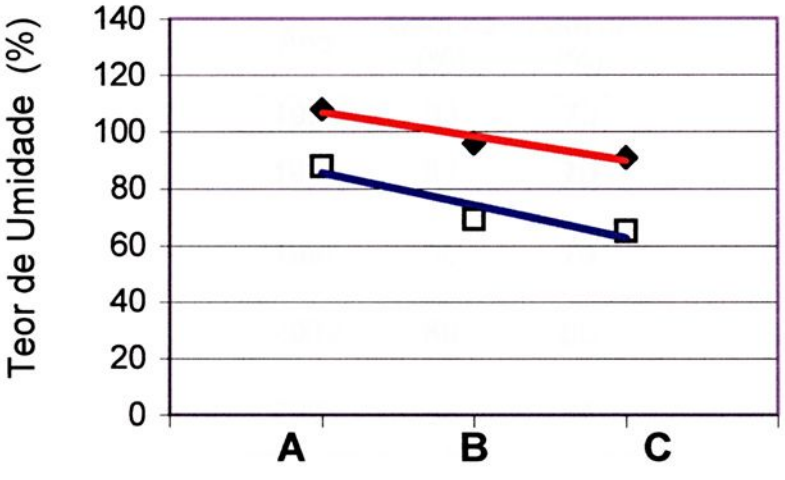


Figura 4.11 – Variação do teor de umidade em função da posição no colmo do ano de 2001, com 1,5 anos de idade.

Os resultados apresentaram uma redução do teor de umidade da parte inferior "A" para a parte superior "C" dos colmos.

A variação entre estas partes, A, B e C, apresentou maior tendência de linearidade entre os colmos mais jovens (1999, 2000 e 2001), com percentuais médios de redução de 25% de A para B e de 46% de A para C.

Para os colmos dos anos de 1997 e 1998, o teor de umidade da parte B (intermediária), que deveria ser maior que o da parte C, foi menor, apresentado percentuais médios de redução de 47% de A para B e de 34% de A para C.

A Tabela 4.4 e a Figura 4.12 apresentam os valores médios dos teores de umidade das amostras retiradas das partes inferior, intermediária e superior dos colmos de 1997 a 2001, representando desta forma a variação anual do teor de umidade.

Tabela 4.4 – Média anual do teor de umidade

Ano	Sem nó (%)	Com nó (%)
1997	93	73
1998	87	70
1999	86	75
2000	89	66
2001	98	74

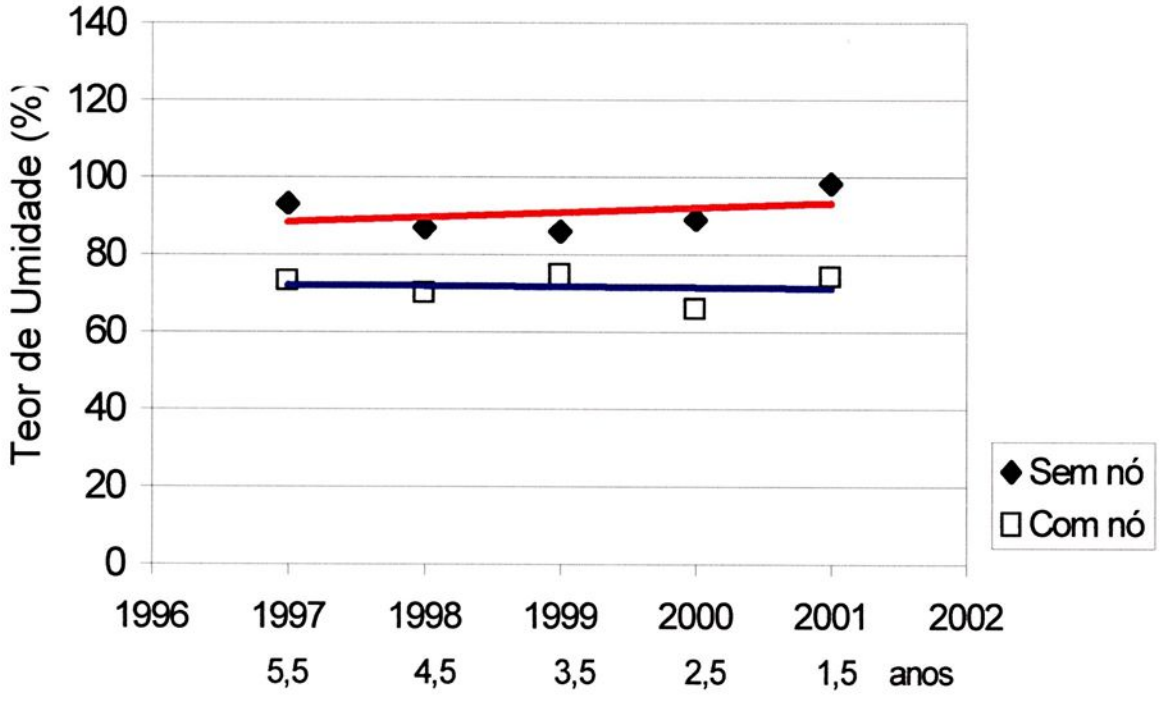


Figura 4.12 – Variação do teor de umidade médio anual.

Ao se analisar o gráfico da variação da umidade, verifica-se uma linha de tendência ascendente de 1997 para 2001 o que demonstra um teor de umidade maior quanto mais novo é o colmo.

As amostras com nó, que nos ensaios apresentados até aqui têm acompanhado a tendência das amostras sem nó, diferem na média geral dos ensaios de umidade apresentando uma curva de tendência constante, que indica não haver variação no teor de umidade dos nós com o aumento da idade do colmo, podendo-se supor que esta tendência esteja relacionada à maior densidade existente na região dos nós.

4.3. Estabilidade dimensional – Retração

A retração foi medida nas direções radial "**R**", tangencial "**T**" e axial "**A**". Estes valores são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Valores médios da retração.

Retração (%)													
			A1	A2	A3	**A**	B1	B2	B3	**B**	C1	C2	C3	**C**
1997 5,5 anos	Sem Nó	R	9	11	7	**9**	4	6	6	**5**	8	5	8	**7**
		T	10	9	4	**8**	4	4	4	**4**	7	6	7	**7**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	4	2	4	**3**	1	2	1	**1**	1	0	-1	**0**
		T	6	4	5	**5**	3	4	4	**4**	5	5	6	**5**
		A	0	-1	6	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
1998 4,5 anos	Sem Nó	R	13	13	10	**12**	10	10	11	**10**	9	10	9	**9**
		T	11	10	8	**10**	9	9	9	**9**	9	9	9	**9**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	7	5	4	**5**	4	4	6	**5**	5	5	4	**5**
		T	11	8	6	**8**	7	7	6	**7**	8	6	7	**7**
		A	2	0	0	**1**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
1999 3,5 anos	Sem Nó	R	14	11	8	**11**	14	13	8	**12**	11	10	9	**10**
		T	21	15	1	**12**	13	11	12	**12**	12	13	8	**11**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	5	6	5	**5**	2	3	7	**4**	10	5	8	**8**
		T	5	8	7	**7**	7	7	11	**8**	10	5	10	**8**
		A	5	0	0	**2**	0	0	0	**0**	4	3	1	**3**
2000 2,5 anos	Sem Nó	R	11	12	9	**11**	7	9	11	**9**	13	9	9	**10**
		T	10	9	9	**9**	8	10	9	**9**	8	9	7	**8**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	7	4	3	**5**	5	5	3	**4**	3	4	4	**4**
		T	8	6	6	**7**	6	5	7	**6**	7	7	7	**7**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
2001 1,5 anos	Sem Nó	R	9	12	13	**11**	13	9	12	**11**	13	11	11	**12**
		T	8	12	14	**11**	14	12	8	**11**	9	11	11	**10**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	1	0	0	**0**
	Com Nó	R	5	4	3	**4**	4	3	1	**3**	5	5	4	**5**
		T	8	6	8	**7**	15	7	9	**10**	9	8	9	**9**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**

unesp

As Figuras de 4.13 a 4.17 apresentam a retração média nas três direções (R, T e A) para amostras sem e com nó para as posições no colmo A, B e C e suas respectivas médias "M"

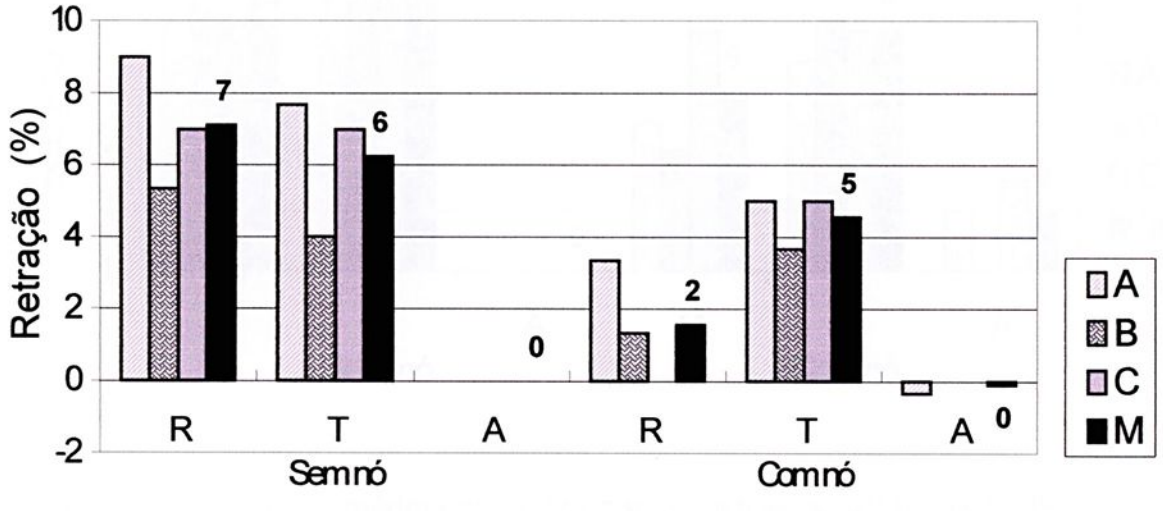


Figura 4.13 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1997.

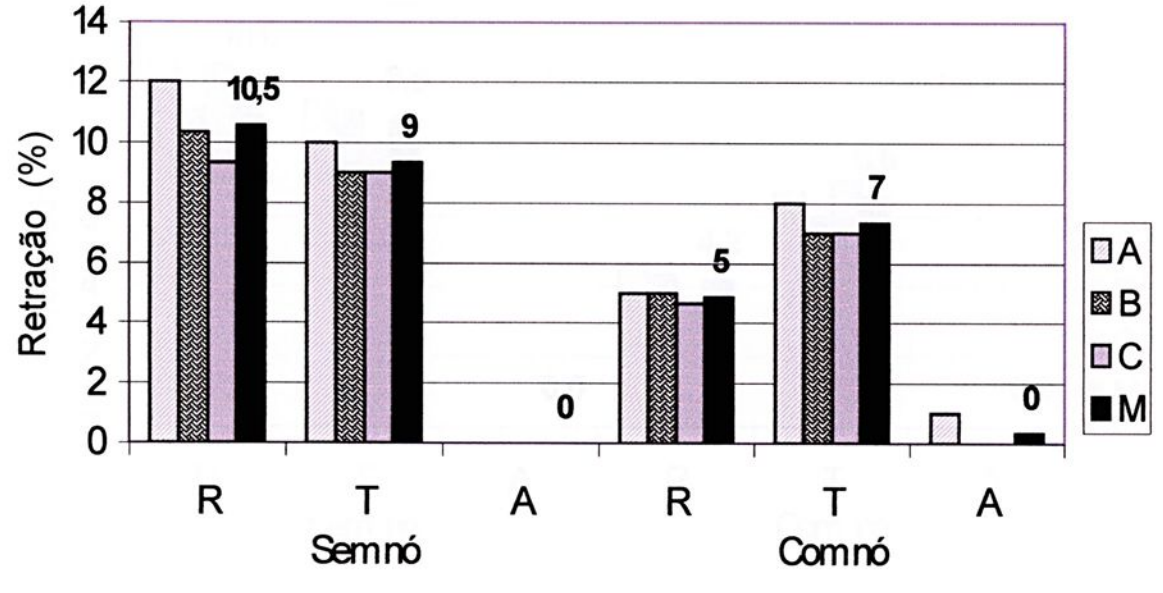


Figura 4.14 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1998.

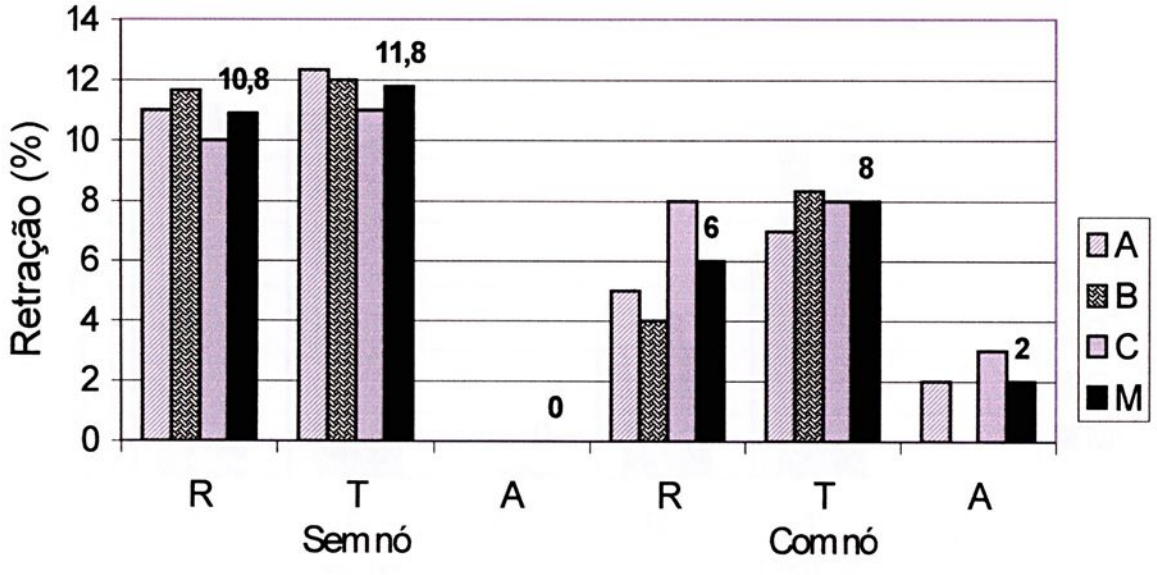


Figura 4.15 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 1999.

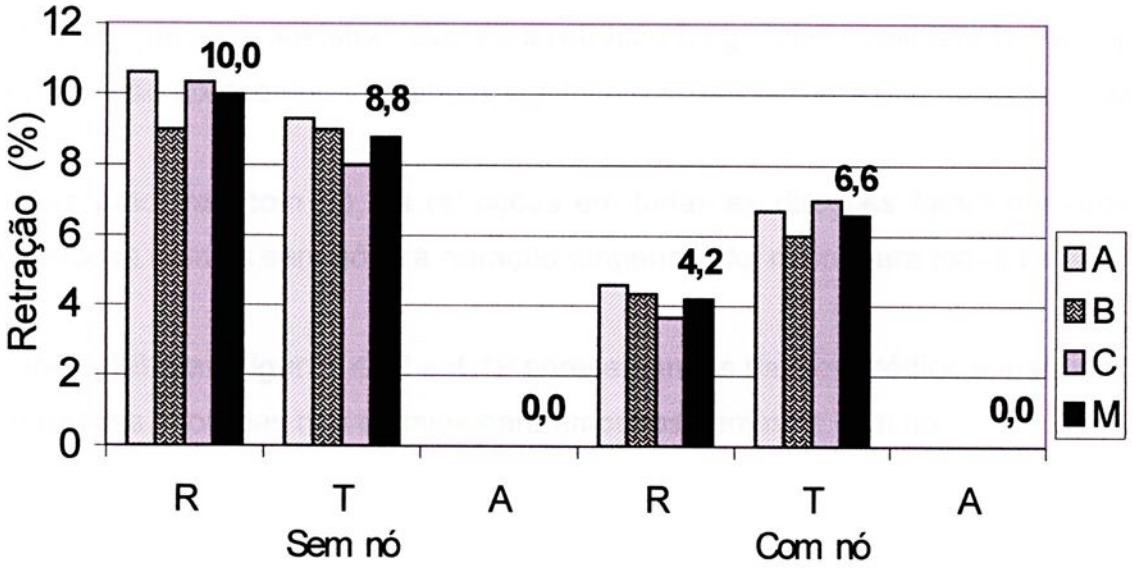


Figura 4.16 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 2000.

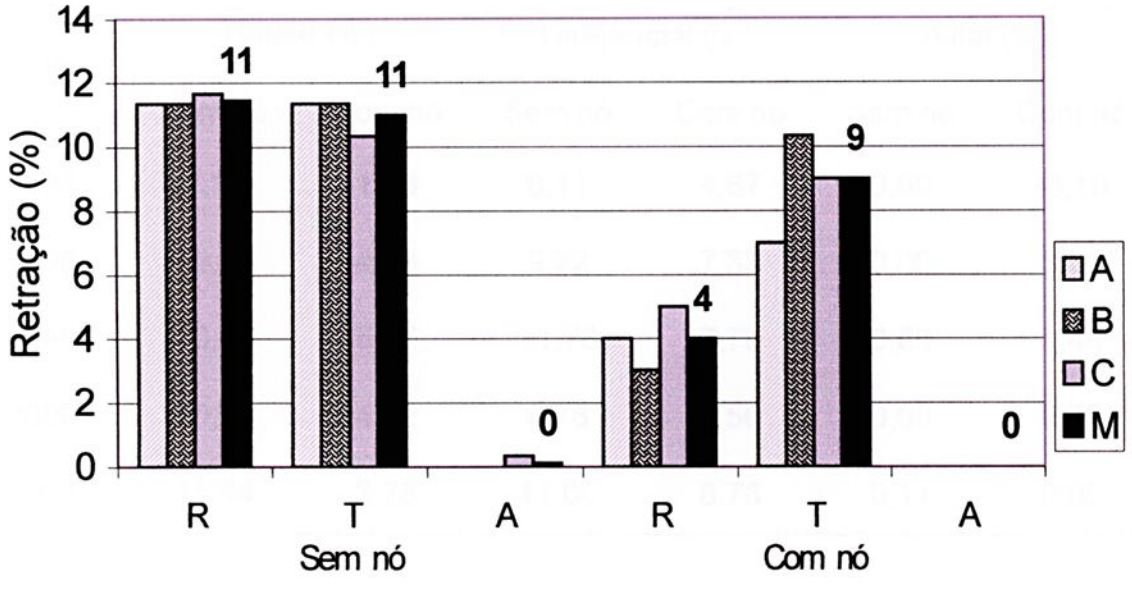


Figura 4.17 – Retrações médias ocorridas nas amostras do colmo de 2001.

Em geral, para amostras sem nó, os resultados mostram que houve tendência de ocorrer maior retração nas partes inferiores dos colmos.

Verifica-se que para amostras sem nó a retração tangencial, considerada maior pela literatura, não apresentou diferenças significativas se comparada à retração radial.

Para as amostras com nó, as retrações em todas as direções foram menores se comparadas com as sem nó, e a retração tangencial foi maior para todos os anos.

A Tabela 4.6 e as Figuras 4.18 e 4.19 apresentam os valores médios anuais globais de retrações ocorridas nos ensaios para amostras sem nó e com nó.

Tabela 4.6 - Valores médios anuais de retração.

Ano	Radial (%)		Tangencial (%)		Axial (%)	
	Sem nó	Com nó	Sem nó	Com nó	Sem nó	Com nó
1997	7,11	1,56	6,11	4,67	0,00	-0,10
1998	10,56	4,89	9,22	7,33	0,00	0,22
1999	10,89	5,67	11,78	7,78	0,00	1,44
2000	10,00	4,22	8,78	6,56	0,00	0,00
2001	11,44	3,78	11,00	8,78	0,11	0,00

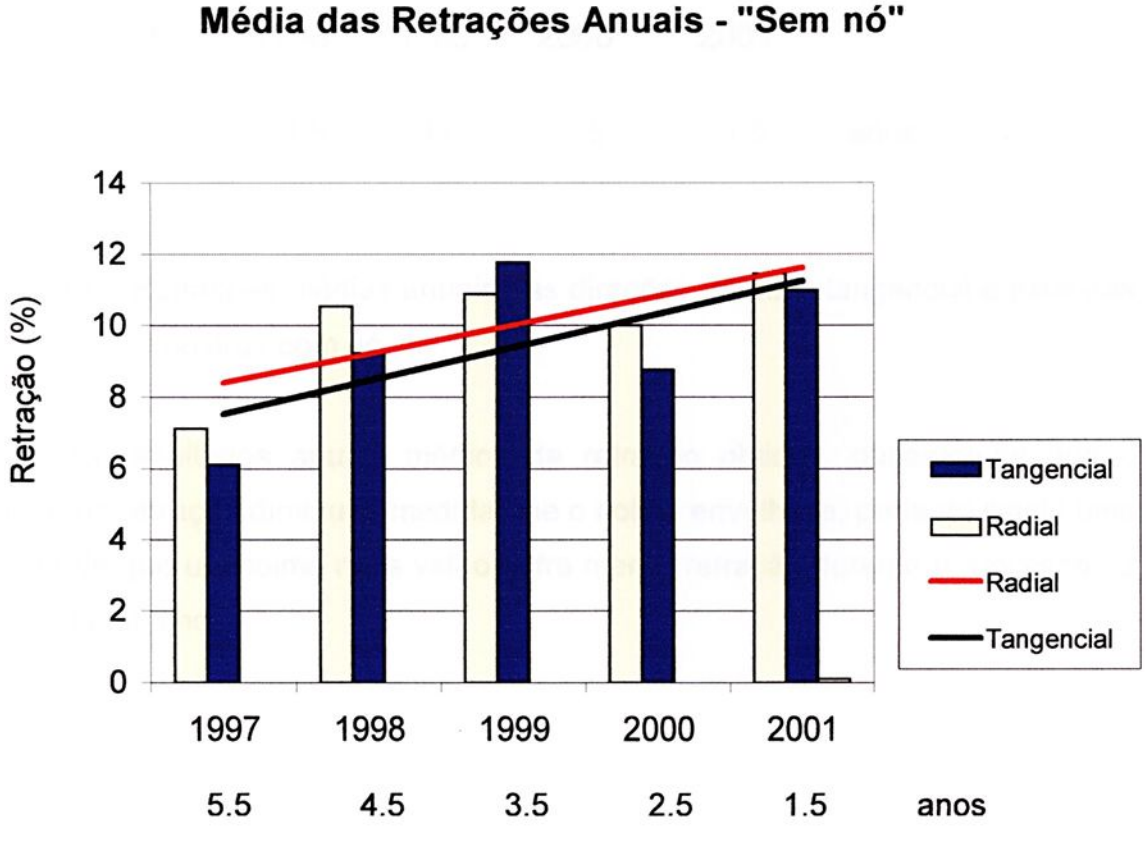


Figura 4.18 – Retrações médias anuais nas direções, radial e tangencial das amostras sem nó.

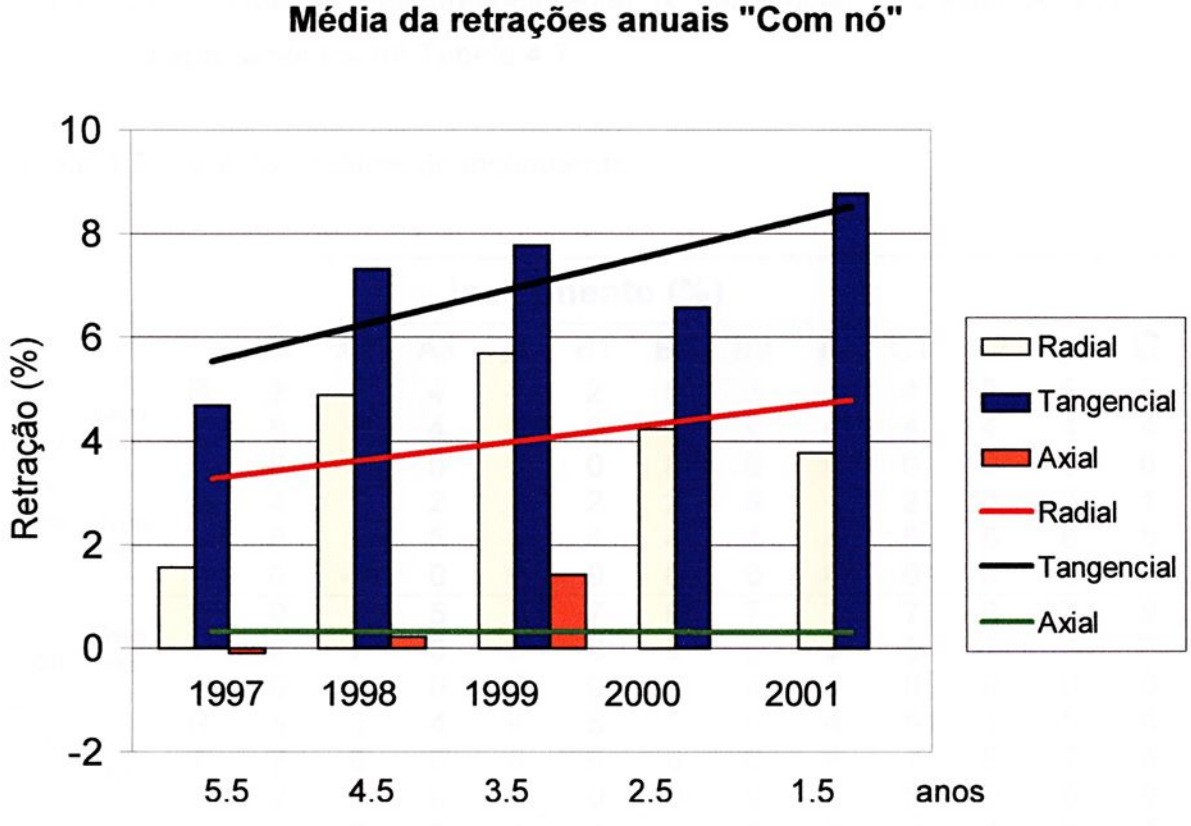


Figura 4.19 – Retrações médias anuais nas direções, radial e tangencial e axial das amostras com nó.

Através dos resultados anuais médios de retração obtidos, observou-se que o fenômeno da retração diminui à medida que o colmo envelhece, portanto existe uma tendência de que um colmo mais velho sofra menor retração durante o processo de secagem do mesmo.

4.4. Estabilidade dimensional - Inchamento

O inchamento foi medido nas direções radial "R", tangencial "T" e axial "A". Estes valores são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Valores médios de inchamento.

Inchamento (%)													
			A1	A2	A3	**A**	B1	B2	B3	**B**	C1	C2	C3	**C**
1997 5,5 anos	Sem Nó	R	2	5	4	**4**	2	5	3	**3**	4	5	5	**5**
		T	8	6	4	**6**	3	4	4	**4**	4	4	4	**4**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	4	1	2	**2**	2	2	9	**4**	2	0	2	**1**
		T	6	4	5	**5**	4	4	4	**4**	5	5	6	**5**
		A	0	-1	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
1998 4,5 anos	Sem Nó	R	9	8	5	**7**	7	6	7	**7**	7	9	7	**8**
		T	6	7	6	**6**	6	6	6	**6**	6	7	7	**7**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	5	3	4	**4**	5	2	6	**4**	5	7	5	**6**
		T	7	6	5	**6**	6	6	6	**6**	7	5	7	**6**
		A	2	0	0	**1**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
1999 3,5 anos	Sem Nó	R	1	3	7	**4**	4	6	6	**5**	3	6	6	**5**
		T	12	5	8	**8**	7	9	10	**9**	6	6	8	**7**
		A	0	0	0	**0**	1	0	0	**0**	1	1	0	**1**
	Com Nó	R	5	3	6	**5**	4	6	5	**5**	3	2	5	**3**
		T	5	5	7	**6**	7	9	10	**9**	7	5	8	**7**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	-2	1	0	**0**
2000 2,5 anos	Sem Nó	R	4	7	5	**5**	4	3	8	**5**	8	6	8	**7**
		T	7	6	7	**6**	6	8	7	**7**	7	7	5	**6**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	4	3	3	**3**	4	2	1	**2**	2	2	3	**2**
		T	5	5	4	**5**	6	5	7	**6**	6	6	6	**6**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
2001 1,5 anos	Sem Nó	R	7	9	11	**9**	9	7	9	**8**	9	9	8	**9**
		T	6	10	10	**9**	10	9	6	**8**	7	9	8	**8**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**
	Com Nó	R	3	3	3	**3**	2	3	0	**2**	4	3	4	**4**
		T	6	6	7	**6**	7	7	8	**7**	8	8	8	**8**
		A	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**	0	0	0	**0**

unesp

As Figuras 4.20 a 4.24 apresentam as variações das partes A, B e C, dos anos de 1997 a 2001.

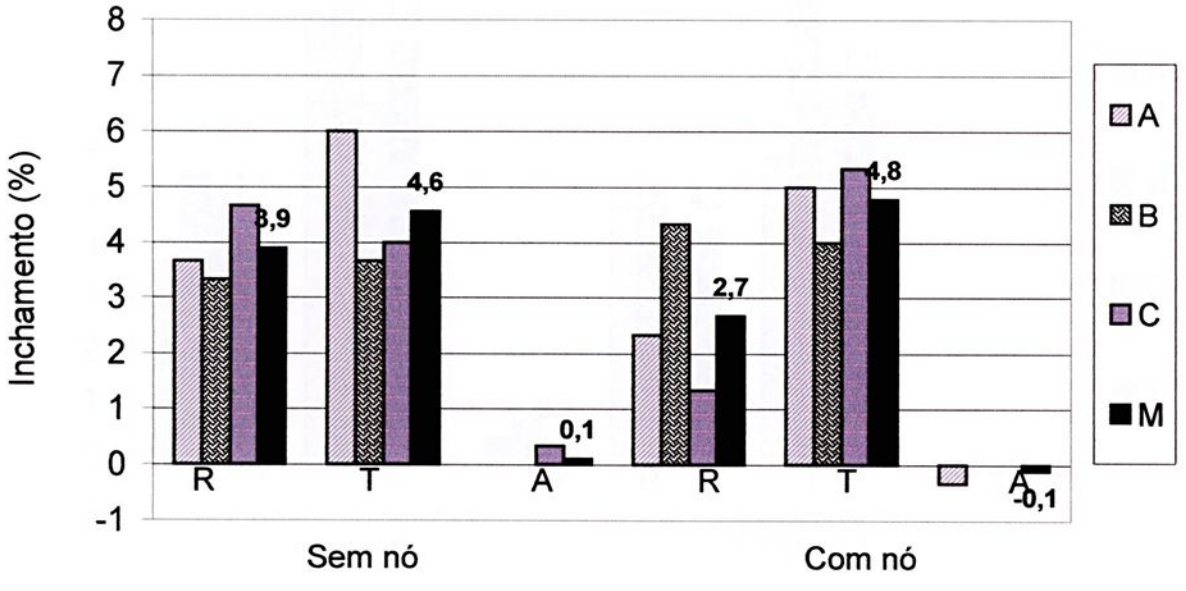


Figura 4.20 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 1997.

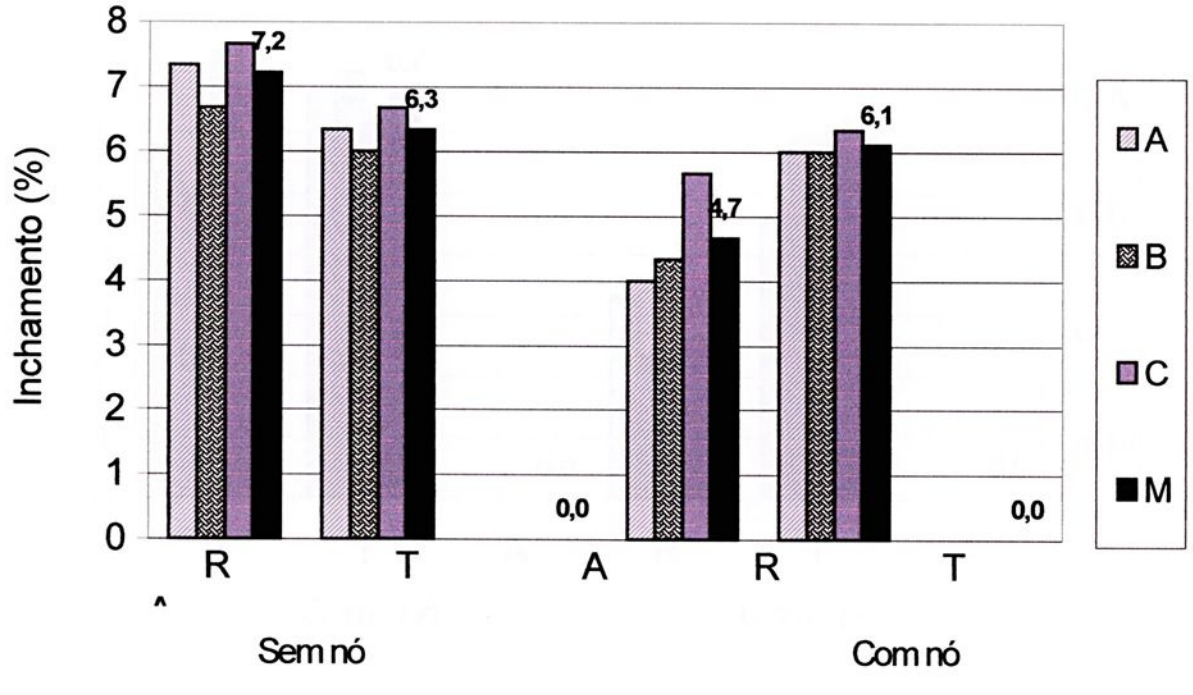


Figura 4.21 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 1998.

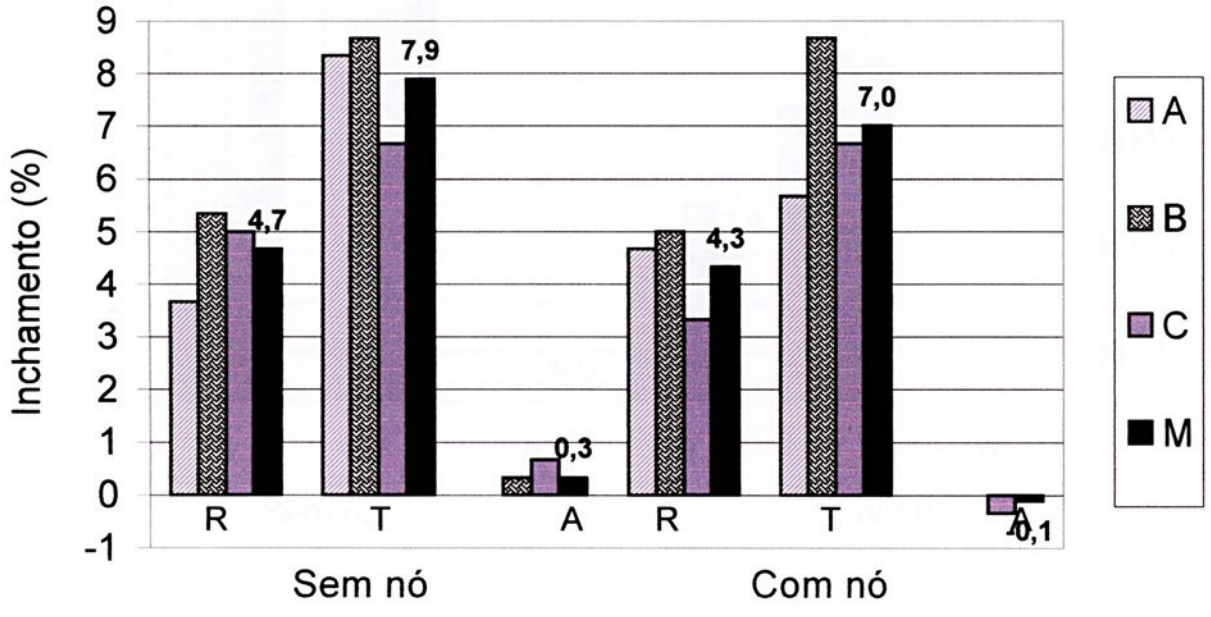


Figura 4.22 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 1999.

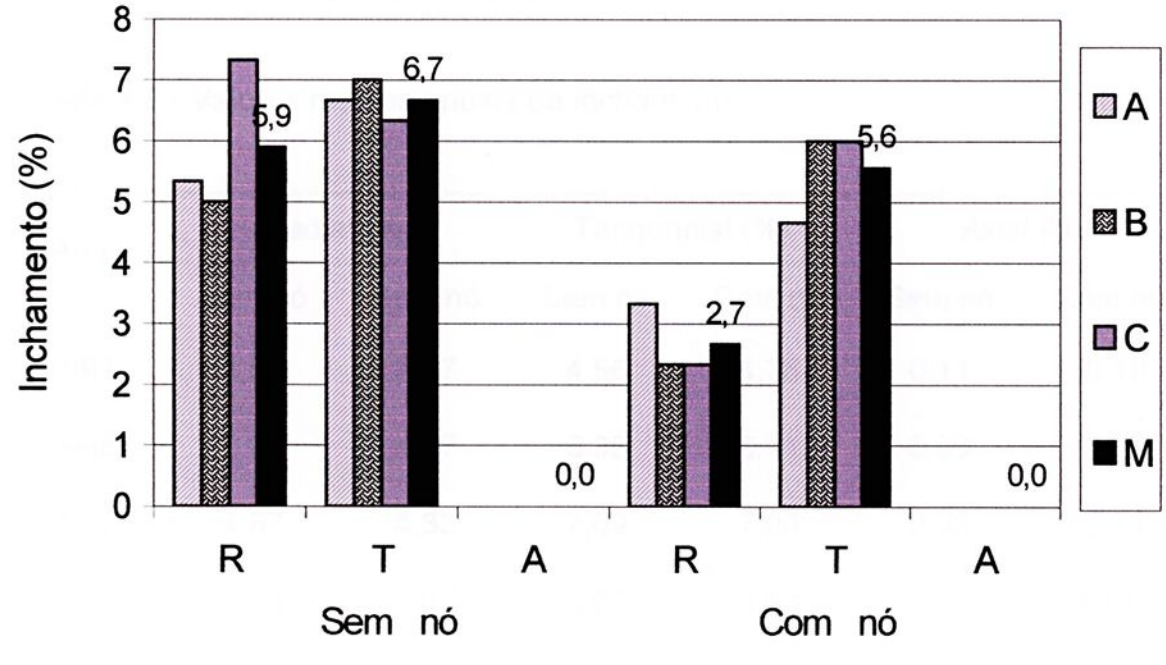


Figura 4.23 – Inchamentos médios ocorridos nas amostras do colmo de 2000.

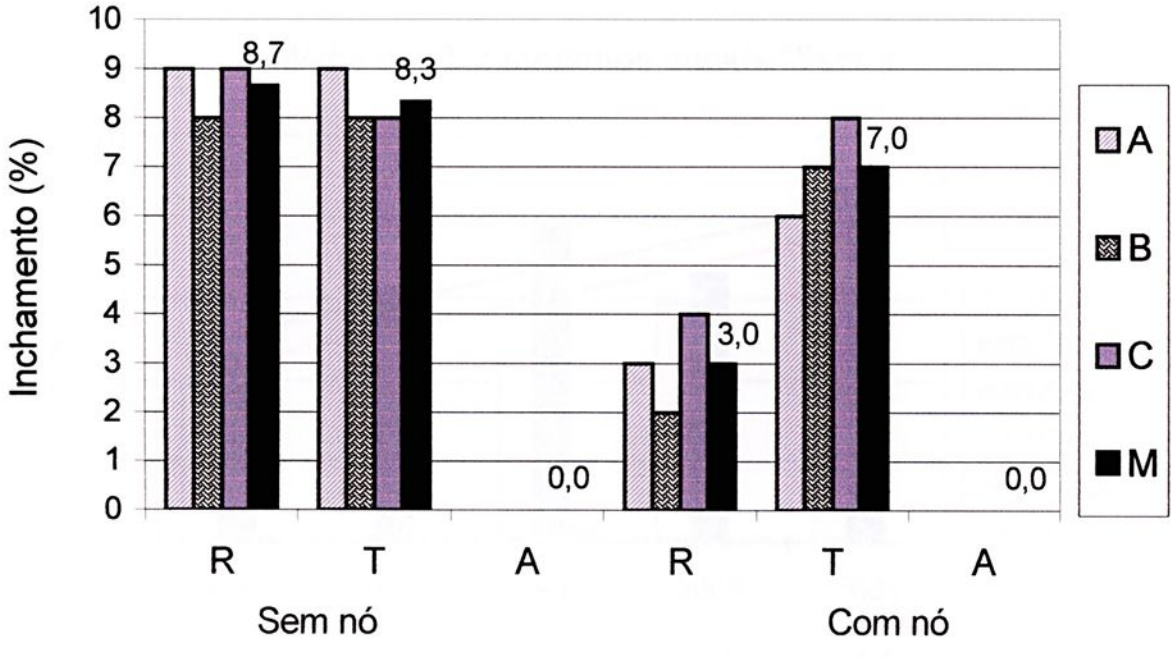


Figura 4.24 – Inchamento médios ocorridos nas nas amostras do colmo de 2001.

A Tabela 4.8 e as Figura 4.25 e 4.26 apresentam os valores médios anuais globais de inchamento ocorridos nos ensaios.

Tabela 4.8 - Valores médios anuais de inchamento.

Ano	Radial (%)		Tangencial (%)		Axial (%)	
	Sem nó	Com nó	Sem nó	Com nó	Sem nó	Com nó
1997	3,89	2,67	4,56	4,78	0,11	-0,10
1998	7,22	4,67	6,33	6,11	0,00	0,00
1999	4,67	4,33	7,89	7,00	0,33	-0,11
2000	5,89	2,67	6,67	5,56	0,00	0,00
2001	8,67	2,78	8,33	7,22	0,00	0,00

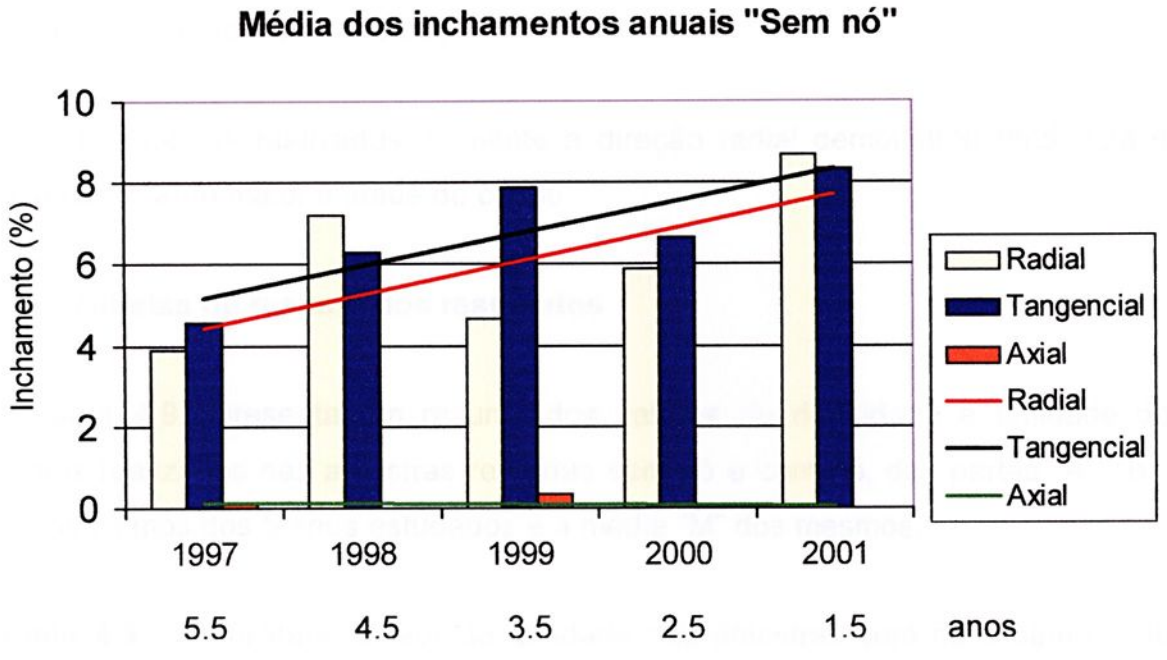


Figura 4.25 - Inchamentos médios anuais nas direções, radial, tangencial e axial das amostras retiradas sem nó.

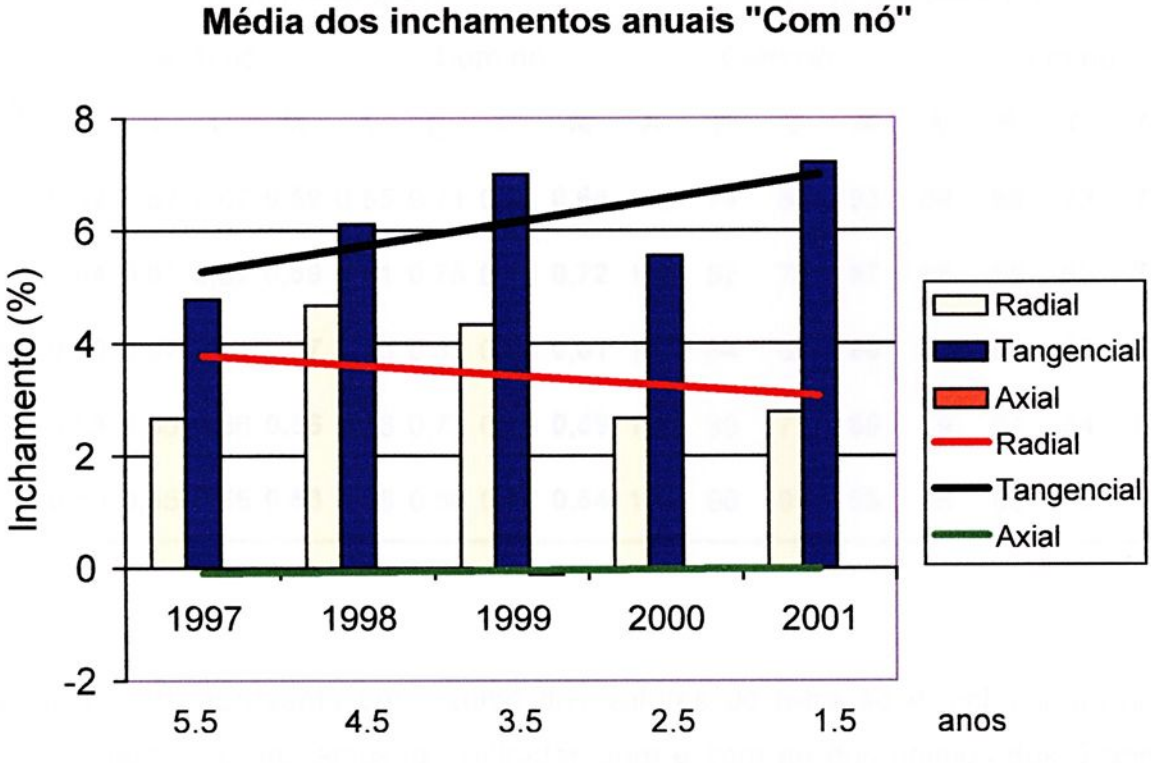


Figura 4.26 – Inchamentos médios anuais nas direções, radial, tangencial e axial das amostras retiradas com nó.

Dos resultados observou-se que, para as amostras sem nó, o inchamento diminui com o aumento da idade dos colmos

Dos experimentos realizados, somente a direção radial demonstrou tendência de aumentar quanto maior a idade do colmo.

4.5. Tabelas de resumo dos resultados

A Tabela 4.9 apresenta um resumo dos valores de densidade e umidade dos ensaios realizados nas amostras retiradas sem nó e com nó, das partes "A", "B" e "C" dos colmos dos 5 anos estudados e a média "M" dos mesmos.

Tabela 4.9 – Densidade e teor de umidade das amostras com nó e sem nó dos colmos referentes aos anos de 1997 a 2001.

	Densidade g/cm^3								Teor de Umidade (%)							
	Sem nó				Com nó				Com nó				Com nó			
Idade (anos)	A	B	C	**M**	A	B	C	**M**	A	B	C	**M**	A	B	C	**M**
5,5	0,52	0,62	0,62	**0,59**	0,55	0,71	0,72	**0,66**	118	74	88	**93**	89	59	72	**73**
4,5	0,54	0,61	0,62	**0,59**	0,61	0,75	0,78	**0,72**	103	82	76	**87**	88	58	63	**70**
3,5	0,50	0,57	0,63	**0,57**	0,55	0,63	0,64	**0,61**	107	84	67	**86**	100	69	55	**75**
2,5	0,53	0,55	0,60	**0,56**	0,63	0,72	0,73	**0,69**	101	89	77	**89**	79	64	54	**66**
1,5	0,50	0,55	0,55	**0,53**	0,58	0,66	0,67	**0,64**	108	96	91	**98**	88	69	65	**74**

A Tabela 4.10, apresenta um resumo dos valores de retração e inchamento dos ensaios realizados nas amostras retiradas sem e com nó dos colmos dos 5 anos estudados.

Tabela 4.10 – Valores de retração e inchamento nas direções radial, tangencial e axial das amostras com nó e sem nó dos anos de 1997 a 2001.

Estabilidade Dimensional												
	Retração (%)						Inchamento (%)					
	Sem nó			Com nó			Sem nó			Com nó		
Idade (anos)	R	T	A	R	T	A	R	T	A	R	T	A
5,5	7,11	6,11	0,00	1,56	4,67	-0,10	3,89	4,56	0,11	2,67	4,78	-0,11
4,5	10,56	9,22	0,00	4,89	7,33	0,22	7,22	6,30	0,00	4,67	6,11	0,00
3,5	10,89	11,78	0,00	5,67	7,78	1,44	4,67	7,89	0,33	4,33	7,00	-0,11
2,5	10,00	8,78	0,00	4,22	6,56	0,00	5,89	6,67	0,00	2,67	5,56	0,00
1,5	11,44	11,00	0,11	3,78	8,78	0,00	8,67	8,33	0,00	2,78	7,22	0,00

5. CONCLUSÃO

Densidade básica:

Os resultados apresentaram maiores valores de densidade quanto maior a altura da localização das amostras no colmo, confirmando os resultados citados por Tomazello e Azzini (1987).

Para todas as idades do colmo investigadas, as amostras com nó apresentaram maior densidade que as sem nó, confirmando as características da anatomia do nó estudadas por Liese (1998).

Da análise da densidade, em relação à idade do colmo, pôde-se confirmar maior densidade quanto maior a idade do colmo, com valores médios anuais idênticos para os anos de 1997 e 1998, o que muito provavelmente pode ser um indicativo de estabilização.

A faixa de variação da densidade para todas as amostras apresentou-se entre 0,53 g/cm^3 a 0,59 g/cm^3 para amostras sem nó e 0,61 g/cm^3 a o,72 g/cm^3 para amostras com nó, compreendidas entre a variação de 0,50 g/cm^3 a 0,80 - 0,90 g/cm^3 citada por Liese (1998).

Teor de Umidade:

Em concordância com as investigações do CNBRC (2001), os resultados confirmaram um decréscimo gradual do teor de umidade quanto maior a altura da localização das amostras no colmo.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Quanto à idade do colmo, o teor de umidade das amostras apresentou pequena variação, entre 87% a 98% para amostras sem nó, 66% a 75% para amostras com nó e foi sempre menor para as amostras com nó para todos os anos investigados.

Estabilidade dimensional – Retração e Inchamento:

Os resultados mostram que houve tendência de ocorrer maior retração quanto menor a altura da localização das amostras no colmo confirmando Sattar et al (1991), que concluíram que as maiores retrações ocorrem na parte basal, coincidentes com o maior teor de umidade do colmo.

Em relação à idade, a retração ocorre em menor intensidade nos colmos mais velhos, tanto para amostras sem nó, quanto para as com nó.

Verifica-se que, para amostras sem nó, a retração tangencial considerada maior pela literatura não apresentou diferenças significativas se comparada à retração radial. Para as amostras com nó, as retrações em todas as direções foram menores se comparadas com as sem nó, e a retração tangencial foi maior para todos os anos investigados.

Para as amostras sem nó, os valores de retração ficaram compreendidos entre 7,11% a 11,44% na direção radial e 6,11% a 11,78% na direção tangencial. Para as amostras com nó, entre 1,56% a 5,67% na direção radial e entre 4,67% a 8,78% na direção tangencial. Esses valores são próximos dos apresentados por Beraldo, Azzini e Zullo (1989).

A retração axial se apresentou inexpressiva ou nula para todas as situações.

Com o aumento da idade do colmo, a partir dos 3,5 anos, observou-se uma redução gradual e acentuada tanto da retração como do inchamento para amostras sem nó e com nó.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

Quanto à localização das amostras no colmo, os resultados de inchamento apresentaram variações diversas que impossibilitaram qualquer conclusão.

Para as amostras sem nó, os valores de inchamento ficaram compreendidos entre 3,89% a 8,67% na direção radial e entre 4,56% a 8,33% na direção tangencial. Para as amostras com nó, entre 2,67% a 4,33% na direção radial e entre 4,78% a 7,22% na direção tangencial.

Como sugestão para trabalho futuro, pode-se recomendar a experimentação com colmos mais velhos a fim de se verificar o período de estabilização da retração e inchamento, o qual não se pôde concluir no presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A INFLUÊNCIA do encolhimento e da densidade sobre a deformação e as rachaduras da madeira. **Revista da Madeira,** Porto Alegre, p.17. fev. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190 – **Projeto de estruturas de madeira**, Rio de Janeiro, p. 47–50, 1997.

AZZINI, A; CIARAMELLO, D; SALGADO, A. L. B. Velocidade de crescimento dos colmos de algumas espécies de bambu. In: **O Agronômico**, Campinas, v. 4, n. 3, p.199-200, 1989.

BAMBU brasileiro. Rio de Janeiro: [s.n.], 2000. Disponível em: http://www.bambubrasileiro.com. Acesso em: 2002, 2003.

BELCHER, M. B**. The Bamboo and Rattan Sectors in Asia: An Analysis of Production–to-Consumption Systems.** Nova Delhi: Multiplexus, 1999.

BERALDO, L.; AZZINI, A.; ZULLO, J. Características físicas, químicas e anatômicas de três espécies de bambu gigantes. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. 6.,1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBRAMEM, 1998. v. 4, p. 297-306.

CNBRC - CHINA NATIONAL BAMBOO RESEARCH CENTER - **Cultivation & Integrated Utilization on Bamboo.** Hangzhou: CNBRC, 2001.

CROUZET, Y; JEURY, M. **Des bambous dans tous les jardins**. Paris: Dargaud Editeur, Mai, 1988.

CONANT, E. The bamboo option. **Newsweek**. Rio de Janeiro, p. 39, set. 2002.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 4. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher Ltda, 1984.

DUNKELBERG, K. **Bamboo as a Building Material**. Stuttgart: University of Stuttgart, 1985.

ESPILOY, Z. B. Effect of age on the physic-mechanical properties of Philippine Bamboo. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP ON BAMBOO IN ASIA AND THE PACIFIC, 4., 1991, Chiangmai. **Proceedings...** Chiagmai: [s.n.], 1994. p.180.

FARRELLY, D. **The book of bamboo.** São Francisco: Sierra Club books, 1984.

GHAVAMI, K.; SOLÓRZANO, I. G. **Estudos preliminares da microestrutura do bambu *Dendrocalamus giganteus*.** São Carlos: Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica – DEMa, UFSCar, 1994.

GNANAHARAN, R. Physical and strength properties of *Dendrocalamus strictus* growing in Kerela, Índia. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP ON BAMBOO IN ASIA AND THE PACIFIC, 4., 1991, Chiangmai. **Proceedings...** Chiagmai : [s.n.], 1994. p. 188.

GODBOLE, V. S.; LAKKAD, S.C. Effect of water absorption on the mechanical properties of bamboo. **Journal of Materials Science Letters,** [S.l.], n.5, p.303-304, 1986.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da Madeira**. Bauru: Document Center Xerox – USC, 2000.

HSIEH, J. S.; WU, S. C. The ultrastructure of Taiwan Giant bamboo and Moso bamboo. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP ON BAMBOO IN ASIA AND THE PACIFIC, 4., 1991, Chiangmai. **Proceedings...** Chiagmai: [s.n.], 1994. p. 203.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18

IPMet - Instituto de Pesquisas Meteorológicas - Estação Meteorológica. **Precipitação acumulada mensal dos anos de 1996 a 2002**. Bauru: [s.n.], 2003.

ITAPAGÉ S.A – Celulose, Papéis e Artefatos. **A Fábrica**. Disponível em: <http://www.itapagé.com/htm> Acesso em: 26 abr. 2002.

JANSSEN, J. J. A. **Building with bamboo**. London: Intermediate Technology Publications, 1988.

JANSSEN, J. J. A. **Designing and building with bamboo.** Beijing: International Network for Bamboo and Rattan – INBAR, 2000.

KOGA, R. C. **Análise da resistência à abrasão de painéis de madeira serrada e bambu laminado colado como elementos de piso em edificações.** 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UNESP - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2000.

LaMEM – Laboratório de madeiras e de estruturas de madeira. **Madeira – determinação de suas características**. São Carlos: LaMEM, 1998.

LEE, A. W. C; BAI, X.; PERALTA, P. N. Select physical and mechanical properties of giant timber bamboo grow in South Carolina. **Forest Products Journal**, South Carolina, v.44, n.9, p. 40-46, 1994.

LIESE, W. **Bamboos – Biology, sivics, properties, utilization.** Eschbor: GTZ, 1985.

LIESE, W. **The anatomy of Bamboo Culms.** Beijing: International Network for Bamboo and Rattan, 1998.

LOPEZ, O. H. **Bambu-su cultivo y aplicaciones en: fabricacion de papel, construcción, arquitectura, ingenieria, artesania**. Cali: Estúdios Técnicos Colombianos Ltda, 1974.

NAKAGAITO, A. N. **Bambu – Estudo de fabricação de chapas.** 20 f. Trabalho de disciplina (Mestrado). Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

PEREIRA, M. A. R. **Viabilidade da utilização do bambu para fins de irrigação – Aspectos técnicos**, 1992. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 1992.

PEREIRA, M. A. R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (Dendrocalamus giganteus)**, 1997. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 1997.

PEREIRA, M. A. R. **Bambu – Espécies, características e aplicações**. Bauru: [s.n.], 2001.

PEREIRA, M. A. R.; GARBINO, L.V. Projeto Bambu : Desenvolvimento do Bambu Gigante (D.giganteus) na Unesp - Campus de Bauru - S.P. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 2002, Salvador. **Anais...**em CD ROM, 2002.

PRAWIROHATMODJO, S. Comparative strengths of green and air-dry bamboo. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP, 1998, Cochin. **Proceedings...** Índia: The Kerela Forest Institute, 1998. p. 218-222.

RAO, A. N. Further research needed to improve bamboo in south and south east Asia. In: BAMBOO AND ITS USE - INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL USE OF BAMBOO, 1992, Beijing. **Proceedings...**Beijing: International Tropical Timber Organization; Chinese Academy of Forestry, 1992. p. 03-09.

REZENDE, M. A.; ESCOBETO, J. F.; FERRAZ, E. S. B. **Retração volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade.** Piracicaba: IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo, 1988.v.39, p.33–40.

SASTRY, C. B. **Timber for the 21st Century**. [S.I.], INBAR, 1999. Disponível em: <http:// www.inbar.org.cn/Timber.asp.> Acesso em: 30 nov. 1999.

SATTAR, M. A.; KABIR, M.F.; BHATTACHARJEE. Effect of age height position of Muli (*Melocanna baccifera*) and Borak (*Bambusa balcooa*) bamboo on their physical and mechanical properties. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP ON BAMBOO IN ASIA AND THE PACIFIC, 4., 1991, Chiangmai. **Proceedings...** Chiagmai: [s.n.], 1994. p. 183-187.

SOEPRAYITNO, T.; TOBING, T. L.; WIDJAJA, E. A. Why the Sudanese of West Java prefer slope-inhabiting *Gigantochloa pseudoarundinacea* to those growing in the valley. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP, 1998, Cochin. **Proceedings...** Índia: The Kerela Forest Institute, 1998. p. 215-217.

TOMAZELLO, M. F., AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris*. São Paulo: **IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1987, n.36, p. 43 –50.

USOS alternativos do bambu. **Technologia.** [S.I.]: Revista Ciência Hoje, 1996. Disponível em: < http://www. ciencia.org.br/tech/bib/116a-1.htm>. Acesso em: 08 ago.1997, 21:38:32.

ZHOU, F.C. **Selected works of bamboo research by Zhou Fang-Chun – Chapter XIII – Physical Properties of Bamboo-wood**. Nanjing: The Bamboo Research Editorial Committee; Nanjing Forestry University, 2000. p. 108-118.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. São Paulo: Siciliano, 1995. v. 2.

ANEXO I

NÚMERO DE AMOSTRAS UTILIZADAS

Com o objetivo de se dimensionar possíveis tamanhos de amostras, necessárias para as estimativas da variação das medidas nas direções Radial, Tangencial e Axial, satisfazendo condições mínimas de precisão e confiança, considerou-se dados de uma amostragem preliminar (estudo piloto).

Para essa amostragem, utilizou-se um colmo de bambu processado de acordo com a metodologia descrita no trabalho, obtendo-se 15 observações. Para cada observação, foram realizadas 3 medidas de espessura verde (Mev) e da correspondente espessura seca (Mes) nas 3 direções preferenciais. Para o estudo estatístico, utilizou-se somente os valores obtidos na direção radial, determinando-se a diferença percentual entre elas, conforme Tabela I.1.

Tabela I.1 – Valores de Mev, Mes e R-Radial (Dif/Mev)

Observações	Mev (mm)	Mes (mm)	Diferença	Dif/Mev (R-Radial)
1	7,47	6,12	1,35	0,181
2	6,86	5,93	0,93	0,136
3	6,82	6,06	0,76	0,111
4	6,74	6,16	0,58	0,086
5	6,77	6,04	0,73	0,108
6	**7,23**	**5,68**	**1,55**	**0,214**
7	6,87	6,18	0,69	0,100
8	6,85	6,22	0,63	0,092
9	6,98	6,21	0,77	0,110
10	7,01	6,17	0,84	0,120
11	6,9	6,24	0,66	0,096
12	6,85	6,22	0,63	0,092
13	6,9	5,99	0,91	0,132
14	6,79	6,31	0,48	0,071
15	6,91	5,97	0,94	0,136

unesp

Como para o dimensionamento da amostra mínima necessária, a informação sobre a dispersão dos dados é fundamental, considerou-se várias estimativas do desvio padrão da direção radial. Como primeira amostra piloto, considerou-se a série de 15 observações apresentadas na Tabela I.1, que forneceu desvio padrão de **0,0375**. Outra estimativa foi obtida sem considerar a observação (amostra) 6 (0,214) por ser uma observação extrema "outliers" não sendo típica do restante da massa de dados (Werkema, 1996). Nessa amostra piloto de 14 valores, o desvio padrão foi de **0,0276**. Em vista de a literatura apresentar trabalhos utilizando amostras com 4 repetições, foram selecionadas, também, amostras aleatórias pilotos com 4 valores (amostras de A a K), e uma intencional (L) de maior dispersão, simulando possíveis situações experimentais. A observação 6, com R-radial de 0,214, também não foi considerada nesta fase da análise. Para cada amostra, foram calculados a média e respectivo desvio padrão, conforme mostra a Tabela I.2.

Tabela I.2 – Médias e correspondentes desvios padrão de percentuais R-radial para cada amostra piloto selecionada.

Amostra	Média	Desvio padrão
A	0,093	0,021
B	0,124	0,013
C	0,105	0,021
D	0,085	0,010
E	0,108	0,021
F	0,096	0,020
G	0,104	0,022
H	0,122	0,012
I	0,109	**0,026**
J	0,105	0,022
K	0,117	0,024
L*	0,125	0,043

*Amostra intencional

unesp

De acordo com Costa Neto (1987), a determinação do tamanho mínimo de uma amostra depende da margem de erro (e), do nível de confiança (1- α) e do grau de dispersão. Quando se utiliza amostra piloto para estimação do desvio padrão (σ), o tamanho da amostra (n) necessária é dado por:

$$n = \left(t\frac{s}{e}\right)^2$$

onde t é um valor da distribuição "t" de Student dado em função do nível de confiança e do tamanho da amostra piloto, "s" é desvio padrão da amostra piloto e "e" a margem de erro considerada. Se fosse conhecida uma limitação superior para o desvio padrão (σ), poder-se-ia utilizar a distribuição Normal de probabilidades (z) e, nesse caso:

$$n = \left(z\frac{s}{e}\right)^2$$

Para margens de erro de 0,02, 0,03, 0,04, 0,05 (R-Radial) e desvios padrão das amostras piloto, as tabelas I.3 e I.4 mostram os tamanhos mínimos de amostras considerando níveis de confiança de 90% e 95%

Tabela I.3 – Valores de "n" para combinações de margens de erro, desvios padrão e nível de confiança de 95%.

Desvios Padrão*	0,02	0,03	0,04	0,05
0,043 (4)	19	8	5	3
0,037 (15)	16	7	4	3
0,028 (14)	10	5	3	2
0,024 (4)	10	5	3	2
0,013 (4)	3	2	1	1

* Desvio padrão seguido do tamanho da amostra piloto

Tabela I.4 – Valores de "n" para combinações de margens de erro e desvios padrão e nível de confiança de 90%.

Desvios Padrão*	0,02	0,03	0,04	0,05
0,043 (4)	13	6	4	2
0,037 (15)	11	5	3	3
0,028 (14)	7	3	2	1
0,024 (4)	7	3	2	1
0,013 (4)	2	1	1	1

* Desvio padrão seguido do tamanho da amostra piloto

A estimativa de 0,043 para o desvio padrão foi tomada intencionalmente, porém representa uma situação com pequena probabilidade de ocorrência. Também a estimativa 0,037 ocorreu em função de uma observação extrema (Tab. I.1, obs.6) em relação às demais observações. No conjunto de amostras aleatórias, o maior desvio padrão encontrado foi **0,026**.

Portanto, se o pesquisador desejar uma estimativa do R-Radial (diferença percentual entre as amostras), diferindo em no máximo 0,02 do verdadeiro valor, com 95% de confiança, ele deve trabalhar com amostras contendo no mínimo 10 elementos.

Em vista do exposto, para este trabalho foram consideradas amostras com 4 elementos para o internó e amostras com 2 elementos com nó, o que satisfaz os resultados obtidos estatisticamente para uma margem de erro de 0,05 com 95% de confiança.

Levando-se em consideração que para este trabalho cada parte pesquisada (inferior, intermediária e superior) foi subdividida em 3 partes, e consideradas para cada subdivisão amostras com 4 elementos para o internó e amostras com 2 elementos com nó, perfazendo 12 e 6 amostras, respectivamente, no total de cada parte pesquisada, o

tamanho da amostragem satisfaz os resultados obtidos, estatisticamente, para uma margem de erro de 0,02 com 95% de confiança.

Reiteramos, ainda, que devido a observações do comportamento das amostras elevou-se o número de medidas para cada direção preferencial.

ANEXO II

Os colmos analisados foram abatidos no período de agosto (meados) a setembro de 2002. Foram coletados dados na Estação Meteorológica do Instituto de Pesquisas Meteorológicas – IPMet, que pertence ao Campus da Unesp de Bauru. A Tabela II.1, apresenta a precipitação acumulada mensal de 1996 a 2002.

Tabela II.1 – Precipitação acumulada mensal (IPMet, 2002)

Mês \ Ano	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Soma
Jan.	213,8	475,3	112,2	352,6	173,8	368,3	352,9	2048,9
Fev.	141,2	249,2	352,0	276,9	336,3	230,4	191,9	1777,9
Mar.	218,3	66,7	183,4	109,2	76,6	120,6	68,8	843,6
Abr.	74,0	78,1	71,3	128,6	10,9	13,2	13,4	389,5
Mai.	90,7	161,5	73,5	66,0	0,0	97,7	97,1	586,5
Jun.	26,1	195,1	21,5	98,2	18,7	52,3	0,0	411,9
Jul.	1,6	29,0	12,5	6,9	54,3	42,3	32,1	178,7
Ago.	**22,5**	**6,4**	**72,5**	**0,0**	**36,7**	**51,2**	**55,4**	**244,7**
Set.	**155,8**	**54,3**	**168**	**70,5**	**94,4**	**35,6**	**49,2**	**627,8**
Out.	109,3	188,6	211,3	62,9	120,6	151,4	34,8	878,9
Nov.	220,5	270,8	43,5	60,5	157,3	151,0	261,9	1165,5
Dez.	213,6	128,8	250,3	205,3	173,3	321,1	190,0	1482,4



ANEXO III

Planilha utilizada para coleta de dados de medição.

A1/97	MEDIDAS													
AMOSTRAS NO ESTADO VERDE														
	Espessura						Largura						Comprimento	
1	5,11	5,86	5,49	5,25	5,83	5,47	19,45	19,18	18,97	19,60	19,63	19,65	51,67	51,96
2	5,49	5,60	5,49	5,30	5,60	5,37	19,72	19,93	19,30	20,06	20,41	19,86	51,52	51,69
3	5,43	5,64	5,69	5,10	5,49	5,31	19,98	19,84	19,87	19,88	19,79	19,80	52,23	52,03
4	5,23	5,89	5,49	5,04	5,77	5,30	19,19	19,54	19,36	19,54	19,77	19,69	51,30	51,70
5	5,58	5,58	5,61	5,54	5,66	5,51	19,61	20,49	19,54	19,66	20,55	19,86	51,92	52,02
6	5,87	5,96	5,70	5,35	5,86	5,65	19,11	19,87	19,08	19,31	19,19	19,36	52,49	52,46

AMOSTRAS NO ESTADO VERDE														
	Espessura						Largura						Comprimento	
1	5,11	5,86	5,49	5,25	5,83	5,47	19,45	19,18	18,97	19,60	19,63	19,65	51,67	51,96
2	5,49	5,60	5,49	5,30	5,60	5,37	19,72	19,93	19,30	20,06	20,41	19,86	51,52	51,69
3	5,43	5,64	5,69	5,10	5,49	5,31	19,98	19,84	19,87	19,88	19,79	19,80	52,23	52,03
4	5,23	5,89	5,49	5,04	5,77	5,30	19,19	19,54	19,36	19,54	19,77	19,69	51,30	51,70
5	5,58	5,58	5,61	5,54	5,66	5,51	19,61	20,49	19,54	19,66	20,55	19,86	51,92	52,02
6	5,87	5,96	5,70	5,35	5,86	5,65	19,11	19,87	19,08	19,31	19,19	19,36	52,49	52,46

AMOSTRAS NO ESTADO VERDE														
	Espessura						Largura						Comprimento	
1	5,11	5,86	5,49	5,25	5,83	5,47	19,45	19,18	18,97	19,60	19,63	19,65	51,67	51,96
2	5,49	5,60	5,49	5,30	5,60	5,37	19,72	19,93	19,30	20,06	20,41	19,86	51,52	51,69
3	5,43	5,64	5,69	5,10	5,49	5,31	19,98	19,84	19,87	19,88	19,79	19,80	52,23	52,03
4	5,23	5,89	5,49	5,04	5,77	5,30	19,19	19,54	19,36	19,54	19,77	19,69	51,30	51,70
5	5,58	5,58	5,61	5,54	5,66	5,51	19,61	20,49	19,54	19,66	20,55	19,86	51,92	52,02
6	5,87	5,96	5,70	5,35	5,86	5,65	19,11	19,87	19,08	19,31	19,19	19,36	52,49	52,46

Planilha de cálculo dos dados de medição.

RESULTADOS – Retração, Inchamento, Densidade e Umidade								
SATURADO VERDE								
Média dimensões saturadas			Média dimensões seca			RETRAÇÃO		
Esat.	Lsat.	Csat.	Eseca	Lseca	Cseca	R	T	A
5,5	19,4	51,8	5,1	17,3	51,9	7%	11%	0%
5,4	19,8	51,6	4,8	17,4	51,9	11%	12%	-1%
5,4	19,8	52,1	4,9	17,8	52,2	9%	10%	0%
5,4	19,5	51,5	5,0	17,9	51,6	7%	8%	0%
						9%	10%	0%
5,5	19,9	51,9	5,3	18,4	52,0	4%	8%	0%
5,7	19,3	52,4	5,5	18,4	52,5	4%	5%	0%
						4%	6%	0%

AMBIENTE SATURADO								
Média dimensões seca			Média dimensões saturadas			INCHAMENTO		
Eseca	Lseca	Cseca	Esat.	Lsat.	Csat.	R	T	A
5,1	17,3	51,9	5,2	18,7	51,7	2%	8%	0%
4,8	17,4	51,9	5,0	18,9	51,7	4%	9%	0%
4,9	17,8	52,2	4,8	19,1	52,1	-2%	7%	0%
5,0	17,9	51,6	5,1	19,0	51,6	2%	6%	0%
						2%	8%	0%
5,3	18,4	52,0	5,5	19,6	51,9	4%	7%	0%
5,5	18,4	52,5	5,7	19,3	52,3	4%	5%	0%
						4%	6%	0%

DENSIDADE				TEOR DE UMIDADE	
IT.	Massa Seca (g)	Volume (cm^3)	Densidade ρ (g/cm^3)	Massa saturada verde (g)	Teor de umidade na base seca (%)
A1/1-97	2,60	5,53	0,47	5,94	128%
A1/2-97	2,69	5,52	0,49	6,01	123%
A1/3-97	2,62	5,57	0,47	5,96	127%
A1/4-97	2,74	5,42	0,51	5,81	112%
			0,48		123%
A1/5-97	3,11	5,68	0,55	6,24	101%
A1/6-97	2,73	5,76	0,47	6,14	125%
			0,51		113%



0810001169



cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 11 12 13 14 15 16 17 18