

FABIANO OSTAPIV

**RESISTÊNCIA MECÂNICA DO MATERIAL COMPÓSITO: MADEIRA  
DE EUCALIPTO-LÂMINA DE BAMBU**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia  
de Guaratinguetá - FEG, Universidade  
Estadual Paulista - UNESP, para a obtenção  
do título de Doutor em Engenharia Mecânica  
na área de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Guaratinguetá  
2011

Ostapiv, Fabiano  
O851r Resistência mecânica do material compósito: madeira de eucalipto-  
lâmina de bambu / Fabiano Ostapiv - Guaratinguetá : [s.n.], 2011.  
148 f. : il.  
Bibliografia: f. 106-128

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Engenharia de Guaratinguetá, 2011.  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

1. Madeira 2. Bambu 3. I. Título


CDU 674.02(043)

FABIANO OSTAPIV

ESTÁ TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
"DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA"


PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA: MATERIAIS


APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

  
Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. MARCOS TADEU TIBÚRCIO GONÇALVES  
Orientador / Unesp-Baurão

  
Prof. Dr. MANOEL CLÉBER DE SAMPAIO ALVES  
Unesp-Feg

  
Prof. Dr. MARCOS VALÉRIO RIBEIRO  
Unesp-Feg

  
Prof. Dr. EDUARDO MAURO DO NASCIMENTO  
UTBR

  
Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI  
Unesp-Baurão

Junho de 2017

## **DADOS CURRICULARES**

### **FABIANO OSTAPIV**

NASCIMENTO	26.07.1971 – Prudentópolis / PR
FILIAÇÃO	Nestor Ostapiv Sueli Terezinha Polli Ostapiv
1990/ 1995	Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Federal do Paraná - UFPR
2000/2001	Especialização em: Motores e Combustíveis. Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR.
2006/ 2007	Especialização em: Bamboo Training for Development Countries – China National Bamboo Research Center – CBRC. Hangzhou.
2004/ 2007	Mestrado, Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Materiais – PPGEM - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.
2007/ 2011	Doutorado, Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG – Universidade Estadual Paulista UNESP.
1996/ 2011	Professor do ensino tecnológico no Departamento de Mecânica da UTFPR – Campus Curitiba.
2011...	Professor do ensino tecnológico no Departamento de Mecânica da UTFPR – Campus Pato Branco. <a href="mailto:fabianoostapiv@utfpr.edu.br">fabianoostapiv@utfpr.edu.br</a>

## DEDICATÓRIA

...ao meu pai que recentemente abandonou o corpo,  
aos meus seis filhos, Gabriel Gouranga, Isabela Ananda, Lucas  
de Krishna, Helena Radharani, Yamuna Stella e Nicolai Govinda,  
à minha esposa Joana D'arc,  
e a meu mestre Purushatraya Swami.

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, e para além de tudo, a Suprema Personalidade de Deus com seus infinitos nomes, Krishna, Rama, Govinda, Gopala, Syamasundara e Nrisimhadeva. Balarama, Laksmana, Jaghanatha, Baladeva e Subadra. Vishnu, Narayana, Kapila, Paurusurama e Kalki. Buda, Javé, Jeová, Jhah e Allah. Madhava, Girigovardana, Madhusudana, Madhana, Mohana, Radharani, Sri Caitanya e Nityananda... ki jay!

A seus representantes, A.C. Bhaktivedanta Swami Prabhupada, Purushatraya Swami, Hara Kanta Prabhu e a todos os vaishnavas.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra possibilitaram que este trabalho pudesse ser realizado, em especial aos professores Marcos Tadeu, Celso Salamon, Márcia Araújo e Zhou F. Chung.

As instituições que deram suporte para que este trabalho pudesse se concretizar, em especial à UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, à Universidade Estadual Paulista particularmente à UNESP FEG e UNESP Itapeva e ao CBRC - China National Bamboo Research Center de Hangzhou na China, centro de pesquisas no qual pude conhecer o mundo do bambu na prática econômica do dia a dia.

*“Gostaríamos de saber que infinitas austeridades, penitências e atividades piedosas realizou o bambu em suas vidas passadas para poder desfrutar de tamanha misericórdia e viver eternamente em contato com os lábios da Suprema Personalidade de Deus, Sri Krishna, na forma desta flauta que tanto nos encanta”.*

Diálogo entre as Gopis a respeito da flauta de Krishna.

*Srimad Bhagavatam*

OSTAPIV, F.; **Resistência mecânica do material compósito: madeira de eucalipto-lâmina de bambu.** 2011. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

## RESUMO

Tanto o bambu como o eucalipto são importantes recursos florestais. As lâminas de bambu gigante, contínuas, largas e finas obtidas por processo de torneamento são um excelente material para revestir e reforçar madeira e painéis sarrafeados de eucalipto. Neste trabalho foram realizados ensaios de cisalhamento e tração normal na madeira de eucalipto de alta densidade com e sem o revestimento com lâminas de bambu. Foram produzidos painéis sarrafeados colados lateralmente (EGPs) de *Eucalyptus saligna* que foram ensaiados à flexão estática e a tração normal, segundo a norma NP EN 310, no sentido transversal do painel em que as ripas são coladas lateralmente. Verificou-se que as lâminas de bambu funcionaram como reforço mecânico para os casos de tração normal na madeira de eucalipto, mas que não houve reforço quando sujeita a esforços cisalhantes, independentemente da posição dos anéis de crescimento da madeira nas amostras. Neste caso as lâminas funcionaram apenas como revestimento. Verificou-se um comportamento frágil do painel sarrafeado de eucalipto durante sua ruptura a flexão no sentido transversal. Foram repetidos os ensaios para os painéis sarrafeados de eucalipto revestidos com lâminas de bambu gigante em dupla face. Verificou-se então um grande aumento na resistência mecânica à flexão estática no painel laminado. Com o reforço das lâminas houve uma mudança no comportamento do painel que deixou de romper de forma frágil passando a romper de modo dúctil, tornando o painel mais elástico e confiável ao uso. Além disso, foram estudadas as características de acabamento superficial das lâminas de bambu quando o material é submetido a processos de lixamento manual.

**Palavras chave:** Madeira revestida, lâminas de bambu, resistência mecânica, painel composto, acabamento superficial.

OSTAPIV, F.; **Mechanical strength of composite material: eucalyptus wood-bamboo veneer.** 148 p. Thesis (Doctorate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, FEG, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá, SP, 2011.

### ABSTRACT

Both bamboo and eucalyptus wood are important forest resources. The giant bamboo veneers continuous, wide and thin obtained by turning process are an excellent material for cover and reinforce the wood and laths edged glued panels (EGP) of *Eucalyptus saligna*. In this work was tested the eucalyptus wood of high density to shear and normal traction, then the eucalyptus wood was covered with layers of bamboo veneer and so repeated the same mechanic tests. Were produced panels EGP of eucalyptus that were tested for static bending, according to NP EN 310, in the direction that the laths are glued. It was found that bamboo veneers acted as mechanical reinforcement for the cases of normal traction in the eucalyptus wood, but there was no increase in eucalyptus wood subjected to shear efforts, regardless of the position of growth rings in wood samples. In this case the veneers functioned only as a coating. There was a fragile behavior of the panel EGP of eucalyptus during their break to shear efforts. The tests were repeated for the panels EGP coated with bamboo veneers on double-sided. There was then a large increase in mechanical resistance to bending of laminated panel. With the increase obtained was a change in behavior of the panel that failed through the fragile break so ductile rupture, making the panel more elastic and reliable to use. Furthermore were studied the characteristics of roughness of the surface of bamboo veneer when the material is subjected to manual sanding processes.

**Key words:** Covered wood, Bamboo veneer, mechanic resistance, composted panels, surface finish.

## LISTA DE FIGURAS

1. Figura 2.1: Floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia (OLIVEIRA, 2000).
2. Figura 2.2: Distribuição geográfica das espécies de bambu no mundo tropical, (LÓPEZ, 2003).
3. Figura 2.3: Grandes rachaduras em peças estruturais de eucalipto serrado.
4. Figura 2.4: Paralelismo dos feixes fibrovasculares na madeira de bambu e rachaduras longitudinais em colmo de bambu gigante.
5. Figura 2.5: Geometria e estrutura simplificada de um colmo (SALAMON, 2009).
6. Figura 2.6: Esquema de retirada das ripas de um colmo de bambu (MOIZÉS, 2007).
7. Figura 2.7: Distribuição dos feixes fibrovasculares na seção transversal de um colmo de bambu gigante.
8. Figura 2.8: Distribuição de diafragmas e nós em um colmo (LIESE, 1998).
9. Figura 2.9: Seção transversal de um colmo de bambu, com indicação esquemática de possíveis ripas ou lâminas a serem extraídas por serramento ou torneamento.
10. Figura 2.10: Laminados de ripas e tiras de bambu colados lateralmente e faqueados.
11. Figura 2.11: Lâminas obtidas por torneamento de colmos de bambu e painéis compensados de 3 camadas de lâminas.
12. Figura 2.12: Sarrafos de pinus reforçados com ripas de bambu gigante.
13. Figura 2.13: Painéis de madeira colada lateralmente com revestimento de lâminas.
14. Figura 2.14: Lâminas, lascas, ripas ou partículas: amostras de material empregado nos painéis de bambu.
15. Figura 2.15: Esquema de montagem de painéis com ripas de bambu coladas.
16. Figura 2.16: Painéis sarrafeados comerciais de pinus e experimentais de eucalipto e de bambu.

17. Figura 2.17: Painéis experimentais tipo EGP de pinus e tipo *Block board* de eucalipto, revestido com lâminas de bambu gigante.
18. Figura 2.18: Painéis experimentais contra placados de bambu gigante com miolo de casca de pinhão, grimpa e fibra de coco.
19. Figura 2.19: Comprimentos para avaliação de rugosidade superficial.
20. Figura 2.20: Linha média e áreas mínimas superiores e inferiores.
21. Figura 2.21: Rugosidade média Ra;  $y_i$  é o valor de um pico ou de um vale.
22. Figura 3.1: Caibros de eucalipto e lâminas de bambu usados nos corpos de prova.
23. Figura 3.2: Seção de um caibro de eucalipto avermelhado mostrando alta densidade de anéis de crescimento.
24. Figura 3.3: Corpos de prova de eucalipto usados nos ensaios de cisalhamento.
25. Figura 3.4: Corpos de prova de eucalipto revestidos com lâminas de bambu usados nos ensaios de cisalhamento.
26. Figura 3.5: Corpos de prova de eucalipto com e sem revestimento, usados no ensaio de tração normal.
27. Figura 3.6: Prensagem de ripas de eucalipto na fabricação de painéis sarrafeados.
28. Figura 3.7: Corpos de prova para flexão, obtidos dos painéis sarrafeados de eucalipto e *block board* de bambu-eucalipto.
29. Figura 3.8: Equipamento universal para ensaios mecânicos destrutivos.
30. Figura 3.9: Plaina desengrossadeira e serra circular para processamento de madeira.
31. Figura 3.10: Rugosímetro eletro-mecânico.
32. Figura 3.11: Prensagem dos corpos de prova de eucalipto e lâminas de bambu durante o processo de adesão.
33. Figura 3.12: Balança digital com resolução de 0,01g.
34. Figura 4.1: Gráfico mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de eucalipto no plano tangencial dos anéis de crescimento.

35. Figura 4.2: Gráfico mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de eucalipto revestido com lâminas de bambu no plano tangencial dos anéis de crescimento.
36. Figura 4.3: Gráfico mostrando a resistência à tração normal da madeira de eucalipto no plano radial dos anéis de crescimento.
37. Figura 4.4: Gráfico mostrando a resistência à tração normal da madeira de eucalipto revestida com lâminas de bambu no plano radial dos anéis de crescimento.
38. Figura 4.5: Gráfico mostrando a resistência à tração normal da união colada de sarrafos de eucalipto.
39. Figura 4.6: Gráfico mostrando a resistência à tração normal da união colada de sarrafos de eucalipto revestida com lâminas de bambu gigante.
40. Figura 4.7: Gráfico mostrando a resistência à flexão de amostras de painel sarrafeado de *Eucalyptus saligna*, ensaiados no sentido transversal do painel.
41. Figura 4.8: Gráfico mostrando a resistência à flexão de amostras de painel sarrafeado de *Eucalyptus saligna* revestido com lâminas de bambu gigante, ensaiados no sentido transversal do painel.
42. Figura 4.9: Distribuição gráfica da massa específica da madeira de *Eucalyptus saligna* e das lâminas de bambu gigante.
43. Figura 4.10: Gráfico mostrando a qualidade da superfície das lâminas de bambu gigante obtidas no processo de lixamento, através da medição da rugosidade Ra.

## LISTA DE TABELAS

1. Tabela 2.1: Expansão da área de reflorestamento de eucalipto no Brasil 2004-2009.
2. Tabela 2.2: Distribuição das florestas plantadas com eucalipto no Brasil por estado em 2009.
3. Tabela 2.3: Distribuição de área de florestas plantadas com eucalipto por segmento industrial em 2009.
4. Tabela 2.4: Composição química do bambu e das coníferas.
5. Tabela 2.5: Resistência mecânica do bambu gigante e duas espécies de eucalipto.
6. Tabela 2.6: Propriedades do bambu gigante laminado colado.
7. Tabela 2.7: Propriedades do bambu gigante serrado.
8. Tabela 2.8: Valores estimados para MOE no sentido transversal dos feixes de fibras e dureza de lâminas torneadas de mossô de 5 anos de idade.
9. Tabela 2.9: Comparação do MOE e resistência à tração de materiais utilizados como reforço.
10. Tabela 3.1: Rugosidades Ra ( $\mu\text{m}$ ) das lâminas de bambu gigante, para diferentes condições da matéria prima.
11. Tabela 3.2: Número de amostras a serem testadas em cada ensaio, sem revestimento.
12. Tabela 4.1: Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna*, com orientação inclinada de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, lado A.
13. Tabela 4.2: Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna* com orientação inclinada de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, lado B.
14. Tabela 4.3: Rugosidade superficial de lâminas torneadas de *Dendrocalamus giganteus*, com 1mm de espessura.
15. Tabela 4.4: Características dos corpos de prova de eucalipto com disposição radial (R) dos anéis de crescimento, revestidos com lâminas de bambu.

16. Tabela 4.5: Características dos corpos de prova de eucalipto com disposição tangencial (T) dos anéis de crescimento, revestidos com lâminas de bambu.
17. Tabela 4.6: Características dos corpos de prova de eucalipto com disposição mista ou inclinada (R/T) dos anéis de crescimento, revestidos com lâminas de bambu.
18. Tabela.4.7: Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de eucalipto no plano tangencial de rompimento dos anéis de crescimento.
19. Tabela.4.8: Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de eucalipto no plano tangencial de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.
20. Tabela.4.9: Resultados de resistência à tração normal na madeira de eucalipto, plano radial de rompimento dos anéis de crescimento.
21. Tabela.4.10: Resultados de resistência à tração normal na madeira de eucalipto no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.
22. Tabela.4.11: Resultados finais de resistência à tração normal em sarrafos de madeira de *Eucalyptus saligna*, unidos com adesivo PVAc, independente da disposição dos anéis de crescimento.
23. Tabela 4.12: Resultados finais de resistência à tração normal em sarrafos de madeira de eucalipto, unidos com adesivo PVAc, com revestimento de lâminas de bambu gigante.
24. Tabela.4.13: Resultados finais de resistência à flexão estática em painéis sarrafeados colados lateralmente de eucalipto com adesivo PVAc.
25. Tabela.4.14: Resultados finais de resistência à flexão estática em painéis sarrafeados de *Eucalyptus saligna*, unidos com adesivo PVAc, com revestimento de lâminas de bambu gigante.
26. Tabela 4.15: Comparação do módulo de elasticidade de painéis OSB com os valores medidos para o EGP de eucalipto e o Block Board de bambu-eucalipto.
27. Tabela 4.16: Resumo dos resultados dos ensaios mecânicos, obtidos no trabalho de revestimento de madeira e de painéis sarrafeados de *Eucalyptus saligna* com lâminas torneadas, largas e finas de bambu.
28. Tabela 4.17: Rugosidade superficial em lâminas de bambu gigante em diferentes seqüências de lixamento.

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT- Associação brasileira de normas técnicas.
- ABRAF- Associação brasileira de produtores de florestas plantadas.
- BB – *Block board*. Chapa tipo sanduíche, de madeira sarrafeada no miolo revestida com lâminas de madeira.
- BLC- Bambu Laminado Colado.
- CNBRC – *China National Bamboo Research Center*.
- EGP – *Edge Glued Panel*. Painéis sarrafeados colados lateralmente.
- FAO- *Food and Agriculture Organization of United Nations*.
- FEB – Faculdade de Engenharia de Bauru.
- FGM- *Functionally Graded Composite Material*
- fv0 - Força de ruptura
- GPa – Gigapascal.
- HB – *Hard board*, chapa dura.
- IB – *Insulating board*, chapa isolante.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- INBAR – *International Network for Bamboo and Ratam*.
- LVL - Peça micro-laminada.
- Max fv0 - Tensão de ruptura
- MDF – *Medium Density Fiberboard*, Chapa de fibra de média densidade.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente.
- MOE – Módulo de Elasticidade.
- MOR – Módulo de Ruptura.
- MPa - Megapascal.
- ONU – Organização das Nações Unidas.
- OSB – *Oriented strand board*, chapa de flocos orientados.
- OSL - *Oriented strand lumber*, peça de flocos orientados.
- PB – *Particle board*, chapa de madeira aglomerada.
- PSL – *Paralel stand board*, peça de ripas paralelas.
- PVAc – Adesivo de polivinil acetato
- PW – *Plywood*, chapa de madeira compensada.
- R- Orientação radial dos anéis de crescimento nos corpos de prova de eucalipto.
- R/T- Orientação inclinada dos anéis de crescimento nos corpos de prova de eucalipto.
- T- Orientação tangencial dos anéis de crescimento nos corpos de prova de eucalipto.
- UNESP – Universidade Estadual Paulista.
- WB – *Wafer board*, chapa de flocos não-orientados.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 Contexto e relevância do trabalho.....	11
1.2 Justificativas do uso de peças e painéis sarrafeados de eucalipto revestidos com lâminas de bambu.....	15
1.3 Hipóteses e objetivos.....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1 Reflorestamento e a demanda de madeira no país.....	23
2.2 A madeira de eucalipto.....	24
2.3 Características e propriedades do bambu.....	28
2.4 Processos de laminação de bambu.....	37
2.5 Reforço de peças de madeira com bambu.....	42
2.6 Painéis à base de madeira.....	44
2.7 Painéis à base de bambu.....	45
2.8 Painéis compostos de madeira e bambu laminado.....	48
2.9 Adesivos vinílicos e aspectos da adesão no uso em painéis de madeira.....	51
2.10 Rugosidade superficial.....	53
2.11 Lixamento de material lignocelulósico.....	56
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	57
3.1. Materiais.....	57
3.1.1 Corpos de prova de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu para ensaio de cisalhamento.....	60
3.1.2 Corpos de prova de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu para ensaio de tração.....	61
3.1.3 Corpos de prova para ensaio de flexão em painéis tipo EGP de eucalipto e <i>blockboards</i> de eucalipto-bambu.....	62
3.2 Equipamento de ensaio e dispositivos.....	64
3.3 Procedimentos.....	65
3.3.1 Preparação dos corpos de prova.....	67

3.3.2 Medição da rugosidade do eucalipto e das lâminas de bambu.....	69
3.3.3 Colagem das lâminas de bambu na madeira de eucalipto.....	71
3.3.4 Determinação da massa específica.....	72
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>74</b>
4.1 Rugosidade superficial da madeira de eucalipto plainada e das lâminas de bambu torneadas .....	74
4.2 Massa específica da madeira de eucalipto e das lâminas de bambu .....	76
4.3 Ensaio de cisalhamento na madeira de eucalipto com e sem revestimento.....	80
4.4 Ensaio de tração na madeira de eucalipto com e sem reforço .....	85
4.5 Ensaio de tração na linha de cola dos sarrafos de madeira de eucalipto com e sem reforço de lâminas de bambu gigante .....	88
4.6 Ensaio de flexão em painéis sarrafeados de eucalipto com e sem revestimento de lâminas de bambu gigante .....	91
4.7 Síntese dos resultados do revestimento da madeira e dos sarrafos de eucalipto com lâminas de bambu gigante .....	97
4.8 Rugosidade e acabamento superficial das lâminas de bambu gigante lixadas.....	100
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>106</b>
<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>117</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>148</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto e relevância do trabalho.

Este trabalho está focado no ensaio de peças de madeira da espécie *Eucalyptus saligna*, revestida com lâminas largas, de pouca espessura e contínuas de bambu gigante obtidas por processo de torneamento. Tem em perspectiva o reforço mecânico da madeira de eucalipto bem como dos painéis sarrafeados de eucalipto, na busca do desenvolvimento dos inéditos painéis *block boards* (BB) de eucalipto sarrafeado revestido com lâminas de bambu, chamados neste trabalho simplesmente de BB de bambu-eucalipto. Estes novos painéis compostos poderão ter várias aplicações especialmente na indústria de mobiliário e na construção civil.

Devido às restrições de tempo e recursos, a pesquisa realizada ficou limitada a alguns aspectos do problema do desenvolvimento e da caracterização dos painéis sarrafeados laminados de bambu-eucalipto e do reforço mecânico da madeira de eucalipto com lâminas de bambu, a saber:

- As lâminas de bambu obtidas são apenas da espécie *Dendrocalamus giganteus*, sendo necessário testar no futuro outras espécies, das quais seja possível obter lâminas finas e largas pelo processo de torneamento.
- Dos vários ensaios mecânicos possíveis, foram realizados apenas os ensaios de cisalhamento, tração normal e flexão estática. Com a realização destes ensaios buscou-se mostrar a possibilidade de reforço mecânico. No futuro será necessário realizar os demais ensaios mecânicos para melhor entendimento e caracterização do processo de reforço mecânico no uso de lâminas de bambu na madeira e em painéis compostos.
- Foram utilizados madeiras de eucalipto obtidas de árvores com mais de 35 anos de idade e com alta massa específica. Como houve reforço mecânico nestas madeiras densas com o revestimento com lâminas de bambu, acredita-se que o reforço em madeiras jovens, de baixa ou média densidade tenderá a ser maior e mais significativo. No futuro, no entanto serão necessários

ensaios com a madeira de diversas espécies de eucalipto e em diferentes idades de crescimento.

- Tanto o painel sarrafeado de eucalipto quanto o painel BB de bambu-eucalipto desenvolvidos, precisam ser mais estudados, especialmente quanto à estabilidade dimensional e incidência de defeitos oriundos da liberação das tensões internas da madeira de eucalipto. Neste trabalho o objetivo do desenvolvimento destes novos materiais compostos, foi à comparação de algumas propriedades mecânicas destes painéis entre si, que permitissem avaliar a quantidade e a natureza do reforço mecânico obtido com a utilização das lâminas finas de bambu gigante.
- A avaliação da rugosidade superficial das lâminas de bambu gigante obtidas por torneamento e posteriormente sujeitas ao processo de lixamento foi realizada buscando-se entender e quantificar o acabamento superficial obtido no processo primário de torneamento dos colmos e o posterior acabamento superficial obtido com o lixamento manual alternativo com sete diferentes granulometrias de lixas.

Callister Jr (1991) mostra que as madeiras de um modo geral compõem um importante grupo de matérias primas para a engenharia, assim como os plásticos, os metais, as cerâmicas e os materiais compósitos. O material lignocelulósico oriundo das árvores ou dos colmos de bambu são ambos compósitos naturais, constituídos basicamente de uma matriz de lignina reforçada com fibras de celulose, sendo estas moléculas de natureza polimérica.

Dunkelberg e Fritz (1985) mostram a importância do bambu como material de construção para a engenharia moderna. O bambu é uma gramínea muito versátil e importante, um recurso florestal que faz parte do desenvolvimento de muitas civilizações ao longo da história como mostraram Zhou, (2003c), Zang *et al*, (2001), Yu (2007) e MOFCOM (2006 e 2009). Somente na China, o valor total produzido pela cadeia produtiva do bambu em 2010 é da ordem de US\$ 12 bilhões dos quais US\$ 1,1 bilhão foram valores exportados (MOFCOM, 2011).

Devido a suas características, o bambu é uma planta adequada para o uso em reflorestamentos, pode ser utilizado industrialmente na produção de celulose, de brotos comestíveis e de colmos madeiráveis. Segundo Lee *et al* (1997), Lima e Dias (2001) e Barbosa (2010), o material lignocelulósico proveniente dos colmos de bambu é adequado para compor com a madeira de pinus e de eucalipto, no desenvolvimento de soluções tecnológicas que gerem alternativas para suprir a atual demanda por madeira no Brasil.

O cultivo do eucalipto em escala econômica no Brasil deu-se a partir de 1904. Com os reflorestamentos a área de plantios em 2006 chegou a aproximadamente três milhões de hectares, (VALVERDE, 2007). Como descrito por Kronka (2002) no Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 79,4% dos reflorestamentos do Estado de São Paulo corresponde a áreas de plantio de eucalipto. A maior parte do volume do eucalipto plantado no país, 70% do total em 2009 segundo a ABRAF (2010), é utilizado pelas indústrias de celulose. Os extensos eucaliptais destas indústrias, com ciclos de corte muito curtos, têm forte impacto negativo sobre o meio ambiente como mostraram (TEIXEIRA FILHO *et al*, 2008). Já o uso do eucalipto como madeira serrada é mais limitado, os reflorestamentos tendem a ser menores e os ciclos de corte mais longos. A cadeia produtiva do eucalipto serrado como um todo, tende a apresentar menores impactos negativos sobre o meio ambiente em relação às indústrias de processamento de celulose.

Um dos principais problemas que ocorre com o eucalipto como madeira serrada é que, ao crescer a madeira acumula tensão interna em sua estrutura anatômica. Ao ser serrada libera parte desta tensão induzindo o material a apresentar defeitos. Somado a este efeito, o eucalipto tem uma considerável instabilidade dimensional quanto à retração e ao inchamento. Assim, é necessário o uso de técnicas e tecnologias adequadas para o emprego de serradas de eucalipto. De um modo geral, a madeira de eucalipto serrada é dimensionalmente instável o que leva a uma série de problemas de qualidade nos produtos finais, especialmente se a madeira for usada como elemento estrutural ou como componente de mobiliário, (VIDAURRE *et al*, 2007).

Outra questão no uso do eucalipto como madeira serrada, diz respeito ao aproveitamento desta matéria prima nas serrarias. O desenvolvimento de produtos com menores dimensões como os sarrafos, permite maior e melhor aproveitamento dos rejeitos produzidos pela indústria madeireira, diminuindo o desperdício. Ou seja, como declarou Matos *et al* (1994) e Gonçalves (2000), o desenvolvimento de tecnologia para aproveitar costaneiras e materiais refugados para produzir peças menores e painéis sarrafeados, racionaliza o processo produtivo da indústria de madeira serrada.

O desenvolvimento de painéis sarrafeados de eucalipto, dimensionalmente estáveis, colados com adesivos do tipo polivinil acetato, resistente a umidade (PVAc), deve possivelmente despertar o interesse de empresas de pequeno porte processamento de madeira tais como marcenarias e carpintarias. Se este tipo de produto mostrar-se tecnicamente viável, muitas pequenas empresas poderão produzir seus próprios painéis de madeira reconstituída e assim, aliviar a pressão que hoje vivem em relação ao alto custo e a escassez de madeira serrada no Brasil.

Assim o desenvolvimento de tecnologia para fabricação de painéis sarrafeados colados e estáveis de eucalipto, os chamados *Edge Glued Panel* (EGP)<sup>1</sup> de eucalipto, comercialmente inexistentes no país, deverá auxiliar o setor na busca da superação da atual crise de demanda de matéria prima em que se encontra. Para isso, muitas questões ainda precisam ser resolvidas através da pesquisa, tais como: quais as espécies mais adequadas, que tipo de rejeito industrial poderá ser utilizado, como deverá ser usinado o material, com que velocidades e avanços, qual a influência da orientação dos anéis de crescimento dos sarrafos na composição de painéis mais estáveis, qual a influência do adesivo, etc.

Ao se revestir com lâminas de bambu os painéis sarrafeados de eucalipto, obtêm-se um novo tipo de painel inédito no Brasil, os *laminbords*, *batten boards* e *block boards* que são painéis diferenciados, com maior resistência mecânica e maior

---

<sup>1</sup> Os painéis de madeira sarrafeados e colados lateralmente formam os chamados "Edge Glued Panel" ou (EGP), utiliza pedaços pequenos de madeira para a confecção de painéis que apresentam aspecto de madeira sólida, gerando grande valor agregado ao produto final, (IWAKIRI, 2002).

valor agregado. As lâminas de bambu com sua distribuição de fibras em grã reta e funcionalmente graduadas, quando coladas transversalmente à linha que une os sarrafos, tendem a reforçar e estabilizar o painel sarrafeado de eucalipto. Além disso, o uso da lâmina dá uma nova textura e excelente acabamento ao painel, bastante valorizado por designers, arquitetos e consumidores, estes futuramente poderão adquirir um painel nobre de bambu laminado, com excelente acabamento superficial, grandes dimensões, elevada densidade e resistência mecânica.

A partir deste ponto, poderá ser usado no texto as siglas EGP de eucalipto para designar painéis de sarrafos de eucalipto colados lateralmente e BB de bambu-eucalipto, para designar painel cujo substrato é um EGP de eucalipto com sarrafos colados lateralmente, revestidos em dupla face com lâminas contínuas, largas e finas de bambu gigante. As lâminas de bambu são dispostas de modo que os feixes de fibras do bambu fiquem orientados no sentido transversal do painel sarrafeado, ou seja, no sentido transversal ao plano de adesão entre os sarrafos de madeira.

O contexto apresentado indica a relevância do tema estudado e as soluções propostas são justificadas a seguir.

## **1.2 Justificativas do uso de peças e painéis sarrafeados de eucalipto revestidos com lâminas de bambu.**

Uma forma de contornar o problema de instabilidade dimensional, retração e inchamento do eucalipto em peças serradas, é trabalhar com peças de seções de pequenas dimensões (sarrafos ou ripas), então recompor estas unidades padronizadas em painéis sarrafeados colados lateralmente. Estes painéis, no entanto, apesar de terem suas ripas com tensões internas parcialmente aliviadas, e poderem ser produzidos com um bom arranjo de união dos sarrafos, no qual a posição dos anéis de crescimento existente nos elementos sarrafeados individuais pode ser levada em consideração, de modo que o movimento de um elemento tenda a compensar o movimento do elemento vizinho; ainda assim uma instabilidade inerente à madeira de eucalipto se faz presente, podendo comprometer a qualidade do produto final.

Desta forma, o revestimento e reforço com lâminas de bambu visa melhorar o comportamento dos painéis sarrafeados de eucalipto quanto à estabilidade dimensional e a forma de ruptura, amarrando os elementos constituintes de maneira mais eficiente, podendo inclusive reforçar em alguns sentidos a própria madeira usada como substrato impedindo que esta entre em colapso facilmente. Além disso o revestimento laminado tem um apelo estético importante e proporciona um excelente acabamento superficial.

Neste trabalho são verificados através de ensaios de resistência ao cisalhamento e a tração normal, as características da madeira de eucalipto de alta densidade e as características desta madeira quando revestida com lâminas contínuas de bambu gigante. São ensaiadas à flexão amostras de painéis sarrafeados de eucalipto, e de painéis BB de bambu-eucalipto. São estudadas também as características de acabamento superficial das lâminas de bambu quando o material é submetido a processos de lixamento manual alternativo.

Uma maneira de desenvolver a cadeia produtiva do bambu no Brasil é estudar e desenvolver o seu uso e aproveitamento, em parceria com outras espécies de madeira disponíveis e conhecidas, cujas cadeias produtivas já estejam estabelecidas, como é o caso do pinus e do eucalipto. Com isso, surgiu a idéia do uso de bambu como reforço e revestimento em peças de madeira sarrafeada de eucalipto, buscando o desenvolvimento de um novo material compósito.

Justifica-se o desenvolvimento deste trabalho por sua natureza científica, particularmente tecnológica, com possíveis desdobramentos econômicos, ambientais e sociais.

Pretende-se com este estudo, promover uma abordagem original, adequando o emprego de dois materiais renováveis na concepção de um produto composto com características próprias, que não podem ser obtidas apenas pelo uso individual dos seus componentes nas suas mais diversas formas. Buscou-se o desenvolvimento de um produto de base lignocelulósica que apresente propriedades compatíveis ao uso em ambientes internos, especialmente para a fabricação de mobiliários e que possa substituir o uso de madeira maciça serrada.

Grande parte deste trabalho está focada na utilização de lâminas largas, finas e contínuas de bambu gigante, obtidas por usinagem em processo de torneamento. Estas lâminas só recentemente foram processadas no Brasil, decorrente dos trabalhos de Salamon (2009). Assim, a fundamentação teórica em torno das características dos colmos e das lâminas de bambu tem maior ênfase em relação aos demais materiais utilizados, a saber: ripas de eucalipto e adesivo PVAc. Este destaque deve-se em parte a novidade que representa o material laminado de bambu e também devido ao avanço na própria interpretação teórica sobre a mesoestrutura do material lignocelulósico derivado dos colmos de bambus lenhosos.

Existem poucos trabalhos no país sobre reforços de peças de madeira com bambu e particularmente, nada sobre reforço de eucalipto com lâminas obtidas por torneamento, finas e largas, de *Dendrocalamus giganteus*. Também não foram encontradas referências sobre o desenvolvimento e ensaios de painéis BB de sarrafos de *Eucalyptus saligna* e lâminas de bambu gigante.

### **1.3 Hipóteses e objetivos.**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o material compósito, painel laminado com substrato de eucalipto sarrafeado revestido em dupla face com lâminas de bambu, os BB bambu-eucalipto. No entanto esta pesquisa restringe-se a alguns aspectos do problema, a saber: a confecção dos painéis sarrafeados de eucalipto e dos painéis BB bambu-eucalipto; a realização de alguns ensaios mecânicos necessários para a comparação entre os dois tipos de painéis; a verificação do reforço mecânico que ocorre na madeira e no painel sarrafeado de eucalipto quando estes forem revestidos com lâminas de bambu e finalmente avaliar as características do acabamento superficial lixado do painel BB de bambu-eucalipto.

Para o desenvolvimento do presente trabalho são propostas as seguintes hipóteses:

1. O revestimento com lâminas torneadas de bambu gigante nos corpos de prova de *Eucalyptus saligna* deve levar a um aumento nos valores da tensão de

ruptura quando estas peças compostas forem submetidas aos esforços de cisalhamento e tração normal.

2. O revestimento com lâminas torneadas de bambu gigante em painel sarrafeado de eucalipto, compondo o painel chamado *block board* de bambu-eucalipto, deve melhorar significativamente a resistência à ruptura na flexão, no sentido de menor resistência destes painéis, ou seja, no sentido de união lateral dos sarrafos também designado sentido transversal do painel.

Para verificar as hipóteses apresentadas, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Determinação dos valores de resistência específica na madeira de eucalipto através de dois tipos de ensaios mecânicos, cisalhamento e tração normal.
- Determinação da influência do revestimento com lâminas de bambu gigante nas amostras de madeira de eucalipto, através da repetição dos ensaios mecânicos.
- Determinação da influência do revestimento com lâminas de bambu na resistência específica ao cisalhamento nos corpos de prova de eucalipto, com três diferentes posições dos anéis de crescimento, no plano de ruptura dos corpos de prova. A saber, posições radial, tangencial e mista.
- Determinação do reforço à tração normal em painéis sarrafeados de eucalipto quando estes são revestidos com lâminas contínuas de bambu, com os feixes de fibras do bambu orientados no sentido transversal do painel sarrafeado de eucalipto.
- Determinar o reforço à flexão estática em painéis sarrafeados de eucalipto quando estes são revestidos em ambas as faces com lâminas torneadas, largas e finas de bambu gigante.
- Avaliar as características do acabamento superficial das lâminas de bambu gigante quando estas são submetidas a um processo gradativo de lixamento alternativo manual.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentadas características dos colmos de bambu, da madeira de eucalipto, das lâminas de bambu gigante contínuas, finas e largas obtidas por processo de torneamento e do adesivo para madeira tipo PVAc também conhecido como cola branca. É discutido o aproveitamento da madeira serrada de *Eucalyptus saligna* na forma de sarrafos de pequenas dimensões, através da colagem destes materiais para a produção de painéis. São abordadas questões referentes ao revestimento e reforço da madeira de eucalipto e dos painéis sarrafeados de eucalipto, usando lâminas de bambu gigante. Finalmente discutem-se os painéis compostos laminados de bambu, especialmente os BB de bambu-eucalipto como novidade tecnológica.

Segundo Londoño *et al* (1999 e 2003) e Shudong (2006), o Brasil tem aproximadamente 350 espécies nativas de bambu em seu território. Possui também uma floresta imensa de bambuzais da espécie *Guadua* nativos, na região do Alto Amazonas, uma das maiores do mundo segundo o monitoramento de Espírito Santo *et al* (2003) e de Nelson e Bianchini (2005). Segundo Correa (1997), a área estimada é de 85.000 km<sup>2</sup> conforme mostrado na Figura 2.1. No entanto, no país a planta é pouco conhecida e utilizada. Para citar um exemplo, até o momento não existe no inventário florestal brasileiro dados sobre a distribuição, a localização e o volume dos bambuzais lenhosos no território nacional. Esta ausência pode ser observada em vários trabalhos d'Oliveira e Sant'anna (2003), por exemplo, desconsideram os volumes dos bambuzais de *Guadua weberbaueri* em inventário florestal feito em uma região do Acre. Sabe-se no entanto, que o Acre possui uma das maiores florestas de bambus nativos do mundo como mostra a Figura 2.1.

Conforme indicação da FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, o bambu deverá ser incluído nos inventários florestais de países tropicais por ser um importante recurso florestal, devendo ser contabilizado no próximo inventário florestal brasileiro, segundo Oliveira (2005). Brena (1996) já discutia as

bases metodológicas do novo Inventário Florestal brasileiro que, no entanto só deverá ser concluído em 2014 segundo Resk (2010).

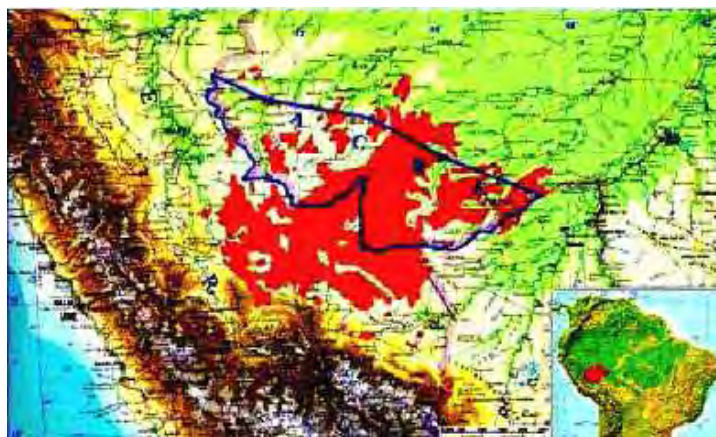


Figura 2.1 - Floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia. (OLIVEIRA, 2000)

Tanto os colmos quanto os brotos comestíveis de bambu, apresentam amplo potencial para o desenvolvimento de empresas e cadeias produtivas que tendem a ser econômica e ambientalmente sustentáveis Hsiung (2000), Zhou (2003a,b) e Ostapiv e Fagundes (2008).

Para Pauli (2001) e Casagrande (2004), o bambu é um eficiente fixador de carbono, convertendo o carbono atmosférico livre através da fotossíntese em celulose, hemicelulose e lignina. O bambu tem crescimento e colheitas rápidas, seu material lenhoso apresenta fibras longas e fortes e o conjunto todo tem elevada resistência mecânica. A produção de colmos é muito eficiente. Estes se desenvolvem com mínimos gastos energéticos, além disso existe a possibilidade de se estabelecer todo um conglomerado industrial que tenha como base o bambu como matéria prima.

A baixa utilização dos bambus nos países ocidentais tropicais se deve principalmente, a falta de conhecimento sobre processos industriais que dêem longevidade às suas aplicações, bem como às dificuldades que ocorrem na industrialização deste material Yu (2007) e Salamon (2009).

O bambu é um recurso florestal renovável que não precisa ser replantado continuamente, pois o ciclo de replantio de algumas espécies é bastante longo, podendo chegar a 100 anos (HIGUCHI, 1981). No entanto a colheita seletiva de colmos pode ser feita anualmente. Além disso, como explica Nomura *et al* (1986), o bambu é a planta que tem a maior taxa de crescimento diária no planeta chegando a 1,24 m /dia. O rápido crescimento faz do bambu uma das plantas que mais seqüestram carbono atmosférico (XINGCUI, 2004).

O material da hipoderme do colmo de bambus lenhosos tem a composição química semelhante à encontrada nas madeiras das árvores. Apesar da controvérsia, autores como Yuhe (2004), Zhou (2003e) e CBRC (2003c) falam no material madeira de bambu, proveniente de colmos de espécies de bambus lenhosos.

Em sua forma natural, os colmos de bambu dificilmente se encaixam em padrões industriais de trabalho, sendo necessária à busca de uma padronização para este material. Além desta dificuldade de homogeneização e padronização industrial, no Brasil é difícil processar os colmos de bambu devido especialmente à falta de desenvolvimento e comercialização de máquinas e equipamentos específicos e apropriados para trabalhar com esta matéria prima. Yu (2007), explica que a revolução industrial e o intenso desenvolvimento de máquinas e equipamentos aconteceram especialmente nos países europeus e da América do Norte, países nos quais existem apenas árvores e não propriamente bambuzais.

As espécies de bambu estão distribuídas na sua grande maioria, nos países tropicais, como é mostrado na Figura 2.2. Estes países de um modo geral são, ou foram até recentemente, países pobres aonde a revolução industrial chegou tardiamente e com baixo incentivo a pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico e industrial.



Figura 2.2 – Regiões onde estão distribuídas as espécies de bambu no planeta, (LÓPEZ, 1981).

Em muitos países tropicais, como foi o caso do Brasil, o bambu durante muito tempo foi visto como matéria prima sem aplicações econômicas e tecnológicas atraentes indicando uma espécie de desvalorização em relação a este material. Assim, a dificuldade no processamento e na padronização industrial do bambu, a condição periférica histórica do Brasil em relação à pesquisa e ao desenvolvimento industrial e de equipamentos, o desconhecimento das reservas nacionais desta planta, e também um descaso histórico para com esta matéria prima que era quase que exclusivamente usada por comunidades originárias, explicam em parte a atual ausência de equipamentos e tecnologias necessárias para o processamento de colmos de bambu, bem como a ausência de cadeias produtivas estabelecidas no Brasil.

Em muitos países no entanto, se sabe que o uso econômico do bambu pode ser um vetor real de desenvolvimento produtivo regional e nacional, como mostram as experiências da China: Fu (2000), Hsiung (2000), Zhou (2006c) e Shudong (2006); Japão: Higuchi (1981), Koishiro (1981) e Ueda (1981 e 1987); Taiwan, Kao (2002); Chile, Fondef (2003), Roasio (2003) e Red Chilena Del Bambu (2006); Austrália, Cusack (1988), e Índia Varmah e Pant (1980), entre outros que usam extensivamente este recurso florestal, como Vietnã, Indonésia, Filipinas e Malásia.

Diversos autores como Pereira (1999), Beraldo e Azzini (2004), Ostapiv (2007), Salamon (2009), entre outros, lamentam a ausência de tecnologias apropriadas disponíveis para o processamento dos colmos de bambu no país, asseverando que esta é uma das principais lacunas para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva consistente e virtuosa, em torno desta planta no Brasil.

Para padronizar industrialmente o material lignocelulósico proveniente dos colmos de bambu, divide-se o colmo em unidades menores. Então são compostos produtos com diferentes dimensões e geometrias, usando estas unidades padronizadas, através da aplicação de adesivos e prensagem. Com estes elementos padronizados, ripas, lâminas, pequenas aparas e partículas, são feitos rearranjos e recomposições diversas, podendo ser fabricados então, diferentes tipos de painéis e uma variedade de produtos industriais (ZANG *et al*, 2001).

Já o eucalipto é plantado em quase todo o mundo. É um gênero que possui espécies facilmente adaptáveis a diversas condições climáticas. A maioria das espécies plantadas no Brasil apresenta rápido crescimento, resultado da alta qualidade do material genético utilizado. A produção da madeira e seus derivados são em larga escala, devido à grande demanda de madeira no mercado florestal brasileiro (MALINOVSKI, 2002). Segundo Garcia e Mora (2000), a madeira de eucalipto é de grande versatilidade, com possibilidades de utilização em diversos segmentos, como óleos essenciais, celulose, madeira tratada, carvão vegetal, lenha, madeira serrada e painéis a base de madeira entre outros usos.

## **2.1 Reflorestamento e a demanda de madeira no país**

A demanda por materiais renováveis tem se intensificado. As necessidades crescentes geradas pelo aumento da população e o padrão de consumo pressionam significativamente os recursos naturais do planeta, especialmente as florestas tropicais nativas. Estas não podem suportar a crescente demanda humana por madeira, mesmo se exploradas de forma racional. Assim o reflorestamento é parte importante na solução para diminuição da pressão existente sobre todas as florestas

nativas. O pinus e o eucalipto são as árvores mais utilizadas para esta finalidade no mundo assim com no Brasil (MANHÃES, 2008).

O bambu por sua vez, apesar de ser pouco usado no Brasil com esta finalidade, é um excelente material para reflorestamento. As espécies mossô (*Phyllostachys pubescens*) e gigante (*Dendrocalamus giganteus*), por exemplo, são plantas que tem elevado potencial econômico e industrial. O bambu é uma alternativa potencialmente viável que pode concorrer com o pinus e o eucalipto como importante planta de reflorestamento. A diferença principal é que depois de plantado o bambu, a terra não fica desprotegida e o tempo do ciclo de replantio chega a ser, dependendo da espécie utilizada, cinco vezes maior que o do pinus e do eucalipto como mostraram Nomura *et al* (1986) e Xingcui (2004). Se utilizado como substituto à madeira, o uso de colmos de bambu pode contribuir para evitar o corte não sustentável de árvores, especialmente as tropicais (PEREIRA e BERALDO, 2007).

Estima-se que a produção de colmos de bambu no século 21 no mundo será 2,5 a 3,5 vezes maior do que no século 20 e que a área de bambuzais que ocupavam aproximadamente 22 milhões de hectares, ou seja, 1% da área total das florestas no planeta no fim do século XX, passará a algo entre 55 e 65 milhões de hectares através de reflorestamentos. Ou seja, se acredita que 2 a 3% da área florestal do planeta no século 21 será constituída de bambuzais (ZHOU, 2003a).

Aspecto de fundamental importância é o fato de algumas espécies de bambu, como o mossô e o gigante que são bambus lenhosos, tem uma elevada produção de massa de colmos por área por ano segundo Zhou (2003b); Pereira (2006) e Ostapiv e Gonçalves (2010).

## **2.2 A madeira de eucalipto.**

O eucalipto é uma espécie arbórea pertencente à família das Mirtáceas, nativo principalmente da Austrália. São mais de 670 espécies conhecidas apropriadas para cada finalidade de aplicação da madeira. No Brasil o eucalipto possui um caráter estratégico e não se discute a importância do gênero, consagrado como fornecedor

de matéria-prima para diversos fins industriais. Sua madeira é responsável pelo abastecimento da maior parte do setor industrial de base florestal. Da madeira de eucalipto, foram produzidos no ano de 2000, segundo Silva e Rech (2001):

- 5,4 milhões de toneladas de celulose;
- 18,8 milhões m<sup>3</sup> de carvão;
- 558 mil m<sup>3</sup> de chapas de fibra;
- 500 mil m<sup>3</sup> de chapas de partículas aglomeradas.

O volume destes produtos, assim como a área plantada com o eucalipto só aumentaram sendo que em 2009 a área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus no Brasil atingiu 6.310.450 ha. Segundo a ABRAF (2010), a área de florestas com eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros que tem tradição na silvicultura deste grupo de espécies, com crescimento médio no país de 7,1% ao ano e entre 2004-2009, um crescimento de 41,1% .

O melhoramento genético das espécies aliado aos tratos silviculturais modernos estão permitindo obter uma madeira de melhor qualidade com múltiplos usos para a indústria madeireira e moveleira. Com cerca de 2,9 milhões de hectares reflorestados em 2001, o Brasil já era o segundo maior país em área plantada com esta espécie, (SILVA e RECH, 2001). Como é mostrado na Tabela 2.1, houve um crescimento anual significativo na área plantada com esta espécie no país.

Tabela 2.1 – Expansão da área de reflorestamento de eucalipto no Brasil 2004-2009.

Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Eucalipto (mil ha)</b>	3200	3463	3746	3970	4325	4516
<b>Varição anual</b>		8,2%	8,2%	6,0%	9,0%	4,4%

Fonte: ABRAF, (2010).

Estas florestas de eucalipto estão distribuídas pelos seguintes estados da federação, conforme a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Distribuição das florestas plantadas com eucalipto no Brasil por estado em 2009.

<b>Estado</b>	<b>MG</b>	<b>SP</b>	<b>BA</b>	<b>MS</b>	<b>RS</b>	<b>ES</b>	<b>Outros</b>
<b>(%)</b>	29	23	14	6	6	5	17

Fonte: ABRAF, (2010).

O destino destas florestas plantadas de eucalipto, por segmento industrial é mostrado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Distribuição de área de florestas plantadas com eucalipto por segmento industrial em 2009.

<b>Segmento industrial</b>	<b>Celulose e papel</b>	<b>Siderurgia</b>	<b>Painéis de madeira</b>	<b>Produtos independentes</b>	<b>Outros</b>
<b>(%)</b>	70	20	6	2	2

Fonte: ABRAF, (2010).

A madeira de eucalipto apresenta variações nos componentes anatômicos, e também nas propriedades mecânicas. Estas variações são maiores no sentido radial (medula-casca) e menores no sentido axial (base-topo), como mostraram Lima (1999), Cruz (2000), Silva *et al* (2004) e Silva (2005).

Na busca pela qualidade e padronização da madeira serrada de eucalipto, Vidaurre *et al* (2007), indicam como importante à segregação das madeiras provenientes dos inúmeros clones industrializados por faixas de densidades: baixa, menor que 536 kg/m<sup>3</sup>; média, entre 536 e 725 kg/m<sup>3</sup>; e alta, acima de 725 kg/m<sup>3</sup>, por coloração (clara, rosada e vermelhada) e pela tradicional classificação por defeitos presentes na madeira.

Néri *et al* (1999), explicam que o eucalipto pode ser muito denso, duro e resistente. Em algumas espécies aparecem fibras reversas, que dificultam o acabamento e tensões internas que produzem deformações ao longo do tronco. Estas tensões internas continuarão a existir também nos elementos serrados desta madeira, causando problemas como rachaduras e deformações. Segundo os autores as características da madeira de eucalipto tornam difícil sua utilização convencional como madeira serrada.

Na Figura 2.3 são mostradas peças serradas de eucalipto maciço na forma de produtos estruturais que apresentam os defeitos de empenamento e grandes trincas.

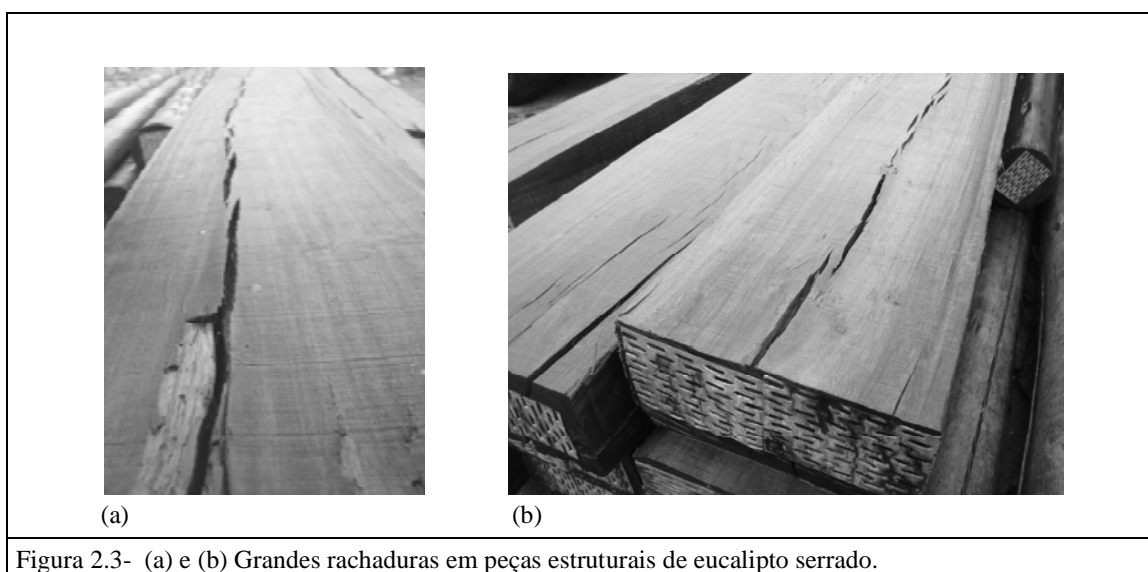


Figura 2.3- (a) e (b) Grandes rachaduras em peças estruturais de eucalipto serrado.

Silva *et al* (2005), afirmam que a dificuldade em usar a madeira de eucalipto na forma maciça se deve em grande parte no saber como trabalhar o material, declarando ser necessário conhecer bem a estrutura da madeira e os parâmetros de usinagem que possibilitem bons resultados em qualidade.

Vidaurre *et al* (2007), explicam que cortes tangenciais sucessivos com serras de fita simples, não são indicados para a produção de madeira serrada de eucalipto, pois após a retirada de cada tábua, o bloco remanescente se deforma por flexão. Quando se pretende priorizar a qualidade das tábuas, recomenda-se que o desdobro inicial seja realizado com serras de fita (simples ou dupla) até que o bloco atinja pequenas dimensões. Neste sistema de corte, os blocos devem ser girados após cada corte, assim ao girar a tora as tensões tendem a serem liberadas de forma balanceada, resultando em um menor desperdício de material e conseqüentemente produtos finais com melhor qualidade e valor de mercado.

Ou seja, para produzir peças de eucalipto serrado sem elevados desperdícios e defeitos finais graves nas peças, é necessário o uso de muita tecnologia, que vai desde a seleção de mudas, plantio e manejo direcionados da floresta, até o uso de processos de fabricação adequados e projeto de produtos nos quais as características do material sejam levadas em consideração.

### 2.3 Características e propriedades do bambu.

De maneira análoga ao eucalipto, o bambu tem exigências tecnológicas próprias para que se possam realizar trabalhos com qualidade a partir deste material. A principal diferença é que para o eucalipto e também para as árvores em geral, existem muito mais tecnologias de processamento desenvolvidas no país.

No Brasil existem aproximadamente 325 espécies nativas de bambu, das 1.250 espécies catalogadas no mundo (LONDOÑO, 1999). O bambu é uma gramínea, monocotiledônea, que não apresenta anéis de crescimento como ocorrem nas plantas dicotiledôneas. Quando comparada com a madeira das árvores, o colmo lenhoso do bambu apresenta uma estrutura mais simples e arranjos mais regulares. Como o crescimento e a diferenciação celular ocorrem muito rapidamente no bambu, as estruturas dos seus tecidos precisam ser simples e eficientes. Segundo o CBRC (2006a), o material lignocelulósico lenhoso proveniente dos colmos de bambu é composto de substâncias químicas orgânicas, produzidas por células vivas, muito semelhantes às que ocorrem na madeira.

Para o uso estrutural dos colmos de bambu, no período de corte, as células do colmo devem ter atingido o ponto de maturação ideal, ou seja, 3 anos para espécies entouceirantes e 5 anos para espécies alastrantes. Nesta idade os colmos atingem as melhores condições de resistência mecânica, logo após esta idade ocorre o chamado envelhecimento do colmo com queda significativa na sua resistência mecânica. A composição química do colmo de bambu é similar à apresentada pela madeira das árvores, como mostra a Tabela 2.4.

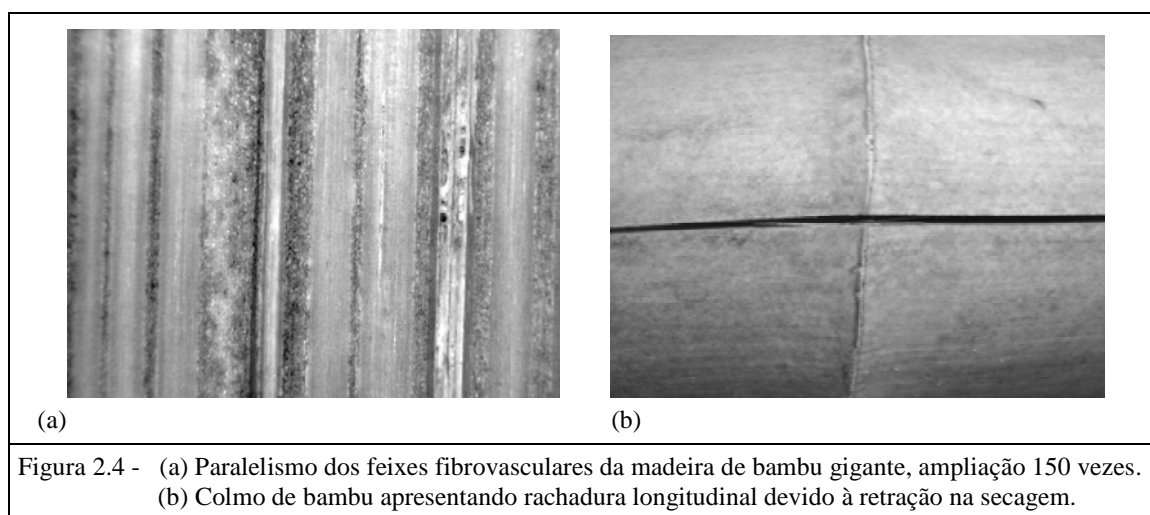
Tabela 2.4 - Composição química do bambu e das coníferas (JANSSEN, 1981).

	<b>CELULOSE (%)</b>	<b>LIGNINA (%)</b>	<b>HEMICELULOSE (%)</b>
<b>BAMBU</b>	55	25	20
<b>CONÍFERAS</b>	50	25	25

O material lenhoso do bambu tende a apresentar maiores volumes de cinzas do que na maioria das madeiras, nas quais podem ser encontrados vários minerais,

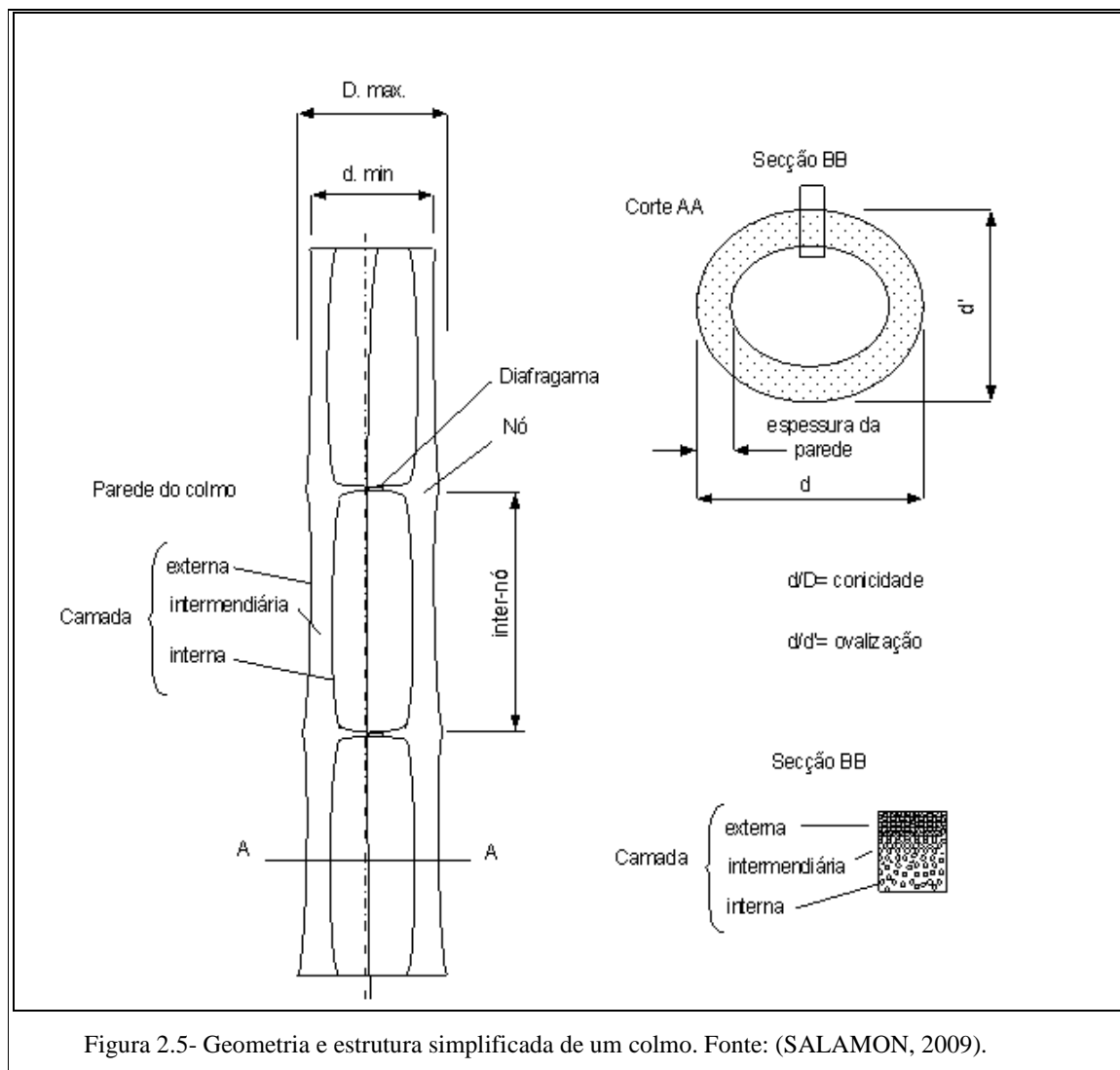
principalmente na forma de oxalatos (70%), de magnésio, silício e cálcio, em menores volumes oxalatos de manganês, alumínio e ferro, além de carbonatos.

Ainda comparando-se as estruturas anatômicas da madeira e do bambu, no bambu não são formados xilema e floema secundário, apenas tecido básico e feixes fibrosos que envolvem os vasos vasculares. Os feixes fibrovasculares da hipoderme da parede do colmo de bambu, região logo abaixo da casca do colmo, são paralelos ao eixo longitudinal do colmo na região dos inter-nós, Figura 2.4a e não são dispostos de forma transversal. Este arranjo estrutural em paralelismo explica em parte a facilidade de trabalhar mecanicamente o lenho de bambu bem como a facilidade que o colmo tem em rachar longitudinalmente, Figura 2.4b.



O colmo do bambu é um tronco tubular do qual normalmente são retirados todos os galhos laterais após este ser abatido. A forma do colmo é a de um cone com nós e diafragmas, formando uma espécie de telescópio, com o centro oco na região dos inter-nós. Os colmos de bambu apresentam várias dezenas de nós e inter-nós, vulgarmente chamados de gomos. Na parede do colmo tubular está o material lenhoso do bambu e ao contrário do que acontece com as árvores, no bambu é na região periférica do colmo que fica a região de interesse. Nos troncos das árvores da região periférica são extraídas as costaneiras que tem baixo valor econômico e são muitas vezes descartadas no processo industrial de produção de madeira serrada.

Na Figura 2.5, são apresentadas nomenclaturas que indicam algumas características geométricas importantes para o processamento mecânico dos colmos de bambu tais como, a conicidade, a ovalização e a axialidade destes tubos vegetais.



Tanto os colmos de bambu como o material lignocelulósico extraído destes colmos, têm boas propriedades mecânicas de resistência à tração, compressão e flexão além de boa elasticidade e tenacidade. São mostrados alguns valores de resistência mecânica do bambu gigante e de duas espécies de eucalipto na Tabela 2.5. Observa-se que a resistência à tração do bambu gigante é maior do que a dos eucaliptos *grandis* e *citriodora* indicando seu potencial como material de reforço.

Tabela 2.5 – Resistência mecânica do bambu gigante e duas espécies de eucalipto.

<b>Nome</b>	<b>Tração</b> (MPa)	<b>Compressão</b> (MPa)	<b>Flexão</b> (MPa)	<b>Cisalhamento</b> (MPa)
<i>Eucalyptus citriodora</i>	123,6	62	-	10,7
<i>Eucalyptus grandis</i>	70,2	40,3	-	7,0
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	135	40	108	46

Fonte: CARDOSO Jr. (2008).

Mas assim como no caso da madeira, os colmos de bambu e o material lenhoso derivado destes colmos também apresentam uma série de deficiências e anomalias que dificultam e limitam o seu uso industrial, a seguir são apontadas algumas destas deficiências do material:

- Pequenos diâmetros dos colmos quando comparado aos troncos das árvores.
- Estrutura tubular dos colmos com paredes finas e volume vazio no centro.
- Conicidade dos colmos.
- Diferenças físicas significativas do material obtido da região da base, do meio ou do topo do colmo.
- Diferenças físicas significativas do material FGM<sup>2</sup>, obtido da região da casca, da região da “madeira” e da região interna da parede do colmo.
- Presença de cera protetora sobre a superfície do colmo que melhora as características de escorregamento e dureza do mesmo, porém, dificulta a aplicação de adesivos e resinas em ripas e lascas.
- Tendência dos colmos de bambu a racharem devido à ausência de feixes de vasos e fibras com disposições tangenciais e radiais na região dos entre-nós.
- Os colmos de bambu contêm várias substâncias nutritivas como o amido e açúcares, que atraem insetos e fungos.

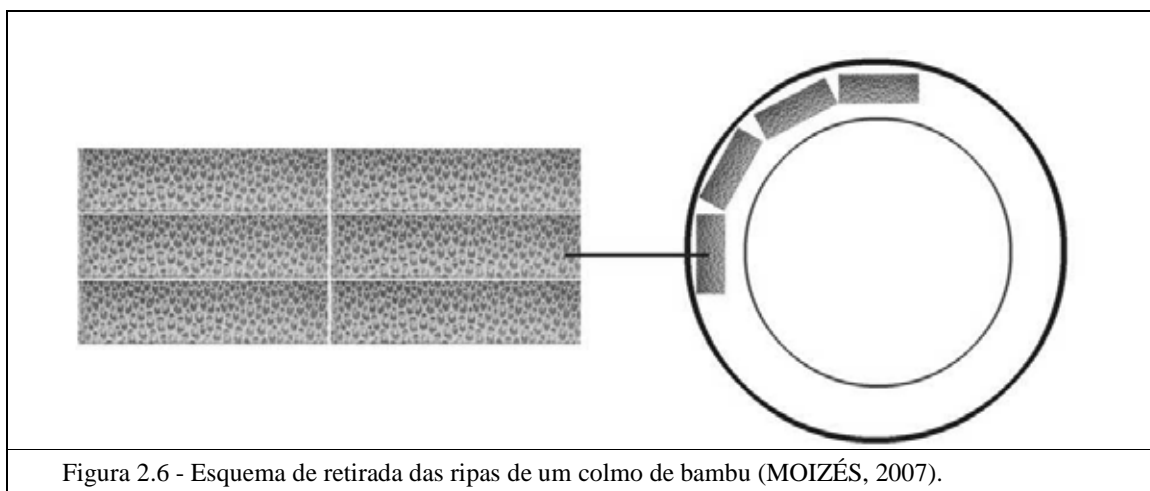
---

<sup>2</sup> FGM - Functionally Graded Composite Material. É um material que apresenta um gradiente de variação contínua em suas propriedades físicas e mecânicas vinculadas a uma gradual mudança na dimensão e distribuição de seus componentes meso e microestruturais

- A facilidade em se deteriorar impede que colmos não tratados sejam armazenados durante longos períodos de tempo.
- Os colmos de bambu são mais difíceis de serem processados industrialmente do que os troncos das árvores. Isto se deve principalmente a ausência de equipamentos e processos industriais adequados para trabalhar os colmos.
- Existem dificuldades em utilizar as técnicas e os equipamentos usados para processar a madeira diretamente para processar os colmos de bambu.
- A presença de silício nos colmos torna o material abrasivo, o que causa o desgaste prematuro das ferramentas de corte, especialmente as de aço rápido.

Uma seção transversal da parede de um colmo pode ser dividida em três regiões que tem basicamente a mesma natureza anatômica, porém apresentam gradientes funcionais claros e distintos. Estas regiões são denominadas de região da camada externa ou da casca, região da camada interna e região intermediária. A camada externa no bambu gigante tem normalmente espessura de 0,6 a 0,8 mm, textura forte e consistente e superfície levemente áspera. A camada interna também apresenta uma espessura de 0,6 a 0,8 mm, geralmente é de cor amarelada podendo apresentar tecido solto. A camada intermediária, compreendida entre a camada externa e a interna, é constituída principalmente por vasos vasculares, fibras e tecido básico. É esta camada intermediária da hipoderme que é chamada de “madeira” de bambu, de onde geralmente são extraídas as ripas, lascas, partículas ou lâminas do colmo de bambu; sub-produtos muito importantes para a padronização e homogeneização industrial do material bem como para a fabricação de uma variedade de produtos como os BLCs, bambu laminado colado, os compensados de bambu os aglomerados de bambu e os painéis de esteiras de bambu trançado, entre outros, CBRC (2006c). Na Figura 2.6 é mostrado um esquema comum usado para a extração de ripas serradas da seção de um colmo de bambu. Uma análise geométrica do esquema aponta para baixos rendimentos volumétricos. Ostapiv (2007) e Salamon (2009) através de diferentes metodologias falam que o rendimento produtivo para a transformação da região da base de colmos de mossô e bambu

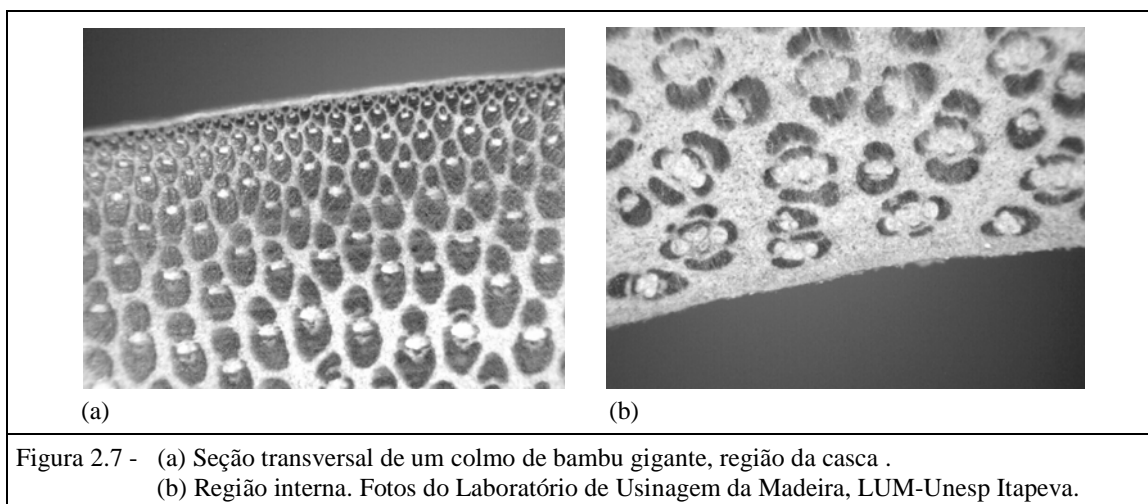
gigante em ripas serradas é de no máximo 25% e que este rendimento tende a diminuir significativamente para as regiões superiores do colmo.



A espessura da parede do colmo de bambu é maior na base diminuindo no sentido do ápice. A parede do colmo é constituída de bainhas de fibras verticais separadas em dois constituintes, vasos vasculares e tecido básico. Estas fibras podem ser vistas a olho nu ou com lentes de aumento. Em uma seção transversal podem ser observados o tecido básico e o padrão de distribuição dos vasos vasculares, conforme as Figuras 2.7a e 2.7b. O tecido básico é o material claro, que funciona como matriz de ligação para os feixes de fibras e os pacotes vasculares. Esta distribuição evidencia a estrutura de compósito natural FGM da hipoderme do bambu. Nas seções transversais, os diâmetros dos feixes fibrovasculares são maiores, mais espaçados e em menor número perto da camada interna, mostrado na parte inferior da Figura 2.7b. Diminuem de tamanho e aumentam em número na região externa ou região da casca do colmo, como mostrado na parte superior da Figura 2.7a.

A hipoderme do colmo de bambu é um compósito natural polimérico, lignocelulósico, não homogêneo e anisotrópico, ou seja, apresenta diferentes propriedades mecânicas, físicas e tecnológicas em diferentes direções. O sentido de maior resistência do material e dos produtos derivados como ripas e lâminas ocorre

na direção paralela a disposição dos feixes de fibras. Já no sentido transversal a estes feixes a resistência mecânica do material é menor.



A principal fonte das propriedades mecânicas do material vem da celulose, existente principalmente nos feixes fibrovasculares. A interface entre as fibras naturais com a matriz de lignina é muito boa. Assim, o conjunto todo apresenta propriedades mecânicas finais bastante apropriadas para serem usados como material de engenharia, especialmente na construção civil.

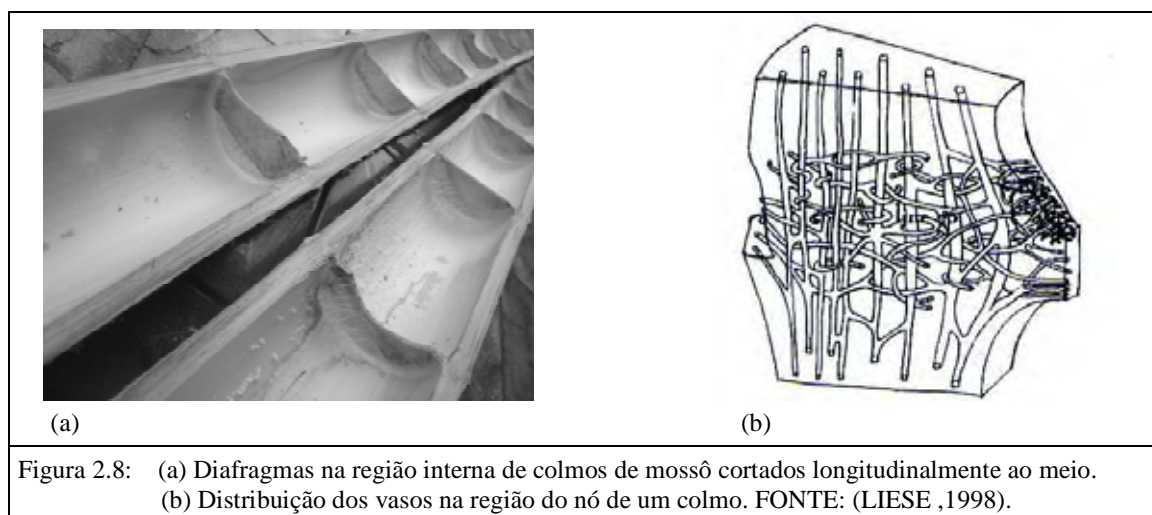
O material lignocelulósico proveniente do colmo de bambu apresenta um gradiente dimensional no diâmetro e na concentração específica de seus feixes de fibras ao longo da parede do colmo, podendo ser classificado como um *Functionally Graded Composite Material* (FGM), ou Material Compósito Natural Funcionalmente Graduado, estudado por Amada *et al* (1996), Ghavami, Rodrigues e Paciornick, (2003), Silva, Paulino e Walters, (2008) e Ostapiv *et al* (2010).

O tecido básico ocupa entre 40 a 60% do volume total do material lignocelulósico de um colmo. A distribuição deste tecido muda nas diversas regiões de altura do colmo de bambu. Para o bambu mossô, por exemplo, 60% do total do material da base é parênquima e no topo, apenas 40% do material é constituído deste tipo de tecido. A proporção de parênquima também aumenta gradualmente na parede do colmo, da camada externa para a interna.

Como discutido por Ostapiv *et al* (2008), a função do parênquima é armazenar água e nutrientes. Como a quantidade de parênquima diminui gradualmente com o passar do tempo, a espessura da parede celular torna-se cada vez menor com o envelhecimento. Isto explica o porquê da taxa de encolhimento (retração) durante a secagem ser menor nos colmos mais velhos em relação aos mais novos, e também porque os colmos maduros são menos flexíveis, porém dimensionalmente mais estáveis.

Outra característica importante dos tecidos básicos é que estes apresentam muitos buracos celulares, importantes para o transporte de água e a permeabilidade radial no lenho de bambu. Esta característica explica por que a camada interna, na qual há predominância de parênquima, é mais permeável ao tratamento químico do que a camada média e a externa. Também é por isto que a quantidade de água livre nesta região do colmo é maior o que por sua vez causa maiores retrações e inchamentos induzindo o aparecimento de trincas.

Na região dos inter-nós, os vasos ou feixes fibro-vasculares são paralelos e regulares, no entanto na região dos nós este arranjo muda e parte dos vasos desvia-se do paralelismo longitudinal formando um emaranhado aparentemente aleatório.



A estrutura nodal é importante para a movimentação de líquidos no colmo e também tem influência nas propriedades físicas e mecânicas do colmo e do material dele derivado. Os nós fazem uma espécie de amarração interna no colmo, evitando

que este rache mais facilmente, Figura 2.8a. No entanto a resistência mecânica, de um modo geral, é maior nos inter-nós do que nos nós, pois como os vasos vasculares são curvados nos nós, esquema mostrado na Figura 2.8b, as forças não são distribuídas uniformemente nas fibras que podem ser rompidas mais facilmente, principalmente pelo surgimento de forças cisalhantes nos feixes de fibras desalinhados, quando os colmos sofrem esforços mecânicos externos. Jain *et al* (1992) mostram que a resistência à tração paralela às fibras é em torno de 25% menor nos nós do que na região dos inter-nós.

O inchamento durante a absorção de água e a contração que ocorre com a perda de água na secagem do bambu, também são influenciados pela existência ou não de nós no material processado. O nó, mesmo tendo sido usinado, tende a ser uma região de amarração no material que se dilata e se retrai menos que a região dos inter-nós. Assim o bambu ao secar, varia com maior amplitude as suas dimensões na região onde não existem nós e com menor amplitude na região dos nós, gerando uma tensão interna, induzida pelo teor de umidade ou pela temperatura, que pode levar o material a trincar.

A espécie bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) é simpodial e entouceirante. Apesar de exótica a espécie está presente e aclimatada em várias regiões do Brasil. A grande espessura da parede do colmo e um dos maiores diâmetros de colmo entre as espécies de bambu, uma razoável linearidade longitudinal dos colmos, aliada a grande produtividade florestal, fazem desta uma espécie apropriada a reflorestamentos e ao uso industrial.

Gonçalves *et al* (2000), estudando algumas características dos colmos de bambu gigante na forma laminada colada BLC e simplesmente serrada longitudinalmente, apresenta os resultados mostrados nas Tabelas 2.6 e 2.7.

Tabela 2.6- Propriedades do bambu gigante laminado colado (GONÇALVES, 2000).

<b>BAMBU LAMINADO COLADO - BLC</b>	
Ensaio	Resistência (MPa)
Dureza	352
Compressão paralela às fibras (La)	55
Compressão normal às fibras (Lr)	18
Tração paralela às fibras (La)	195
Tração normal às fibras (Lr)	2,5
Cisalhamento	10
Flexão	166

Tabela 2.7- Propriedades do bambu gigante serrado (GONÇALVES, 2000).

<b>BAMBU SERRADO - Ripas</b>	
Ensaio	Resistência (MPa)
Compressão paralela às fibras	89
Tração paralela às fibras	161
Flexão	298
Resistência ao impacto na flexão	137 kJ/m <sup>2</sup>

Assim como na maioria dos bambus, o colmo do bambu gigante apresenta grande variabilidade nas características físicas e mecânicas, dentro de um mesmo colmo, tanto da base para o topo do colmo, como da casca para a região interna.

#### **2.4 Processos de laminação do bambu.**

Um fator limitante para a produção em escala industrial de painéis e produtos laminados colados de bambu refere-se principalmente à ausência de equipamentos nacionais, apropriados para realizar o processamento dos colmos de bambu.

Polucha (2006), que desenvolveu produtos voltados a sustentabilidade, usando laminados de bambu serrado em composição com outros materiais, afirma que o bambu recomposto apresenta um bom resultado, tanto estético quanto estrutural, porém é necessário o prosseguimento das pesquisas para facilitar a sua produção em escala comercial. O autor indica que é preciso buscar maiores informações sobre o

maquinário produzido em outros países, incentivar a importação, além de adaptar o maquinário existente no Brasil para viabilizar a confecção destas lâminas.

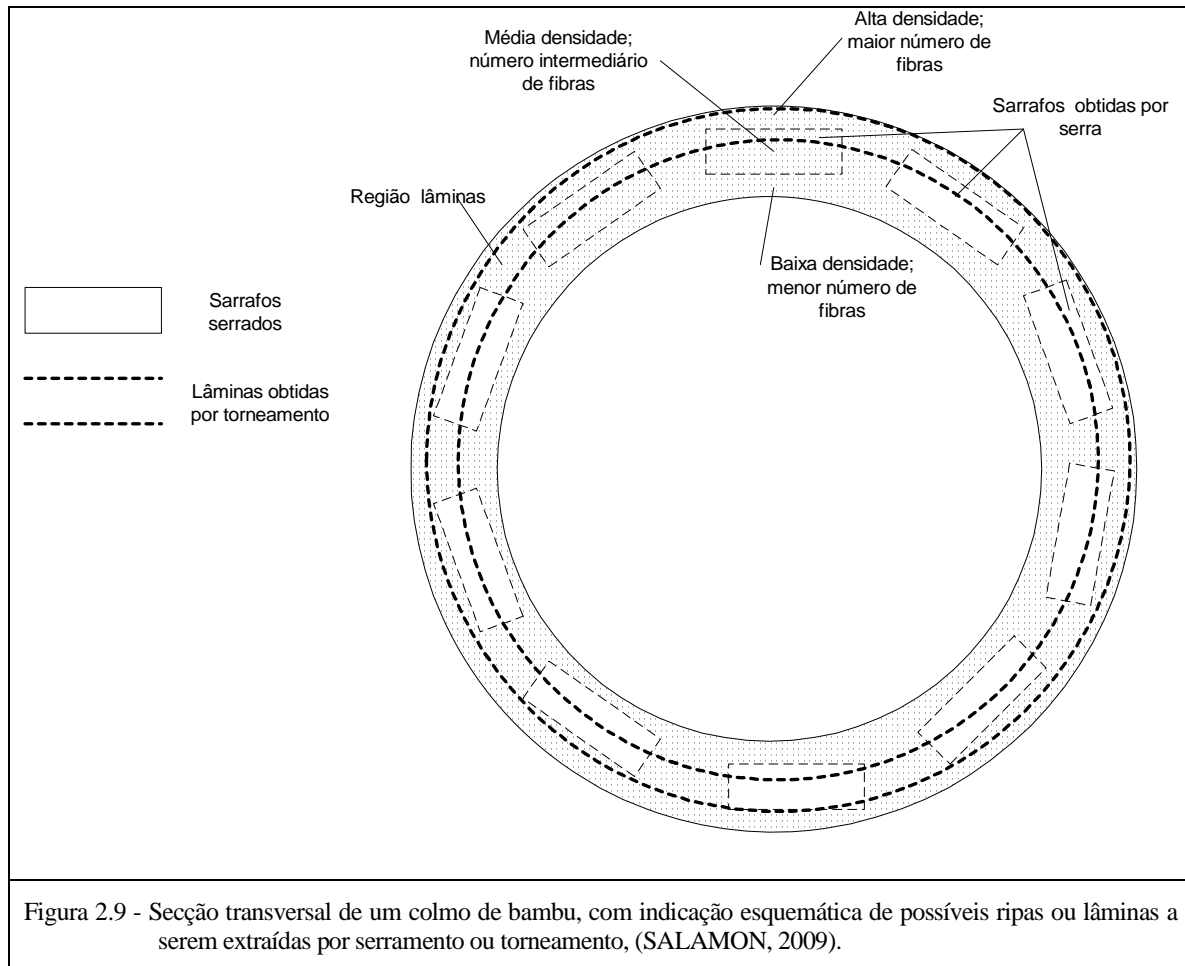
No Brasil até recentemente, as lâminas de bambu usadas em produtos ou em experimentos eram exclusivamente produzidas a partir de ripas com pequenas espessuras obtidas por serramento ou faqueamento longitudinal do colmo. Após a retirada da casca e do miolo por fresamento as ripas eram coladas e prensadas formando painéis sarrafeados do tipo BLC, mostrados na Figura 2.15. Seguia-se o aplainamento, para finalmente poderem ser obtidas lâminas finas por faqueamento alternativo ou por serramento dos painéis BLC. Esta técnica industrial ao homogeneizar o material causa perda significativa das qualidades FGM do mesmo. Além disso este processo de laminação por serramento tem baixíssimo rendimento e elevado número de operações intermediárias.

Por outro lado, como mostrou Salamon (2009), a laminação por torneamento é um processo primário de transformação dos colmos de bambu. O processo apresenta um elevado rendimento volumétrico e energético quando comparado com a obtenção de lâminas a partir de ripas, além disso, o processo por torneamento produz diretamente lâminas finas, largas e compridas de alto valor agregado.

Quando as ripas serradas são novamente unidas através do uso de adesivos, geralmente são misturadas ripas com densidades distintas e ripas com a região da casca disposta aleatoriamente, ora viradas para cima, ora para baixo. A partir deste material recomposto são obtidas lâminas finas por faqueamento ou lâminas mais espessas serradas. No entanto, estas lâminas tendem a apresentar uma maior variabilidade em suas propriedades mecânicas do que as lâminas contínuas obtidas por torneamento. Este é um aspecto importante, por exemplo, quando se aplicam substâncias para melhorar a dureza de pisos de madeira revestidos com lâminas de bambu ou na aplicação de selantes, tintas e vernizes.

Na Figura 2.9 é mostrada a secção transversal de um colmo de bambu, com a indicação esquemática de obtenção de possíveis ripas ou lâminas a serem extraídas. As áreas delimitadas pelos retângulos representam ripas ou sarrafos que podem ser produzidos por faqueamento, serramento ou fresamento de um colmo de bambu. Já a

área do anel pontilhado, representa a região de onde podem ser produzidas as lâminas torneadas.



Por definição uma lâmina é uma peça cuja geometria tem a dimensão da espessura extremamente reduzida em relação às outras duas dimensões, largura e comprimento. Este não é seguramente o caso de ripas, taliscas ou sarrafos de bambu, pois nestes a espessura normalmente não é muito fina, da ordem de 5 a 15 mm e também a largura não é muito grande, da ordem de 15 a 35 mm. Ou seja, só podem ser consideradas lâminas de bambu quando estes sub produtos são colados lateralmente, na forma de painel EGP, pois só então a largura e o comprimento serão muito maiores que a espessura. O material obtido então pode ser caracterizado como uma “lâmina” de bambu reconstituída por uso de adesivos. Estes materiais recompostos finalmente podem ser fatiados, agora sim, em lâminas muito finas,

como mostrado nas Figuras 2.10a e 2.10b. Esta técnica para obtenção de lâminas finas para revestimento é muito pouco utilizada no Brasil. De um modo geral, quem trabalha com bambu no país chama o material BLC sarrafeado de material laminado.

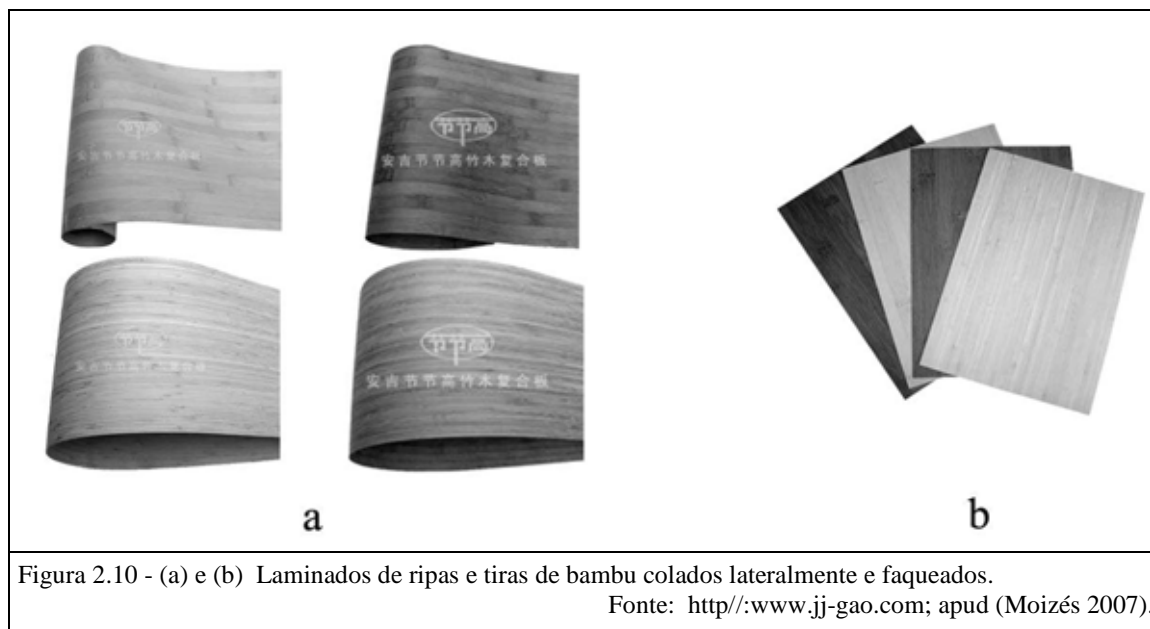
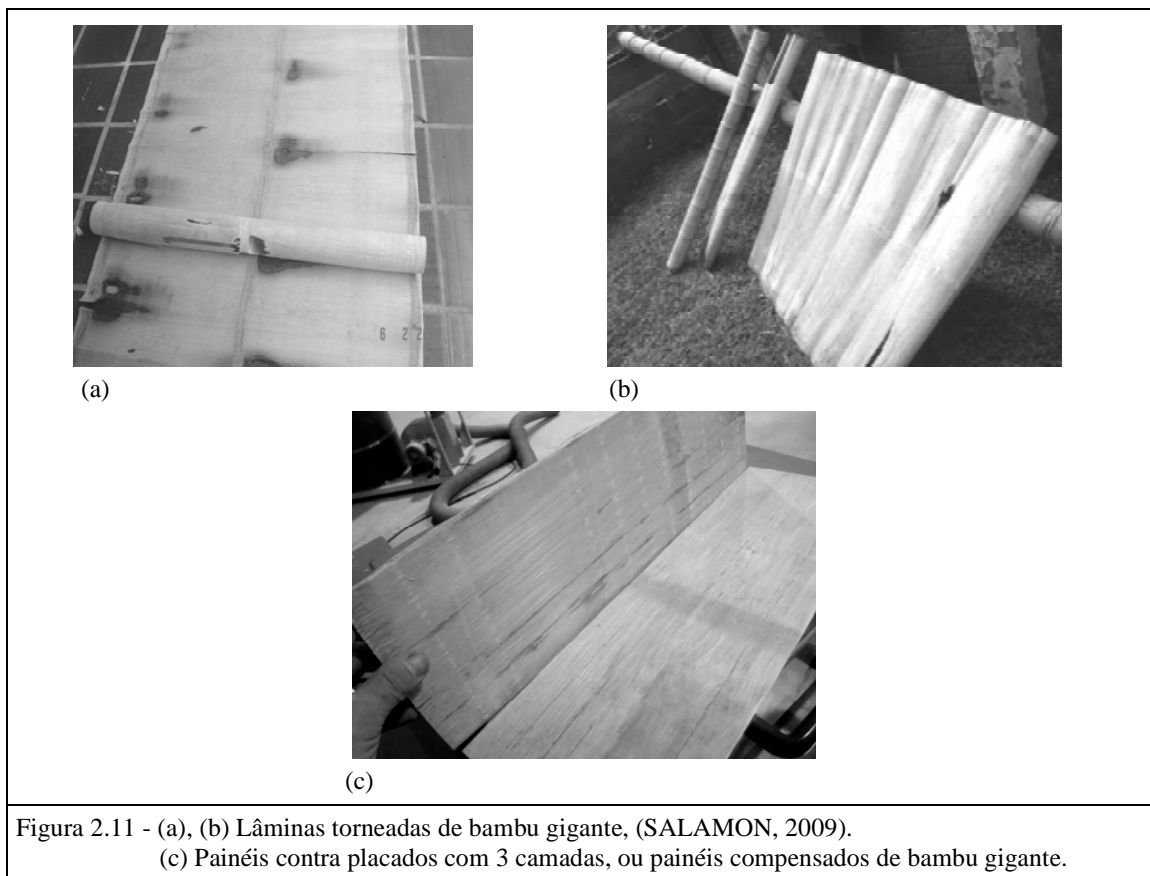


Figura 2.10 - (a) e (b) Laminados de ripas e tiras de bambu colados lateralmente e faqueados.

Fonte: <http://www.jj-gao.com>; apud (Moizés 2007).

Salamon (2009) demonstra a viabilidade técnica da produção de lâminas primárias de bambu gigante no Brasil, com a obtenção de lâminas, largas (1200 mm), compridas (2000 mm) e finas (1 mm) de bambu gigante, mostradas nas: Figuras 2.11a e 2.11b através do processo de usinagem por torneamento sem centros.

Com estas lâminas podem ser fabricados produtos industriais seriados de alto valor agregado e com elevado aproveitamento das potencialidades naturais do material. As possibilidades de aplicações e usos destas lâminas de bambu são inúmeras. Através da simples classificação das lâminas torneadas, é possível projetar e fabricar produtos inéditos, sem perdas acentuadas das características estruturais da “madeira” do bambu.



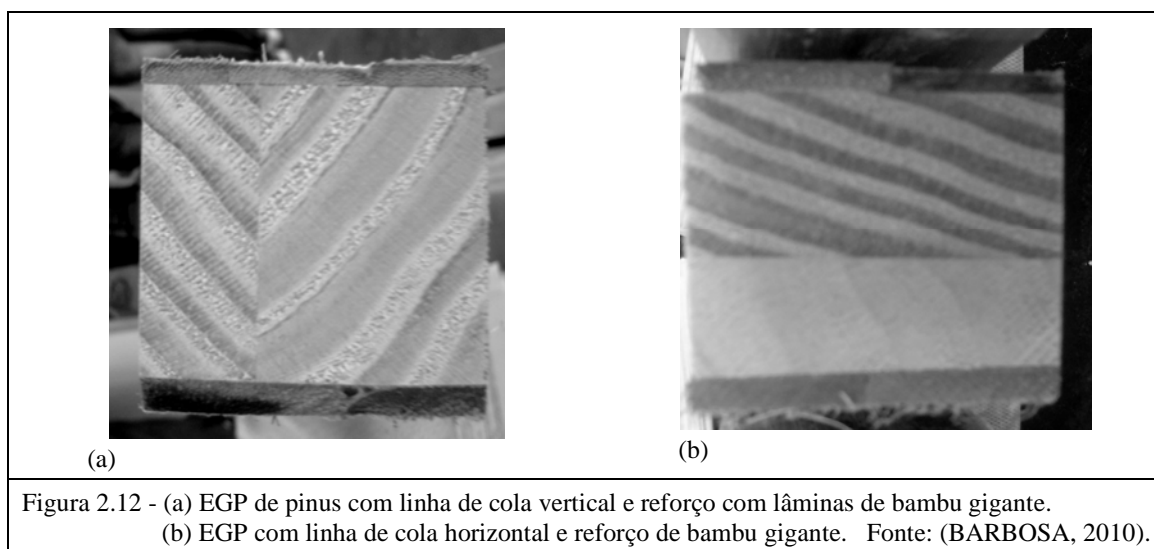
As lâminas de bambu são um excelente material para revestimento de painéis lignocelulósicos por vários motivos:

- Apresentam tonalidades claras que podem ser branqueadas tornando o material muito atrativo para os consumidores;
- O material pode receber tintas, vernizes e preservantes mantendo cores mais homogêneas, diferente das lâminas BLC;
- A textura da lâmina de bambu, devido ao alinhamento paralelo dos feixes fibrovasculares, demonstra aspecto visual diferenciado;
- O acabamento superficial das lâminas após lixamento é considerado muito bom;
- O acabamento superficial das lâminas, produzido diretamente pelo processo de torneamento, é adequado para o recebimento de colas e adesivos proporcionando uma boa ancoragem e interface entre os materiais durante o processo de adesão;

- As junções das lâminas, coladas lateralmente, não aparecem depois de ser dado o acabamento ao painel.

## 2.5 Reforço de peças de madeira com bambu.

Barbosa (2010) explica que a utilização de reforços com lâminas de bambu colado BLC, em estruturas de madeira vem apresentando resultados satisfatórios no sentido de melhorar as características mecânicas das madeiras moles e pouco densas. Na Figura 2.12 são mostradas peças de pinus com reforço de lâminas de bambu gigante.



Alguns tipos de compósitos com fibras utilizados para reforço de madeiras são: fibras de carbono, fibras de vidro, fibras de aramida, fibras de sisal, ripas e lâminas de bambu. Estes últimos, devido ao alto alinhamento dos feixes fibrovasculares que apresentam, são um compósito lignocelulósico do tipo matriz reforçada com fibras. De acordo com Fiorelli e Dias (2004), a madeira associada a um reforço com fibras, garante um incremento nas propriedades mecânicas de vigas de madeira e maior confiabilidade das estruturas.

Barbosa (2010) obteve incrementos significativos nos módulos de resistência e de elasticidade em ensaios de flexão estática em painéis EGP de *Pinus taeda* com a utilização de reforço de lâminas BLC de bambu, da espécie *Guadua angustifolia*.

Lima e Dias (2001), observaram um aumento da ordem de 50% na rigidez de vigas maciças de *Pinus elliottii* quando reforçadas com BLC de bambu. Lee *et al* (1997), estudando vigas de OSB de pinus, reforçado com lâminas BLC de bambu mossô, apontaram um aumento de 1,8 a 2,0 vezes para o módulo elasticidade (MOE) e 3,4 para o módulo de ruptura a flexão do painel estudado.

Ostapiv *et al* (2010), calculou o MOE e a dureza de lâminas de bambu mossô de 5 anos de idade, mostrados na Tabela 2.8. Foram usadas no cálculo a regra das misturas homogêneas para compósitos de matriz reforçada com fibras, modificadas para o bambu, apresentada por Ghavami, Rodrigues e Paciornik (2003). As equações representativas das variações da distribuição volumétrica dos feixes de fibras na seção transversal do material foram levantadas por estes autores através da segmentação e análise de imagens da parede do colmo de bambu. As medições da dureza das fibras e da matriz de lignina foram obtidas pelo processo de nano indentação, foi feita por Berndsen (2008) nos laboratórios de física da UFPR.

Tabela 2.8 - Valores estimados para MOE no sentido transversal dos feixes de fibras e dureza de lâminas torneadas de mossô de 5 anos de idade.

<b>MOSSÔ</b>	<b>Espessura da parede do colmo</b>	<b>Fração volumétrica (feixes fibras/matriz)</b>	<b>MOE (GPa)</b>	<b>Dureza (MPa)</b>
Região interna	0 a 20%	16,0/84,0 a 17,6/82,4	2,4	89,4 a 91,5
Região intermediária	20 a 80%	17,6/82,4 a 41,3/58,7	2,4 a 2,9	91,5 a 123,3
Região externa	Acima de 80%	41,3/58,7 a 55,7/44,3	2,9 a 3,3	123,3 a 142,6

Os valores encontrados nesta tabela referem-se às propriedades do material no plano transversal aos feixes fibrovasculares, ou seja, no plano perpendicular à orientação geral das fibras no material, portanto perpendicular à grã do bambu.

A nano indentação foi realizada no plano transversal aos feixes fibrovasculares que é um plano de menor resistência mecânica das fibras em relação ao plano longitudinal. Como pode se observar na Tabela 2.8 os valores calculados para o MOE no plano de cisalhamento das fibras, transversal aos feixes de fibras, é cerca de 4 vezes menor que o valor do MOE no plano longitudinal das fibras

encontrada por diferentes autores. No entanto, apesar de menores, estes valores da resistência mecânica das lâminas de bambu no sentido normal às fibras são importantes, pois permitem entender melhor o comportamento do material quando este é usado como revestimento e reforço em painéis sarrafeados de madeira, especialmente quando o conjunto final é submetido a esforços cisalhantes nas lâminas. Na Tabela 2.9 são apresentados alguns valores de resistência à tração e do MOE de materiais utilizados como reforço em elementos estruturais.

Tabela 2.9 - Comparação do MOE e resistência à tração de materiais utilizados como reforço (BARBOSA, 2010).

<b>Material</b>	<b>MOE (GPa)</b>	<b>Autores</b>
Lâminas bambu gigante	17,9	CARRASCO <i>et.al.</i> (1995)
Lâminas Mossô	11,8	WETHYGAVIVORN <i>et al.</i> (2002)
BLC Mossô	12,3	NUGROHO & ANDO (1999)
Talisca bambu gigante	12,5	RIVERO (2003)
Talisca bb. gigante sem nó	23,7	LIMA e DIAS (2000)
Colmo bambu gigante	11	LIMA <i>et al.</i> (2001)
Colmo bambu <i>B. vulgaris</i>	9	LIMA <i>et al.</i> (2001)

## 2.6 Painéis à base de madeira.

Gonçalves (2000) apresenta uma classificação dos painéis à base de madeira, a partir do material industrializado padronizado empregado na fabricação destes produtos:

- A partir de lâminas:

- Painéis de madeira compensada, *Plywood* (PW);
- Painéis micro-laminados, *Laminated veneer lumber* (LVL).

- A partir de partículas:

- Chapa de madeira aglomerada, *Particle board* (PB);
- Chapa de flocos orientados, *Oriented strand board* (OSB);
- Chapa de flocos não-orientados, *Wafer board* (WB);
- Peça de flocos orientados, *Oriented strand lumber* (OSL).

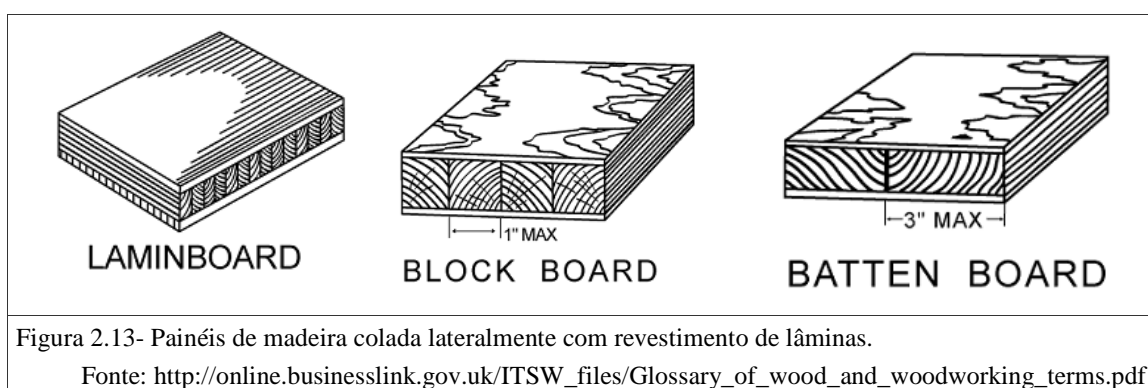
- A partir de fibras:

- Chapa isolante (IB); *Insulating board*
- Chapa dura, (HB); *Hardboard*
- Chapa de média densidade, *Medium density fiberboard* (MDF).

- A partir de ripas ou sarrafos:

- Peça de ripas paralelas, *Parallel strand lumber* (PSL).
- Painéis sarrafeados de madeira colada lateralmente, *Edge glued panel* (EGP).
- Chapa de madeira sarrafeada com capa de lâminas ou chapa dura formam os painéis chamados laminados como os *laminboards* e os *Block boards* (BB).

Quando os sarrafos tem espessura de 3 a 7 mm, o painel é chamado de *laminboard*, se a espessura é de 7 a 30 mm, *block board* e quando a espessura tem de 30 a 75 mm formando caibros, o painel é chamado de *batten board*. Representações esquemáticas destes painéis são mostradas na Figura 2.13.



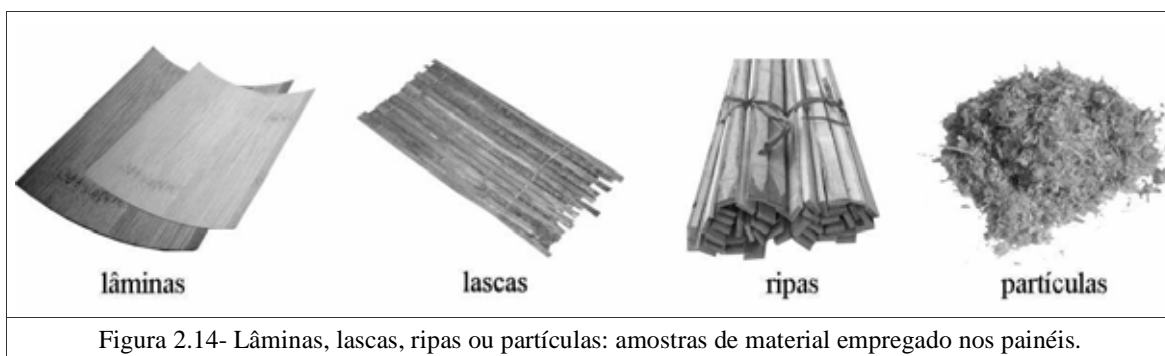
Dos painéis reconstituídos de madeira o de especial interesse neste trabalho é um painel tipo sanduíche, cujo miolo é constituído de sarrafos de madeira paralelos colados lateralmente, com espessura em torno de 12 mm. Ou seja, um painel cujo substrato é um painel sarrafeado de eucalipto com revestimento de lâminas contínuas de bambu em ambas as faces, coladas no sentido transversal dos sarrafos formando um painel BB de bambu gibante laminado com substrato de eucalipto.

## 2.7 Painéis à base de bambu.

Assim como os painéis à base de madeira, os painéis a base de bambu são classificados, conforme o material industrializado básico e homogeneizado que os constitui, em painéis a partir de:

- Tiras ou ripas de bambu (*Strips*);
- Lascas ou fatias finas de bambu (*Sliver*);
- Partículas (*Particles*);
- Lâminas (*Lamin*).

Na Figura 2.14, Moizés (2007) mostra os quatro tipos básicos e homogeneizados de materiais derivados de colmos de bambu, que formam a base para a fabricação e a classificação dos painéis de bambu.



Apesar dos painéis a base de bambu, serem produtos similares aos painéis produzidos a partir da madeira, existem diferenças e particularidades nos painéis de bambu, especialmente quanto a sua fabricação, mas também quanto às características do material.

Estruturalmente os painéis de bambu podem ter uma ou mais camadas, com diferentes formatos, direções e disposições das ripas, tiras ou das lâminas que os constituem. Moizés (2007) apresenta composições de painéis sarrafeados e laminados a base de bambu na figura do Anexo B. No entanto neste esquema geral, não é verificada a presença da família de painéis laminados clássicos, do tipo *lamin*, *batten* ou *block boards* de bambu. Estes painéis nada mais são do que painéis sarrafeados tipo EGP de madeira ou de bambu revestidos com lâminas finas e largas de bambu. É interessante verificar esta importante ausência, uma vez que os painéis a base de lâminas de madeira são produtos industriais bem conhecidos e

comercialmente estabelecidos no mercado americano e europeu. São produtos muito consumidos e apresentam diversas utilizações, principalmente na fabricação de móveis e portas.

Painéis laminados nos quais são usadas lâminas de bambu como capa ou contra-capa, não são fabricados comercialmente no Brasil mas produzidos eventualmente para experimentação nas universidades e centros de pesquisa. No entanto, são painéis exclusivamente derivados de ripas de bambu, sujeitos a um dispendioso processo de fabricação. Não se tem notícia no Brasil da fabricação e ensaio de painéis derivados de lâminas contínuas, finas e largas, obtidas por torneamento de colmos de bambu. Salamon (2009), explica que as lâminas torneadas de bambu são produzidas em um processo primário de elevado rendimento volumétrico e energético.

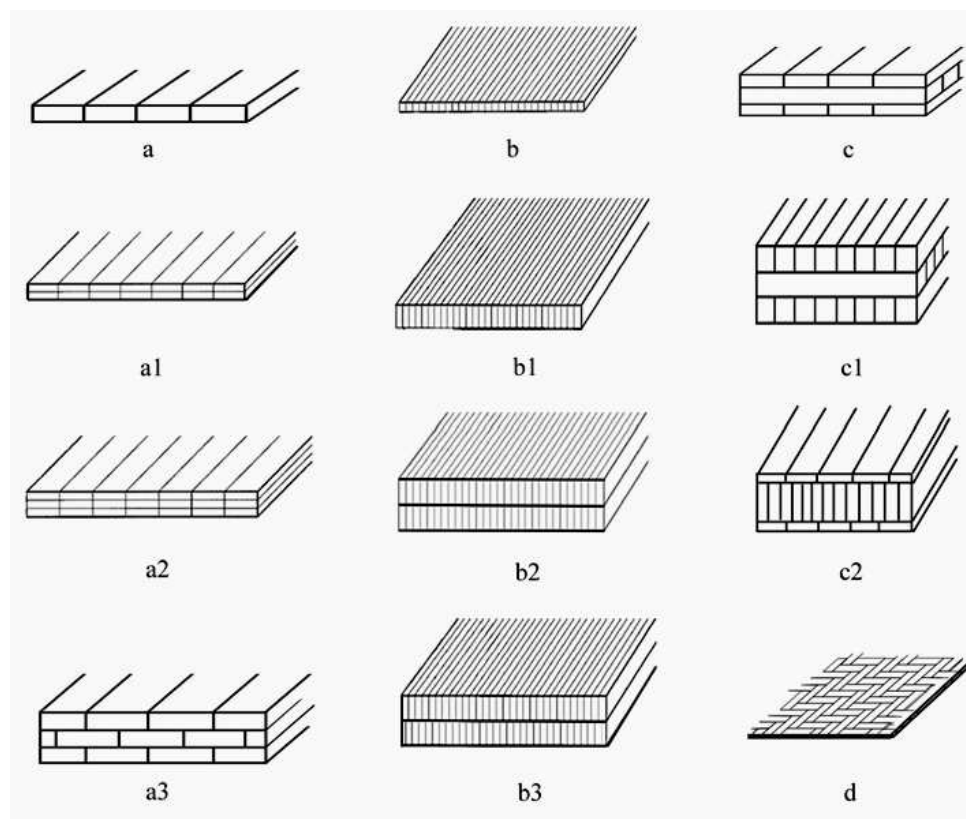


Figura 2.15 - Painéis de ripas de bambu coladas: (a, a1, a2, a3) na horizontal; (b, b1, b2, b3) na vertical; (c, c1, c2) em direções perpendiculares; (d) painéis com tiras finas fatiadas entrelaçadas.

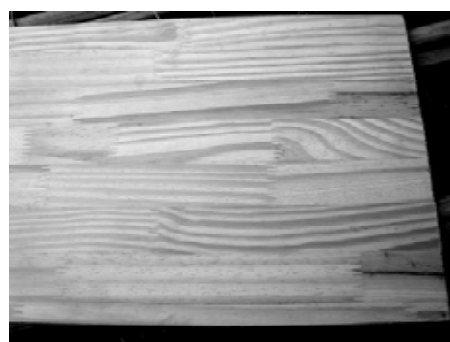
Fonte: (MOIZÉS, 2007).

As lâminas obtidas por torneamento de colmos permitem a fabricação de painéis contra placados finos como os *laminboards*, *block boards* e *batten boards* de bambu. São produtos bastante diferentes dos obtidos a partir das ripas de bambu. Estes novos produtos laminados não aparecem, por exemplo, no esquema geral de painéis de bambu elaborado por Moizés (2007), mostrado no Anexo B. A ausência desta importante classe de produtos de bambu, reforça a importância do tema proposto neste trabalho.

Como mostrou Gonçalves (2000), painéis laminados fabricados a partir da madeira são comuns e utilizados há bastante tempo, no entanto, como indica Moizés (2007), não existem estes produtos de bambu especialmente no Brasil.

## 2.8 Painéis compostos de madeira e bambu laminado.

Os painéis de madeira sarrafeados e colados lateralmente são atualmente bastante utilizados para a confecção de móveis, portas, pisos, forros e na construção civil. Este tipo de painel utiliza pedaços pequenos de madeira para a confecção de painéis que apresentam aspecto de madeira sólida. Isto gera grande valor agregado ao produto final. O que antes podia ser resíduo, agora se transforma em produto valioso, sendo a técnica bastante eco-eficiente e sustentável. A madeira para os sarrafos pode ser originada de árvores de pequenos diâmetros ou do que anteriormente era considerada sobra nas serrarias (IWAKIRI, 2002).



(a)



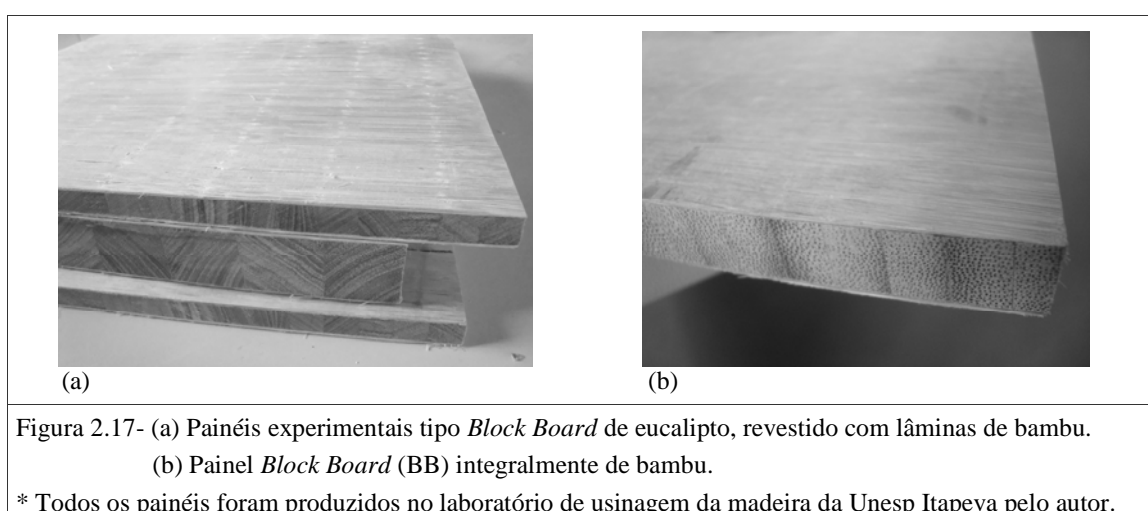
(b)

Figura 2.16 - (a) Painel comercial tipo EGP de pinus.

(b) Dois painéis experimentais tipo EGP de eucalipto na parte superior e um de bambu gigante na parte inferior da foto, todos os painéis produzidos no pelo autor, 2010.

Nas Figuras 2.14a é mostrado um painel EGP comercial de pinus. Na Figura 2.14b são mostrados painéis experimentais sarrafeados colados lateralmente de eucalipto e também de bambu.

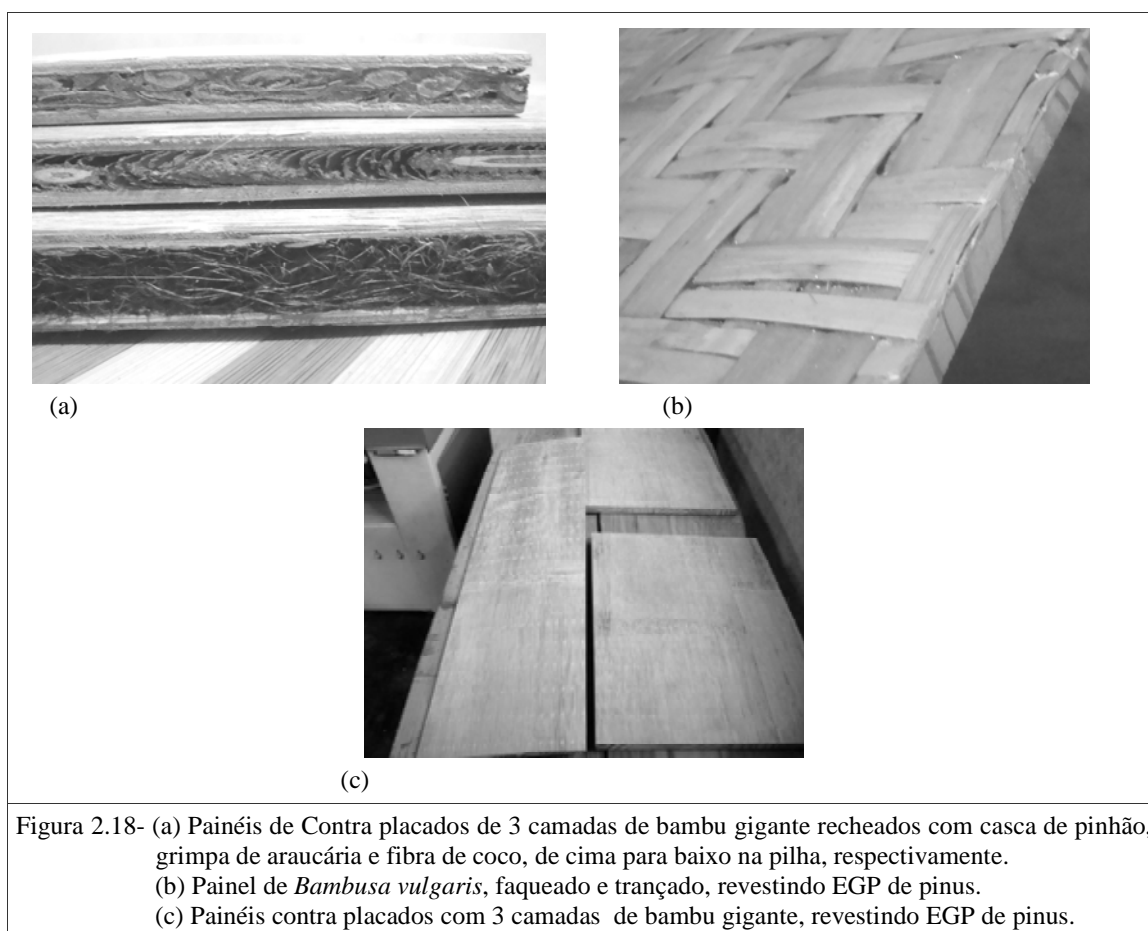
Ao se revestir um painel tipo EGP com lâminas obtém-se um novo painel, do tipo *Lamin, batten ou Blockboards* como os mostrados nas Figuras 2.17a e 2.17b. Estes painéis são uma evolução tecnológica em relação aos painéis sarrafeados sem revestimento laminado, pois tem um comportamento mecânico diferenciado e melhorado, além de agregar valor econômico e estético às madeiras reconstituídas.



Lee *et al* (1997) e Hiziroglu *et al* (2005), descreveram que a inclusão de BLC em painéis OSB de pinus aumenta as propriedades mecânicas do conjunto, especialmente às relacionadas à flexão (módulo de ruptura – MOR e módulo de elasticidade - MOE) assim como Xu *et al* (1998), mostraram que a inclusão de lâminas BLC em painéis compensados de pinus também proporciona reforço mecânico significativo ao conjunto.

Mas uma das principais vantagens do uso das lâminas de bambu em painéis de madeira diz respeito ao revestimento. Com a obtenção de uma superfície contínua, sem a presença evidente de linhas de junção coladas, não se percebe uma descontinuidade na textura e nos desenhos da superfície das lâminas, produzindo um efeito bastante apreciado. O produto final imita perfeitamente o aspecto de madeira sólida de grandes dimensões, agregando muito valor ao produto.

As lâminas de bambu obtidas por torneamento, associadas com os mais diversos tipos de materiais lignocelulósicos, especialmente com as madeiras e seus derivados tais como partículas, fibras e ripas, resulta em novos materiais compósitos, com propriedades mecânicas superiores às encontradas individualmente por qualquer uma das partes, originando produtos de maior alto valor agregado, ampliando as possibilidades de design e uso, na elaboração de novos produtos industriais. Por exemplo, as lâminas de bambu obtidas por torneamento podem facilmente ser usadas na fabricação de novos painéis experimentais tipo sanduíche, com materiais não convencionais, tais como: grimpa de araucária, casca de coco, casca de pinhão, casca de pinus, etc. Na Figura 2.18 são mostrados alguns destes painéis elaborados com lâminas de bambu e diversos tipos de materiais lignocelulósicos.



## **2.9 Adesivos vinílicos e aspectos da adesão para emprego em painéis de madeira**

Lima *et al* (2008), afirmam que a colagem é uma etapa fundamental para a moderna indústria de produtos reconstituídos da madeira, promovendo um aproveitamento mais racional da matéria-prima e que ultimamente vem se tornando uma necessidade, tanto pela tecnologia desenvolvida quanto pela escassez de madeira sólida.

O processo de colagem envolve três elementos importantes: adesivo, aderente e adesão. Segundo Rech (2007) e Cardoso Jr (2008), adesivo é um termo genérico que designa uma categoria de produtos (colas, resinas, pasta, goma, cimento) cuja finalidade é prender, ligar ou juntar dois ou mais materiais. Em termos industriais, é toda substância com propriedades de aderir algo fortemente a um substrato igual ou diferente, formando uma ligação superficial forte e duradoura, e se desenvolve dentro de condições específicas, tais como calor, pressão e tempo.

De acordo com Wellons (1997), os adesivos podem ser entendidos como sendo substâncias com propriedade de aderir fortemente a um substrato de um mesmo material ou de materiais diferentes mantendo-os unidos por meio de uma ligação superficial. Esta propriedade, não intrínseca à substância, desenvolve-se sob determinadas condições enquanto interage com a superfície do aderente. Os aderentes são os materiais sólidos ligados pelo adesivo, também podem ser chamados de substratos, como a madeira, o bambu, a lâmina, entre outros.

Ainda segundo o autor, a adesão é o fenômeno mais importante do processo de colagem. A formação da ligação adesiva pode se dar por atração e por ligações químicas através das chamadas ligações primárias (iônicas, covalentes, coordenadas e metálicas) e através de forças secundárias intermoleculares. Já a ligação por atração se deve a interação entre duas superfícies causada por um forte campo de forças atrativas provenientes dos constituintes de cada superfície.

O adesivo vinílico é um tipo de produto sintético, produzido a partir da polimerização do acetato de vinila disperso em água. Os adesivos vinílicos são comumente chamados de “colas brancas” ou “adesivos PVA”. São largamente

utilizados na colagem de madeiras em inúmeras operações sendo as principais a colagem de painéis sarrafeados, a união *finger-joint*, a colagem de lâminas como revestimento em painéis e a montagem final de produtos a base de madeira. O PVAc, acetato de polivinil, é um adesivo termoplástico pertencente à família dos ésteres polivinílicos também conhecidos como borracha sintética.

O grupo de acetatos sintéticos polivinílico composto de adesivos pré-polimerizados, é muito empregado em colagem de madeira, na qual a cura é feita por perda do solvente dispersante. Tem vida útil longa devido à alta estabilidade química e física. Tem grande resistência à ação de microorganismos e apresentam propriedades de contato e prensagem exigindo pouco esforço na prensa (JESUS, 2000).

Segundo Haubrich *et al* (2007), a fixação dos substratos de madeira ocorre principalmente de forma mecânica, obedecendo à seguinte seqüência de fenômenos físico-químicos:

- Umectação das superfícies onde o adesivo é aplicado;
- Penetração adequada nos substratos;
- Secagem (perda de água);
- Cura;

Para que o resultado final da colagem seja eficiente e resistente, o adesivo deve ter a capacidade de transferir as tensões de um substrato para o outro, sem contudo perder sua coesão e sua resistência. A colagem da madeira se faz de forma mecânica, isto é, o adesivo penetra em seus poros, perde umidade e seca, consolidando a colagem. Em alguns casos, dependendo do tipo de adesivo utilizado, ocorre mais uma etapa, que é chamada de cura. A cura é o termo utilizado para a reticulação que ocorre nos adesivos reativos (mono ou bicomponentes), e acontece após a etapa de secagem. É nessa etapa que alguns tipos de adesivos consolidam suas capacidades máximas de resistência à umidade. Já a chamada “pega” é a capacidade que os adesivos vinílicos possuem de apresentar uma sensível coesão enquanto o adesivo ainda está úmido. Essa característica favorece operações onde o tempo de prensagem disponível é curto. A secagem é a etapa da colagem em que o

adesivo perde sua umidade para o meio ambiente e para o substrato, concretizando, assim, a colagem. A velocidade de secagem está diretamente ligada às condições ambientais, à umidade e temperatura da madeira e ao processo de prensagem utilizado. Nos adesivos convencionais é nessa etapa que a colagem se concretiza.

Os materiais lignocelulósicos possuem grupos de hidroxilas polares na superfície devido à celulose e à lignina, sendo que estes grupos têm grande facilidade em interagir com matrizes poliméricas também polares, no entanto, segundo Marra (1992), a colagem de madeira não é nada fácil, se forem consideradas a maioria das variáveis envolvidas no processo.

A colagem dependerá, como indicou Sobral Filho (1982), das características da cola, mas também de variáveis relacionada com o ambiente, com a estrutura morfológica da madeira, com a maneira que a madeira foi processada e em consequência com a sua rugosidade superficial antes de ser colada, com a geometria da peça, e com uma série de parâmetros relacionados às características físico-químicas do adesivo e do material a serem colados, como o procedimento adotado na colagem e as condições a que as peças serão expostas quando em serviço.

Sabe-se que apesar de ser usado o mesmo adesivo na mesma madeira, duas peças de madeira nunca colarão de forma igual.

## **2.10 Rugosidade superficial.**

Segundo Tibúrcio (2009), o acabamento superficial é medido através da rugosidade superficial e este parâmetro é representado geralmente em micro metro ( $\mu\text{m}$ ). A rugosidade é um dos parâmetros mais difundidos e aceitos para a verificação da qualidade da superfície de um material. A rugosidade depende da natureza do material e dos processos de manufatura a que este foi submetido.

Vários conceitos, nomenclaturas e critérios usados para a avaliação da rugosidade superficial de materiais, são apresentados na NBR ISO 4287:2002 da

Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT <sup>3</sup>. Na Figura 2.19 a dimensão  $l_e$  representa o comprimento de amostragem, pois como o perfil efetivo de um material apresenta além da rugosidade, ondulações maiores, busca-se estabelecer um comprimento de amostragem  $l_e$ , com o qual seja possível filtrar ondulações de maior amplitude (textura secundária) que não devem ser consideradas como rugosidade superficial (textura primária). A norma recomenda que os rugosímetros devam medir cinco comprimentos de amostragem ( $l_m$ : comprimento de medição) e indicar um valor médio.

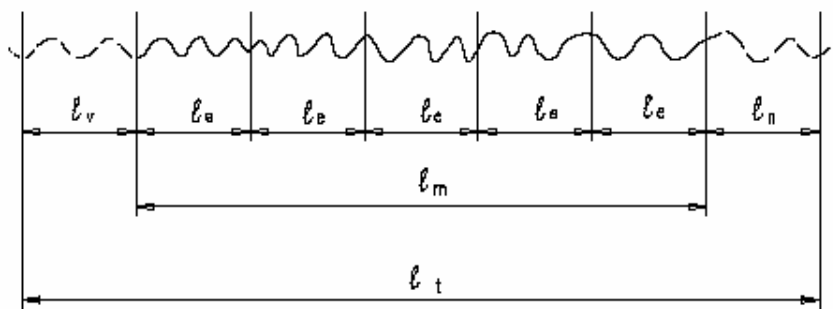


Figura 2.19 – Comprimentos para avaliação de rugosidade. Fonte NBR 4287.

Na Figura 2.20 são mostrados os comprimentos considerados importantes para avaliação da rugosidade de uma superfície.

$l_m$ : comprimento do percurso de medição - extensão do trecho útil do perfil de rugosidade utilizado diretamente na avaliação, projetado sobre a linha média;

$l_t$ : comprimento total de medição;

$l_v$ : comprimento para atingir a velocidade de medição

$l_n$ : comprimento para parada do apalpador.

A primeira e a última parte do trecho apalpado não são utilizadas na avaliação, com a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas do sistema e ajuste do perfil de rugosidade.

São usados dois sistemas básicos de medida de rugosidade: o da linha média M e o da envolvente. No Brasil a ABNT adotou o sistema M da linha média que é uma

<sup>3</sup> A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. Trata-se de uma entidade privada e sem fins lucrativos e de utilidade pública, fundada em 1940.

linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, de maneira que a soma das áreas superiores, dos picos, compreendidas entre a linha média e o perfil efetivo<sup>4</sup> da superfície ao longo do eixo de medida, seja igual à soma das áreas inferiores, dos vales, no comprimento da amostragem ( $l_e$ ): Figura 2.18.

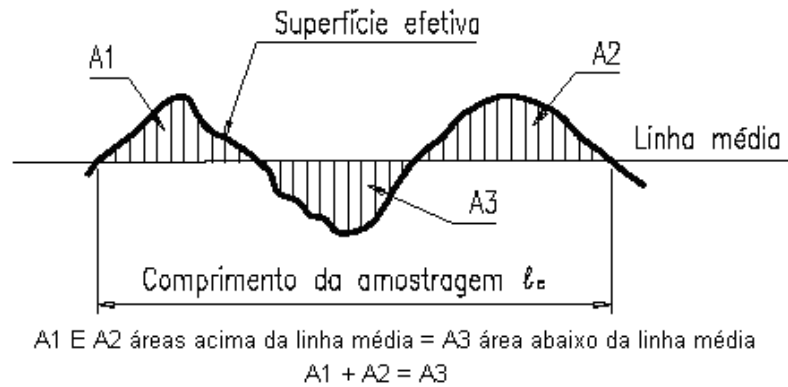


Figura 2.20: Linha média e áreas mínimas superiores e inferiores. Fonte NBR 4287.

A Rugosidade média (**Ra**) é o parâmetro mais utilizado, mostrado graficamente na Figura 2.21. Matematicamente é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento ( $y_i$ ), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição (**lm**). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (**lm**).

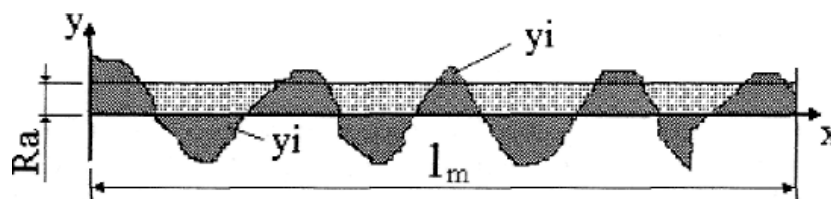


Figura 2.21: Rugosidade média Ra onde  $y_i$  é o valor de um pico ou de um vale. Fonte NBR 4287.

A rugosidade máxima (**Rmáx**) é o maior valor encontrado no comprimento da amostragem, é um parâmetro importante para complementar a caracterização de uma superfície.

<sup>4</sup> É a superfície avaliada pela técnica e instrumento de medição, com forma aproximada da superfície real.

## **2.11 Lixamento de lâminas de bambu**

Com discutem Varanda *et al* (2010), o lixamento para acabamento superficial é um dos principais processos industriais utilizados, especialmente para madeiras e seus derivados tais como os painéis reconstituídos. Daí a importância de quantificar o acabamento superficial obtido por lixamento alternativo nas lâminas de bambu gigante.

O processo de lixamento pode ser usado tanto para desbaste, com lixas cujos elementos abrasivos têm maiores dimensões, como para acabamento, com lixas de granulometria mais fina. Esta classificação das lixas é determinada por um número que indica a escala Mesh de peneiras usadas para definir a granulometria dos elementos abrasivos da lixa. Assim lixas com pequeno número (abaixo de 120) são usadas para desbaste e lixas com números maiores são usadas para acabamento. Neste processo busca-se a diminuição uniforme da rugosidade superficial do material.

Com o lixamento adequado a madeira fica mais brilhante e bonita pois somem os pequenos defeitos superficiais como riscos de ferramentas, arrancamento de feixes de fibras, etc. Além disso, como a madeira fica com menor rugosidade superficial após o lixamento, durante a etapa de pintura tende a absorver menos tinta.

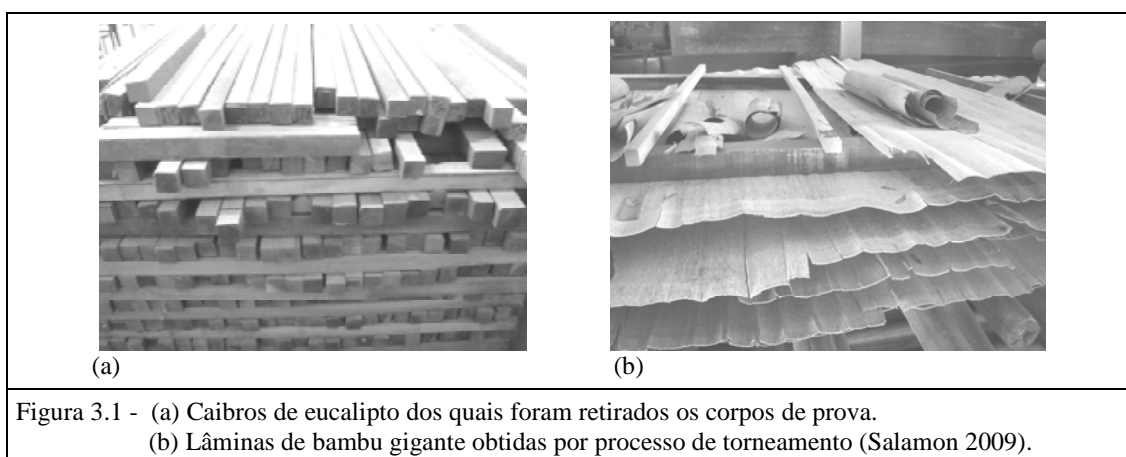
### 3. METODOLOGIA

A metodologia descreve como foram desenvolvidos os ensaios mecânicos de cisalhamento e de tração normal, realizados na madeira de *Eucalyptus saligna* e o ensaio de flexão estática realizado nos painéis sarrafeados de eucalipto. Todos os ensaios foram realizados com e sem o revestimento com lâminas finas de bambu gigante, coladas com adesivo PVAc. Além disso na metodologia é descrita a fabricação: dos corpos de prova usados nos ensaios de cisalhamento e de tração; dos painéis sarrafeados de eucalipto; dos painéis *blockboard* de bambu-eucalipto; dos corpos de prova necessários para o ensaio de flexão estática dos painéis. Finalmente é descrito como se procedeu a avaliação da rugosidade superficial das lâminas de bambu submetidas ao processo de lixamento manual com seqüência gradativa de lixas.

#### 3.1 Materiais.

Na confecção das amostras necessárias aos ensaios mecânicos de cisalhamento e de tração normal, bem como para a fabricação dos painéis sarrafeados de eucalipto, dos painéis BB de bambu-eucalipto e dos corpos de prova usados nos ensaios de flexão, foram usados os seguintes materiais:

1. Madeira de *Eucalyptus saligna*, serrada de toras da base de árvores de grande diâmetro, na forma de caibros, adquirida na serraria Faidiga, do município de Bauru, São Paulo. Na Figura 3.1a são mostrados exemplares destes caibros de eucalipto.
2. As lâminas de bambu *Dendrocalamus giganteus* usadas para revestir os corpos de prova de eucalipto e os painéis, foram obtidas por processo de torneamento de peças da região da base de colmos com mais de 170 mm de diâmetro e 4 anos de idade por Salamon (2009), mostradas na Figura 3.1b.
3. O adesivo PVAc, (Polivinil acetado ou Acetato de polivinila), também conhecida como cola branca, com nome comercial de Wonderbond 2555 usado neste trabalho, foi gentilmente cedido à Unesp Itapeva pela empresa HEXION Química - Indústria e Comércio Ltda.



A matéria prima utilizada apresentava as seguintes características:

Os caibros de eucalipto foram retirados da região da base de toras de grande diâmetro, de espécimes com mais de 35 anos de idade. Varanda (2010), trabalhando com *Eucalyptus. saligna*, encontrou valores de  $0,96 \pm 0,09 \text{ g/cm}^3$  para a densidade aparente média usando a norma NBR 7190:1990, e teor de umidade de  $12,49 \pm 0,35\%$  determinado segundo a NBR 9656:1986.

Os caibros foram gradeados e deixados por mais de 15 anos em repouso no laboratório de madeira da Unesp Bauru e posteriormente da Unesp Itapeva. Todos os corpos de prova fabricados para este trabalho foram retirados desta matéria prima. A madeira de eucalipto apresentava de um modo geral, alta massa específica, coloração avermelhada acentuada e alta densidade de anéis de crescimento por polegada, como pode ser observado na Figura 3.2.



Os caibros foram serrados de diferentes regiões do tronco, extraídas desde a região próxima ao centro do tronco ou região da medula, até as regiões próximas a casca ou região do alburno. Esta obtenção aleatória simula o que acontece no cotidiano de algumas empresas de beneficiamento de madeira. Assim, os anéis de crescimento ficaram orientados de diversas maneiras ao longo do eixo longitudinal destes caibros. A partir deste arranjo, os caibros de eucalipto foram classificados e agrupados em três famílias, caibros cujos anéis de crescimento estão orientados preferencialmente de forma radial (R), de forma tangencial (T) ou de forma diagonal (R/T). Esta orientação dos anéis de crescimento na madeira aparece nas seções transversais dos caibros e também nos corpos de prova de cisalhamento e tração usados nos ensaios.

As lâminas de bambu gigante, usadas neste trabalho, foram produzidas de forma inédita no país, utilizando-se um torno laminador sem centros por Salamon (2009), que avaliou a qualidade da superfície e a uniformidade da espessura das lâminas. Alguns resultados obtidos são mostrados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1- Rugosidades Ra ( $\mu\text{m}$ ) das lâminas de bambu gigante, para diferentes condições da matéria prima (Torno industrial sem centros com rolos de tração externos). Fonte: (SALAMON, 2009).

<b>Corpo de prova</b>	<b>Medição entre nós (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Medição no nó (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Espessura média da lâmina (mm)</b>
Colmo verde	13,7	16,6	1,15
Colmo tratado	15,5	17,3	1,08
Colmo seco	19,5	21,26	1,12

Foram realizadas novas medições, com instrumentos e técnicas específicas, para a determinação dos parâmetros de qualidade das lâminas usadas neste trabalho, descritas no item 3.3.2 medição da rugosidade do eucalipto e das lâminas de bambu e no item 3.3.4 determinação da massa específica.

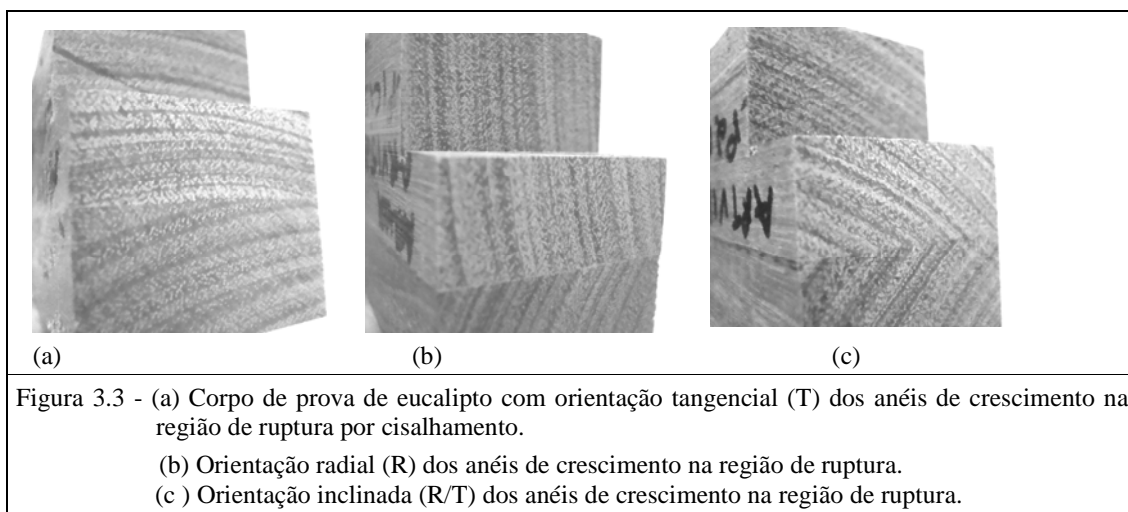
Os adesivos PVAc são os que apresentam os menores custos para serem usados na madeira, além de serem os mais largamente utilizados, especialmente para aplicações internas (HAUBRICH *et al*, 2007). Segundo o fabricante Hexion (2007),

o acetato de polivinila, que foi usado para colar as lâminas de bambu nos corpos de prova de eucalipto, apresenta resistência moderada a umidade, boa aderência a baixas temperaturas e flexibilidade do filme de adesivo quando seco. O adesivo usado apresenta as características mostradas na ficha técnica do produto e apresentadas no Anexo A.

Entende-se que os resultados obtidos neste trabalho poderão ser melhorados caso exista um controle mais apurado no processo de prensagem do material uma vez que neste trabalho o material foi prensado por grampos e sargentos mecânicos o que não permitiu um controle da pressão aplicada na fabricação.

### 3.1.1 Corpos de prova de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu para ensaio de cisalhamento.

Nas Figuras 3.3,a,b,c são mostrados corpos de prova de eucalipto a preparados para o ensaio de cisalhamento, mostrando em detalhe a disposição dos anéis de crescimento. As amostras foram classificadas conforme a orientação destes anéis no plano de ruptura do corpo de prova que acontece a partir do rebaixo existente.

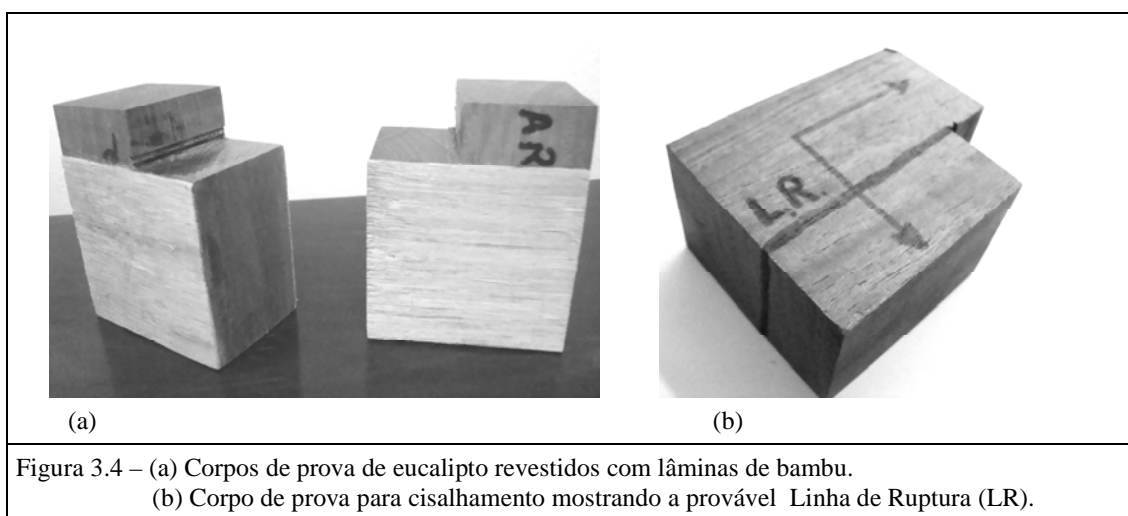


Na Figura 3.3a os anéis de crescimento da madeira estão orientados de forma tangencial, no rebaixo onde ocorre preferencialmente o plano de ruptura durante o ensaio. Na Figura 3.3b os anéis estão orientados de forma radial e na Figura 3.3c os

anéis estão dispostos de modo inclinado. Estes três grupos de amostras foram ensaiados, com e sem revestimento com lâminas de bambu. Buscou-se nestes ensaios verificar a influência da disposição dos anéis de crescimento no comportamento da madeira de eucalipto durante a aplicação de esforços cisalhantes e se o revestimento desta madeira com lâminas de bambu melhoraria ou não o comportamento mecânico da madeira de eucalipto.

As lâminas de bambu usadas para revestimento dos corpos de prova de eucalipto foram coladas perpendicularmente à linha de ruptura (LR) e mostradas na Figura 3.4b. Quando os esforços cisalhantes são aplicados na madeira, através do dispositivo apropriado, os esforços nas lâminas de bambu são aplicados no sentido de cisalhamento dos feixes de fibras da lâmina.

Os corpos de prova são derivados de um paralelepípedo com dimensões de (50 x 33 x 64 mm) e apresentam um rebaixo também na forma de um paralelepípedo com (14 x 33 x 20 mm), que pode ser visto nas Figuras 3.3 e 3.4.



### 3.1.2 Corpos de prova de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu para ensaio de tração.

A resistência mecânica da madeira para a tração normal as fibras é uma das menores resistências mecânicas deste material. Assim o revestimento usando lâminas de bambu pode reforçar significativamente a madeira para este tipo de

solicitação mecânica. Os corpos de prova usados neste ensaio tem o formato mostrado na Figura 3.5. Tem as dimensões de 33 x 64 x 50mm, com dois furos de uma polegada, distante 25mm entre si. Estes corpos de prova foram tracionados pelo dispositivo mostrado na Figura 3.5b.

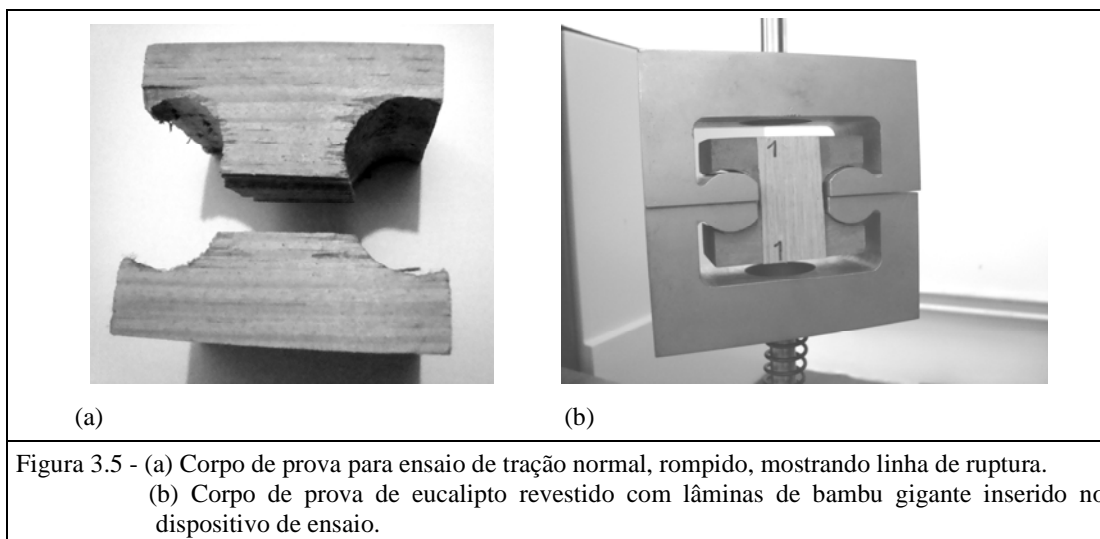


Figura 3.5 - (a) Corpo de prova para ensaio de tração normal, rompido, mostrando linha de ruptura. (b) Corpo de prova de eucalipto revestido com lâminas de bambu gigante inserido no dispositivo de ensaio.

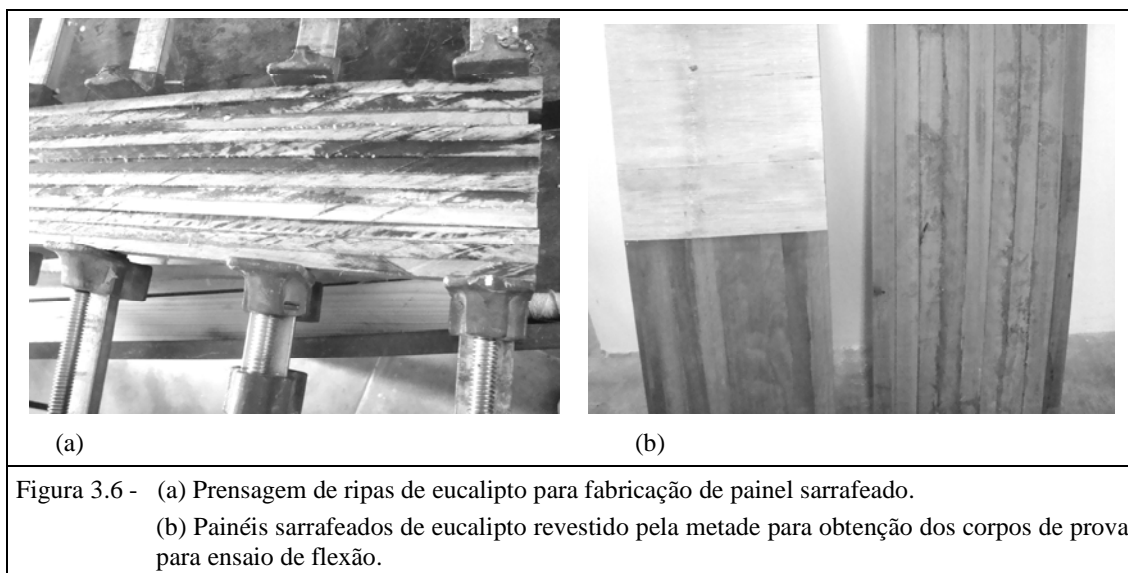
Quando ensaiado o conjunto madeira-bambu, o esforço resultante na madeira de eucalipto será de tração normal aos feixes de fibras, cuja resistência é geralmente baixa. Já nas lâminas de bambu os esforços serão de tração paralela aos feixes de fibras, cuja resistência é maior. Como explicam Bodig e Jayne (1982), a resistência da madeira no sentido da tração normal às fibras é mais baixo que nos demais sentidos por surgirem nos feixes de fibras da madeira esforços cisalhantes.

Neste trabalho, para o ensaio de tração normal, fabricaram-se apenas corpos de prova de eucalipto, com anéis de crescimento dispostos de modo radial ao plano de ruptura. O bambu por sua vez teve seus feixes de fibras na sua maioria tracionados e perpendiculares ao plano de ruptura do corpo de prova.

### **3.1.3 Corpos de prova para ensaio de flexão em painéis sarrafeados de *Eucalyptus saligna* e *blockboards* de bambu-eucalipto.**

Foram produzidos painéis sarrafeados de eucalipto, colados lateralmente com cola PVAc, que são mostrados na Figura 3.6. Os sarrafos usados procediam do

mesmo lote de caibros de onde foram retirados os corpos de prova para os ensaios de tração normal e de cisalhamento.

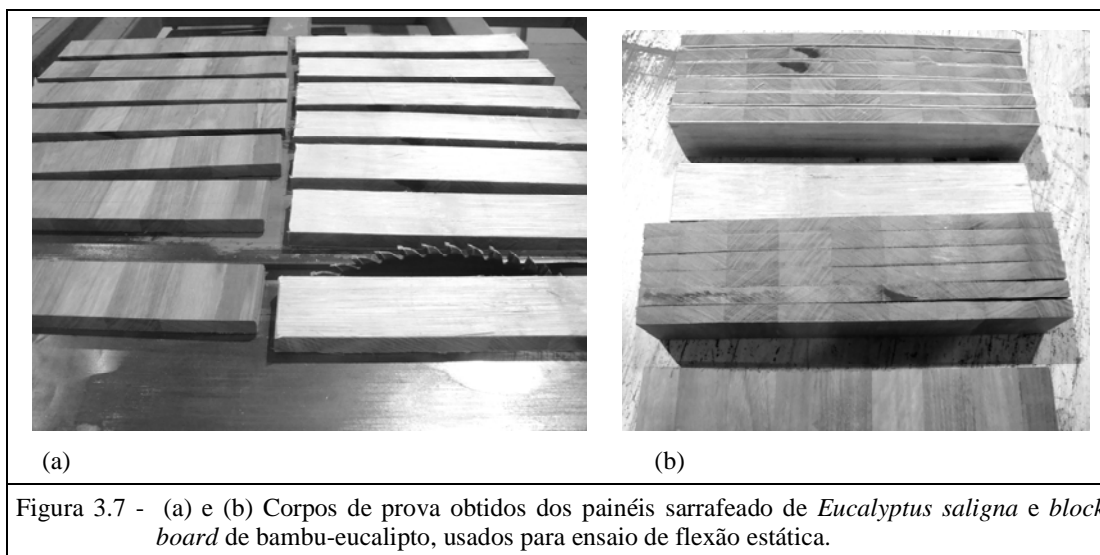


Os painéis sarrafeados de eucalipto produzidos foram revestidos em ambas as faces com lâminas torneadas de bambu gigante, obtendo-se então os painéis tipo BB de bambu-eucalipto. Cada painel sarrafeado era revestido com lâminas de bambu apenas em metade do seu comprimento, assim cada painel produzido fornecia metade dos corpos de prova revestidos e a outra metade sem revestimento para os ensaios de flexão estática.

Na composição dos painéis não foi seguido nenhum tipo de classificação ou arranjo especial dos sarrafos de eucalipto, quanto à orientação dos anéis de crescimento, no momento da colagem destes. Ou seja, o arranjo dos sarrafos quanto à posição dos anéis de crescimento na composição do painel foi aleatório.

O painel sarrafeado de eucalipto foi serrado nas dimensões dos corpos de prova de 50 x 300 x 12mm, já do painel sarrafeado de eucalipto revestido com lâminas de bambu foram serrados corpos de prova com as dimensões nominais de 50 x 300 x 14mm. Estes corpos de prova com e sem revestimento laminado foram usados para a realização dos ensaios de flexão estática. O sentido ensaiado foi o de menor resistência mecânica do painel, ou seja, o sentido transversal deste, como

mostram as Figuras 3.7a e 3.7b. Foram produzidos 12 corpos de prova do painel sarrafeado de eucalipto e 12 do painel BB.



### 3.2 Equipamento de ensaio e dispositivos.

Para a realização dos ensaios de cisalhamento e tração normal nos corpos de prova de eucalipto com e sem o revestimento laminado e para realizar o ensaio de flexão nos painéis sarrafeados de eucalipto e BB de bambu-eucalipto foi utilizado a máquina universal para ensaios mecânicos destrutivos da EMIC, do Laboratório de Propriedades da Madeira, do Campus Experimental da UNESP de Itapeva, SP.

Este equipamento dispõe de vários acessórios e dispositivos que permitem realizar os vários ensaios mecânicos necessários para a caracterização de uma espécie de madeira, entre eles os ensaios de tração normal, cisalhamento e flexão estática. Na Figura 3.8 pode ser visto o equipamento universal e o dispositivo usado no ensaio e o corpo de prova de eucalipto reforçado com lâminas de bambu, sendo submetido a esforços de flexão estática, Figuras 3.8a e 3.8b respectivamente.

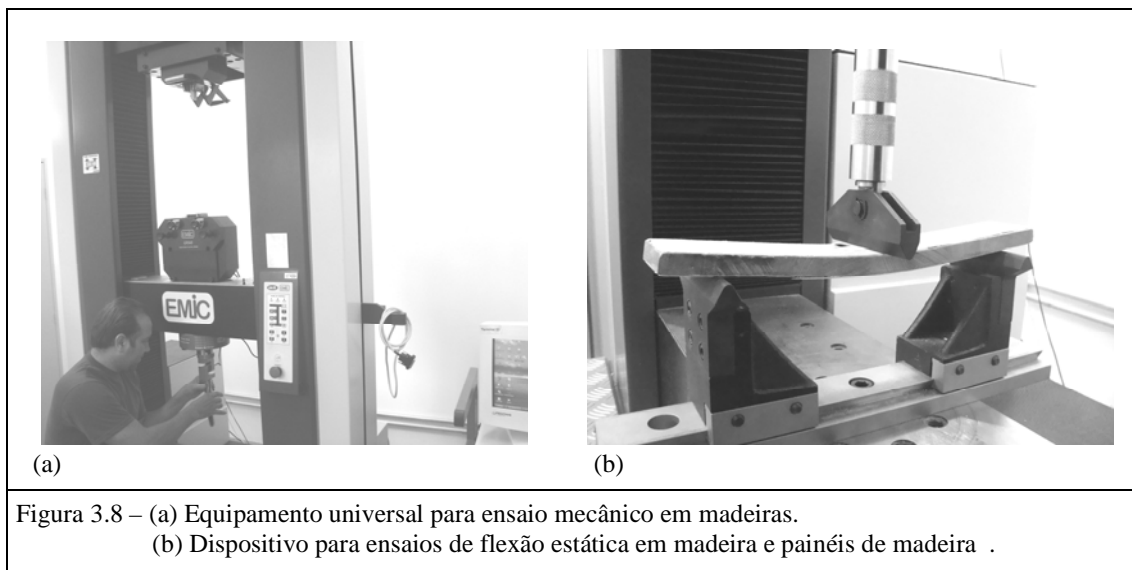


Figura 3.8 – (a) Equipamento universal para ensaio mecânico em madeiras.

(b) Dispositivo para ensaios de flexão estática em madeira e painéis de madeira .

### 3.3 Procedimentos.

Para verificar a hipótese de reforço mecânico ao cisalhamento e a tração normal na madeira de eucalipto, quando esta é revestida com lâminas finas de bambu, foram cumpridas as seguintes etapas:

1. Preparação dos corpos de prova para cisalhamento e tração normal, a partir de caibros de *Eucalyptus saligna*, na forma e dimensão determinada pela NBR 7190.
2. Realização de ensaios preliminares de tração e de cisalhamento, com baixo número de amostras, com e sem revestimento de lâminas, para ajuste do equipamento e para verificar se os resultados obtidos são coerentes com o esperado pela interpretação teórica e bibliográfica.
3. Realização de ensaios de cisalhamento em 3 lotes com 12 amostras cada, para conhecer a resistência da madeira ao cisalhamento, segundo o posicionamento dos anéis de crescimento nos corpos de prova.
4. Realização de ensaios de tração normal em 12 corpos de prova de eucalipto, somente com disposição radial dos anéis de crescimento na região de ruptura dos corpos de prova.

Tabela 3.2: Número de amostras ensaiadas ao cisalhamento e tração normal, sem revestimento.

Orientação dos anéis de crescimento no plano de ruptura	Ensaio de cisalhamento n° de amostras	Ensaio de tração n° de amostras
Radial	12	12
Tangencial	12	x
Misto (radial / tangencial)	12	x

5. Revestimento dos corpos de prova de eucalipto com lâminas de bambu gigante em duas faces opostas, colando as lâminas no sentido de maior resistência e reforço mecânico esperado, para cada ensaio. Ou seja, as lâminas de bambu foram coladas perpendiculares a linha de ruptura para o ensaio de cisalhamento e perpendicular a linha de ruptura para o ensaio de tração normal.
6. Repetição dos ensaios, com o mesmo número de amostras e mesmas orientações de anéis nos corpos de prova buscando identificar as variações na resistência mecânica ao cisalhamento e à tração normal.

Para verificar a hipótese de reforço mecânico à flexão estática, em painéis sarrafeados de madeira de eucalipto após o revestimento com lâminas finas e largas de bambu gigante, foram realizados ensaios seguindo as orientações da Norma Européia EN-310 (Placas de derivados de Madeira). Esta norma especifica um método para a determinação do módulo de elasticidade em flexão axial e determinação da resistência à flexão dos painéis de derivados de madeira, com espessura nominal igual ou superior a 3mm. A determinação destas grandezas se dá pela aplicação de uma força, pela máquina de ensaio, no meio dos corpos de prova que são suportados por dois apoios tipo rolete como mostrado na Figura 3.8b.

Foram ensaiados à flexão estática 12 corpos de prova retirados no sentido transversal de painéis sarrafeados de eucalipto. Depois foram ensaiados mais 12 corpos de prova, retirados no sentido transversal dos painéis sarrafeados de eucalipto revestidos com lâminas de bambu.

### **3.3.1 Preparação dos corpos de prova.**

Os corpos de prova de eucalipto usados para os ensaios de cisalhamento, foram produzidos no Laboratório de Processamento da Madeira na Unesp Itapeva, segundo o procedimento geral descrito abaixo. Algumas máquinas utilizadas são mostradas nas Figuras 3.9 e 3.10:

- Desempenamento de 2 faces perpendiculares dos caibros de eucalipto usando uma plaina de desbaste, para gerar superfícies de referência.
- Usando uma plaina desengrossadeira usinaram-se as outras 2 faces restantes com aproximação da medida final em  $\pm 0,2\text{mm}$ .
- Montar gabarito sobre a mesa de uma serra circular esquadrejadeira para realizar o corte no comprimento final dos corpos de prova.
- Usinagem do rebaixo na serra circular, usando um disco com dentes postiços e diâmetro de 260 mm.
- Medição das dimensões dos corpos de prova usando paquímetro digital com resolução de 0,01mm.
- Medição da rugosidade da superfície dos corpos de prova de eucalipto, em especial na região de ruptura e no sentido de avanço da ferramenta de usinagem, mas também no plano perpendicular a este avanço.
- Medição da rugosidade da superfície das lâminas de bambu na direção dos feixes de fibras e perpendicular a esta direção.
- Avaliação da massa específica dos corpos de prova de eucalipto.
- Avaliação da massa específica das lâminas de bambu gigante.
- Colagem das lâminas de bambu nos corpos de prova de eucalipto em duas faces de modo a reforçar a região de ruptura por cisalhamento, conforme procedimento para colagem.
- Acabamento final dos corpos de prova com lixamento das arestas das lâminas coladas para ajuste das dimensões da lâmina com as dimensões do corpo de prova.

Os corpos de prova de eucalipto usados para os ensaios de tração normal seguem um procedimento semelhante ao descrito acima, com pequenas modificações, após a obtenção dos caibros nas medidas finais de largura e espessura, faz-se:

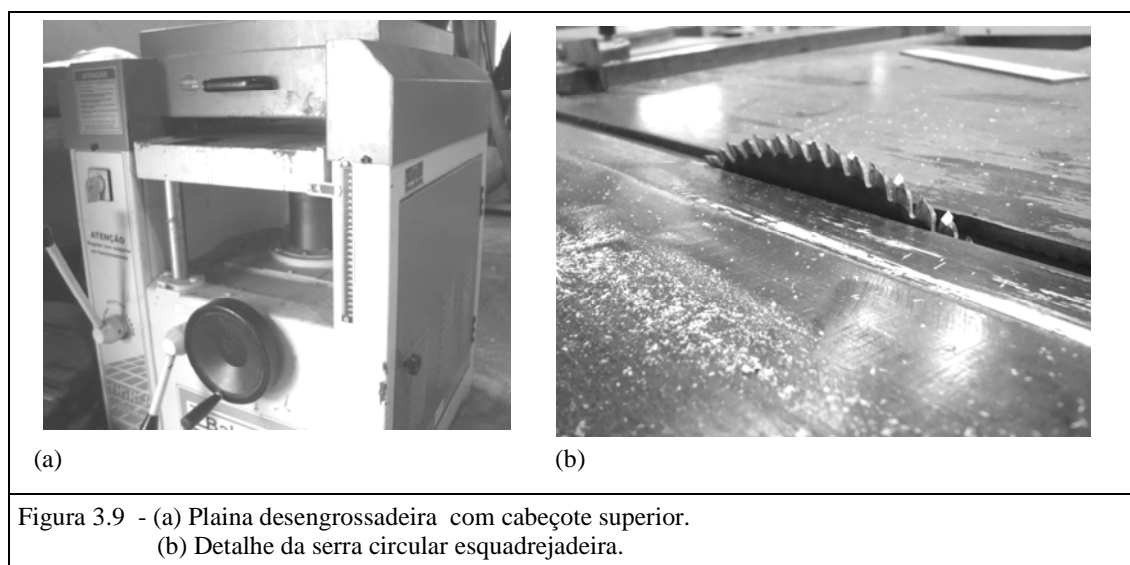
- Marcação do centro dos dois furos de uma polegada nos corpos de prova e posterior usinagem dos dois furos passantes em uma furadeira horizontal.
- Corte dos corpos de prova para tração normal no comprimento final em uma serra circular esquadrejadeira.

As medições da rugosidade da madeira de eucalipto usinada e das lâminas de bambu, bem como a medição das densidades das amostras, foram realizadas apenas para os 36 corpos de prova usados para ensaio de cisalhamento, pois como as amostras usadas nos ensaios de tração normal e flexão estática eram provenientes do mesmo lote de matéria prima, entendeu-se que não era necessário repetir as medições de rugosidade e densidade.

Os corpos de prova provenientes dos painéis sarrafeados de eucalipto e BB de bambu-eucalipto, foram produzidos da seguinte maneira:

- Desempenamento e desengrosso dos caibros até a medida de 18 mm .
- Colagem lateral dos sarrafos de eucalipto, usando adesivo PVAc.
- Para a colagem dos sarrafos foram usados grampos mecânicos com os quais o painel foi fixado e prensado manualmente através do aperto de roscas.
- Após cura da cola e a retirada do painel dos grampos, o mesmo foi esquadrejado na serra circular e posteriormente desengrossado para corrigir os desalinhamentos dos sarrafos durante a colagem. Deixou-se o painel sarrafeado de eucalipto com espessura final de 12 mm.
- Revestiu-se metade dos painéis sarrafeados de eucalipto com lâminas de bambu finas e largas usando o mesmo adesivo vinílico PVAc para fazer a união das peças.
- Depois de aplicado o adesivo, o painel revestido em dupla face, foi prensado, também usando grampos e fixadores mecânicos.

- Após cura da cola e a retirada do painel BB dos grampos, foram retiradas as rebarbas de lâminas de bambu do painel usando-se um estilete.
- Finalmente, foram traçados e serrados os corpos de prova com as medidas necessárias ao teste de flexão, no sentido transversal dos painéis com 50 x 300 x 12cm para o painel sarrafeado de eucalipto e 50 x 300 x 14cm para o BB de bambu-eucalipto.



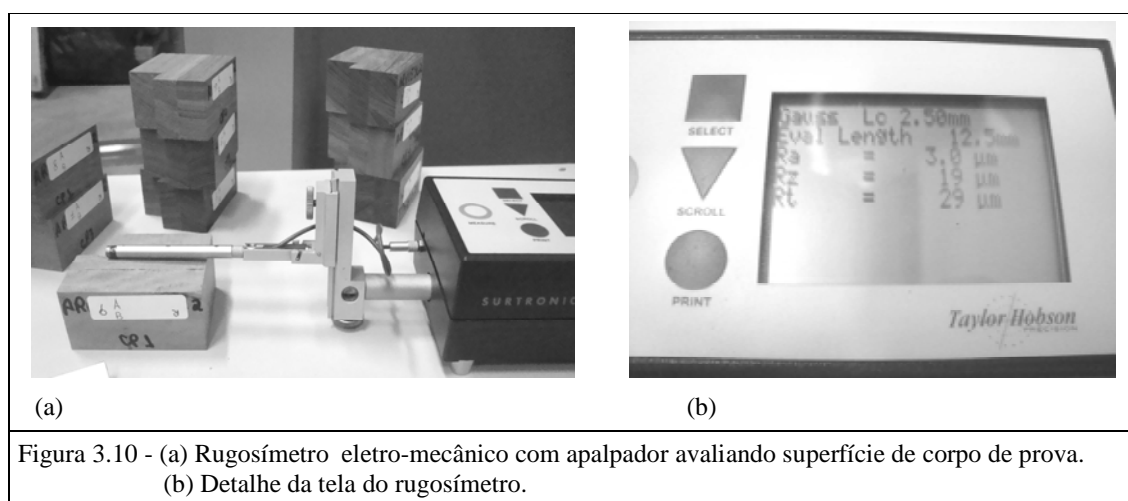
### 3.3.2 Medição da rugosidade do eucalipto e das lâminas de bambu.

Foram avaliadas as rugosidades de todos os corpos de prova de eucalipto usados para o ensaio de cisalhamento e também a superfície das lâminas de bambu gigante, sem nenhum tipo de acabamento posterior ao processo de laminação por torneamento.

Foi utilizado um rugosímetro eletro-mecânico marca Taylor Hobson, modelo SURTRONIC 25, com ponta esférica de diamante com diâmetro 0,2 $\mu$ m mostrado nas Figuras 3.10a e 3.10b.

O parâmetro de rugosidade adotado foi à rugosidade média “Ra” e a rugosidade máxima, “Rmáx”, o comprimento de amostragem adotado foi de 2,5mm de *cut-off*, segundo a NBR 6405:1988. O percurso de medição de “lm” para *cut-off*

de 2,5 mm é de 12,5 mm, resultando na média de 5 valores adquiridos por medição. O range adotado no rugosímetro foi de 300  $\mu\text{m}$  e o filtro adotado o gaussiano. A medição da rugosidade superficial nas lâminas de bambu e nos corpos de prova de eucalipto foram realizados em dois sentidos ortogonais, um no sentido de avanço da ferramenta de usinagem no processo de torneamento das lâminas e fresamento do eucalipto e outro perpendicular a este avanço.



O rugosímetro, pertencente ao Laboratório de Usinagem da Madeira – LUM da UNESP Itapeva foi calibrado antes da realização dos experimentos com o padrão fornecido pelo fabricante do equipamento.

Foram feitas medidas nas duas faces opostas das amostras de eucalipto e em cada face duas medições, uma na direção paralela à linha de ruptura do corpo de prova e outra na direção transversal a esta linha que é mostrada na Figura 3.4b. Na lâmina de bambu foi avaliada a rugosidade também em duas direções perpendiculares.

Finalmente foram feitas medições de rugosidade para avaliar o acabamento final lixado das lâminas de bambu gigante. Foram realizadas medições no sentido paralelo e transversal aos feixes fibro-vasculares das lâminas de bambu. As lâminas de bambu foram lixadas com lixas das seguintes granulometrias: 120, 220, 320, 360, 600, 1200 e 1500. O lixamento foi realizado manualmente sendo as lixas colocadas sobre um desempenho de ferro fundido e os corpos de prova movimentados de forma

alternativa sobre elas. O processo de lixamento deu-se de forma cumulativa, ou seja, o corpo de prova lixado com lixa 220 foi lixado anteriormente com a lixa 120, o corpo de prova 320 foi lixado anteriormente com as lixas 120 e 220, e assim sucessivamente.

### **3.3.3 Colagem das lâminas de bambu na madeira de eucalipto.**

O adesivo foi usado segundo orientação do fabricante e a quantidade aplicada em cada superfície foi controlada inicialmente através de balança, com resolução de 0,01g. O adesivo aplicado nos corpos de prova de eucalipto e nas lâminas de bambu foi espalhado por pincel, procurando uma distribuição o mais uniforme possível. A quantidade de adesivo utilizada foi de aproximadamente 200 g/m<sup>2</sup> para união da madeira e 180 g/m<sup>2</sup> para a união das lâminas, com aplicação em ambas às superfícies a serem unidas. Utilizou-se uma pressão de colagem não controlada uma vez que esta foi aplicada através do uso de grampos e sargentos mecânicos como o mostrado nas Figuras 3.6a e 3.11. O tempo de montagem em aberto foi sempre menor que 5 minutos e o tempo de prensagem superior a 12 horas.

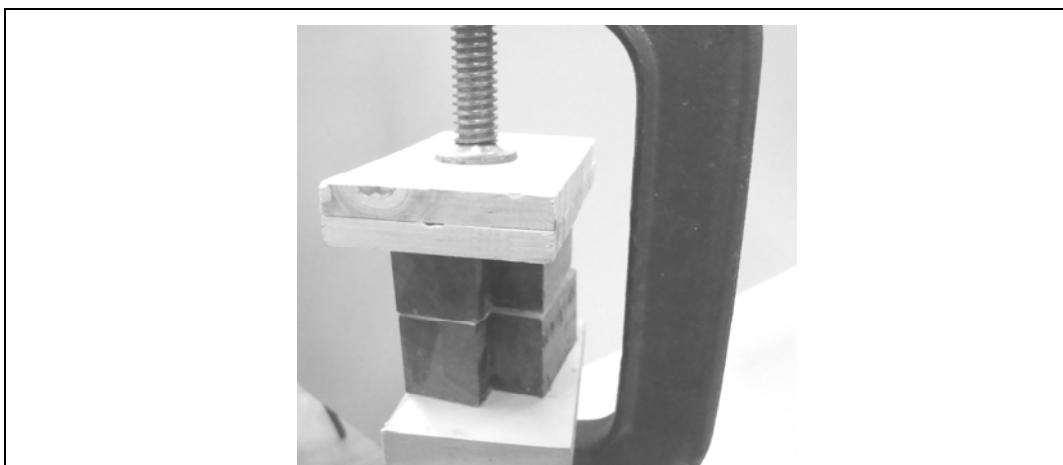


Figura 3.11 - Prensagem com grampos no processo de colagem de lâminas de bambu nos corpos de prova.

### 3.3.4 Determinação da massa específica.

As medições do volume dos corpos de prova foram feitas com um paquímetro digital DIGIMESS com resolução de 0,01mm. As medições de cada dimensão do corpo de prova, necessárias para o cálculo do volume, são resultados médios de três medidas.

As medições das massas dos corpos de prova, das lâminas e da quantidade de adesivo, foram feitas com uma balança analítica METTLER TOLEDO modelo AB 204-S, com escala mínima de 10mg, máxima de 210g e resolução de 0,0001g, e uma balança DIGIMED KN-400 com resolução de 0,01g, mostradas nas: Figuras 3.12a e 3.12b.

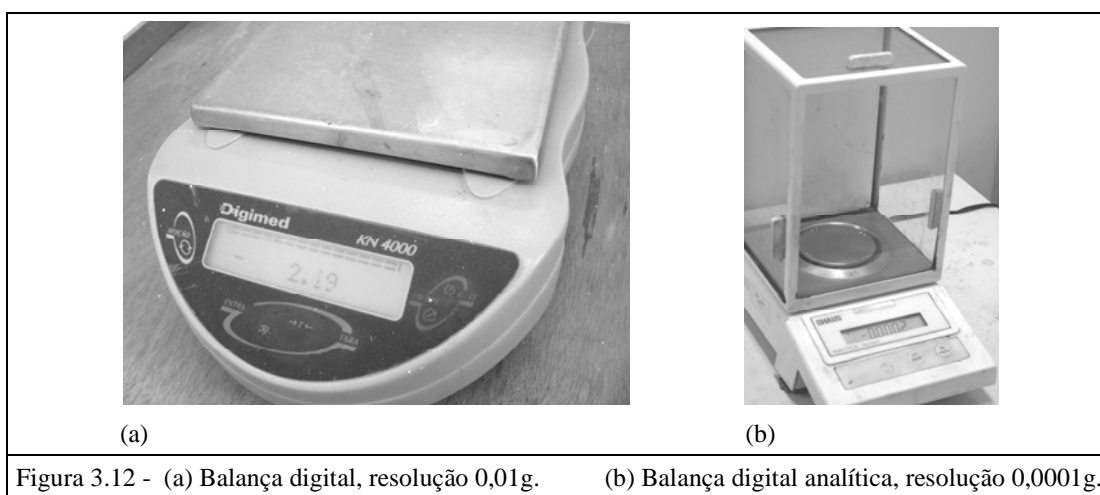


Figura 3.12 - (a) Balança digital, resolução 0,01g. (b) Balança digital analítica, resolução 0,0001g.

Para a avaliação do volume dos corpos de prova prismáticos de eucalipto, usados no ensaio de cisalhamento, foram medidas as dimensões necessárias por três vezes, todas elas com um paquímetro digital. Os valores finais são as médias destas três medidas.

Para a avaliação da massa específica ou “densidade” das lâminas de bambu gigante, foram seguidos os passos:

1. Foram selecionadas lâminas aleatoriamente, sem classificação prévia.
2. Nestas lâminas aleatórias, foram marcadas (traçadas), sucessivamente, as dimensões necessárias para o revestimento de duas faces das amostras.

3. As lâminas traçadas, que tinham espessura da ordem de 1mm, foram recortadas usando-se estilete e tesoura.
4. Após o recorte das lâminas estas foram lixadas junto com os corpos de prova para ajustar as dimensões com as do corpo de prova de eucalipto.
5. A seguir foi feita a medição da largura, comprimento e espessura destas lâminas, usando-se um paquímetro digital.
6. Foram medidas as massas das lâminas em uma balança analítica.
7. Foram feitos os cálculos das massas específicas dos corpos de prova no teor de umidade de equilíbrio.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Rugosidade superficial da madeira de eucalipto plainada e das lâminas de bambu torneadas.

Na Tabela 4.1 são mostrados valores de medida de rugosidade Ra e Rmáx, de 12 corpos de prova de eucalipto em uma das faces (lado A) e a Tabela 4.2 mostra os valores da face oposta chamado (lado B). Foram feitas medidas nas duas faces opostas das amostras, e em cada face duas medições, uma no sentido paralelo à linha de ruptura do corpo e outra no sentido transversal.

Tabela 4.1- Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna*, com orientação inclinada de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, **lado A**.

<b>R/T</b>	Medição no plano paralelo ao plano de ruptura do corpo de prova		Medição no plano transversal de ruptura do corpo de prova	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
Amostras				
<b>1</b>	7,6	72	12,4	104
<b>2</b>	<b>3,3</b>	47	9	105
<b>3</b>	8,5	78	11,4	123
<b>4</b>	<b>15,3</b>	122	<b>32,6</b>	216
<b>5</b>	7,3	102	27,2	224
<b>6</b>	6,1	81	<b>6,2</b>	74
<b>7</b>	5,8	68	10	97
<b>8</b>	4,3	58	7,8	88
<b>9</b>	4,1	47	9,6	100
<b>10</b>	4	44	6,8	72
<b>11</b>	8	81	10,2	108
<b>12</b>	3,9	42	9	98
<b>Média</b>	<b>6,5</b>	70,1	<b>12,6</b>	117,4
<b>Desvio padrão</b>	3,3		8,31	
<b>Coef. de variação</b>	50,8 %		66 %	

Verifica-se que em todos os casos a rugosidade Ra e Rmáx são sempre menores na direção de medida paralela a linha de ruptura, que coincide também com o eixo longitudinal de avanço da ferramenta na usinagem dos caibros de eucalipto, de onde foram retirados os corpos de prova. Verifica-se também que os resultados

transversais da rugosidade são sempre significativamente maiores, indicando que a superfície da madeira de eucalipto tem características anisotrópicas.

Tabela 4.2 - Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna* com orientação inclinada de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, **lado B**.

<b>R/T</b>	Medição no plano longitudinal de ruptura do corpo de prova		Medição no plano transversal de ruptura do corpo de prova	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
Amostras				
<b>1</b>	9,6	74	10,4	118
<b>2</b>	8,5	83	15	135
<b>3</b>	<b>3,1</b>	29	5,4	74
<b>4</b>	4,1	50	<b>4,6</b>	47
<b>5</b>	4,3	49	9	105
<b>6</b>	4,5	53	9	90
<b>7</b>	<b>12,2</b>	110	xxx	xxx
<b>8</b>	6,9	64	14,6	136
<b>9</b>	5,9	51	8,2	89
<b>10</b>	5,5	56	<b>16,6</b>	158
<b>11</b>	2,6	31	9,8	102
<b>12</b>	4,1	50	7,2	77
<b>Média</b>	<b>5,9</b>	58,3	<b>10</b>	102,8
<b>Desvio padrão</b>	2,87		<b>3,91</b>	
<b>Coef. de variação</b>	48,7 %		39,1 %	

Os demais resultados, da qualidade superficial da madeira usinada de eucalipto, com disposição radial e tangencial dos anéis de crescimento, avaliados pela medição da rugosidade superficial, são mostrados no Apêndice A. O valor da rugosidade superficial do corpo de prova 7 apresentou valores que excederam o limite máximo fixado no instrumento de medição devido a algum sulco de usinagem maior, por isso não aparece na Tabela 4.2.

A medição da rugosidade superficial das lâminas torneadas de bambu gigante também mostrou uma diferença significativa no sentido de medição paralela e no sentido transversal à orientação geral das fibras, mostrados na Tabela 4.3 indicando

que a superfície das lâminas de bambu também apresentam características anisotrópicas. Não foi avaliada a rugosidade superficial da região dos nós na lâmina de bambu, região onde ocorre um desvio do paralelismo dos feixes fibrovasculares e que a rugosidade deve, portanto, ser maior.

Tabela 4.3 - Rugosidade superficial de lâminas torneadas de *Dendrocalamus giganteus*, com 1mm de espessura.

Amostras	Medição no sentido paralelo a orientação dos feixes de fibras		Medição perpendicular aos feixes de fibras	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
<b>1</b>	3,2	31	9,2	66
<b>2</b>	4	41	9,4	103
<b>3</b>	5,2	47	8,4	104
<b>4</b>	9,6	97	8,8	81
<b>5</b>	7,4	54	9,2	155
<b>6</b>	6,2	45	9,8	113
<b>7</b>	14,6	45	10,6	114
<b>8</b>	13,4	94	21,8	103
<b>Média</b>	<b>7,9</b>	<b>56,8</b>	<b>10,9</b>	<b>104,9</b>
<b>Desvio padrão</b>	3,8		4,45	
<b>Coef. de variação</b>	48 %		40,8 %	

Verifica-se que a qualidade superficial da lâmina de bambu obtida por processo de torneamento é semelhante à qualidade superficial da madeira de eucalipto usinada em plainas desengrossadeiras.

#### **4.2 Massa específica da madeira de eucalipto e das lâminas de bambu.**

Foi medida a massa específica da madeira de *Eucalyptus saligna* e também das lâminas de bambu de todos os corpos de prova usados para o ensaio de cisalhamento. Os resultados das amostras com disposição radial (R) dos anéis de crescimento no plano de ruptura da madeira de eucalipto e revestimento com lâminas torneadas de bambu gigante em duas faces do corpo de prova são mostrados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Características dos corpos de prova de eucalipto com disposição radial (R) dos anéis de crescimento, revestidos com lâminas de bambu.

<b>R</b>	<b>Volume (x 10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (g) eucalipto</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>) eucalipto</b>	<b>Espessura das lâminas (mm)</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>) lâminas de bambu</b>
1	9,397	106,44	1093	1,09	656
2	9,755	<b>86,92</b>	<b>891</b>	1,15	640
3	9,737	<b>106,82</b>	<b>1097</b>	<b>1,33</b>	542
4	9,859	93,40	947	1,12	<b>504</b>
5	<b>9,933</b>	93,47	941	<b>0,96</b>	568
6	9,884	93,93	950	1,10	511
7	9,834	99,67	1013	1,20	517
8	9,880	91,13	922	1,27	547
9	9,904	96,82	977	1,0	511
10	9,891	97,84	989	1,14	697
11	9,770	87,49	895	1,20	<b>869</b>
12	<b>9,156</b>	93,86	1025	1,21	813
<b>Médias</b>			<b>978,3</b>	<b>1,15</b>	<b>615</b>
<b>Desvio padrão</b>			68,52	0,10	123,7
<b>Coef. de variação</b>			7 %	9 %	20,12 %

A Tabela 4.5 mostra resultados de medição de volume, massa e densidade dos corpos de prova de eucalipto para ensaio de cisalhamento com disposição **tangencial (T)** dos anéis de crescimento no plano de ruptura. Além disso, mostra a espessura e densidade das lâminas torneadas de bambu gigante, usadas como revestimento nas duas faces tanto nos corpos de prova de eucalipto como no revestimento dos painéis BB bambu-eucalipto.

Tabela 4.5 - Características dos corpos de prova de eucalipto com disposição tangencial (T) dos anéis de crescimento, revestidos com lâminas de bambu.

<b>T</b>	<b>Volume (x 10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (g) eucalipto</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>) eucalipto</b>	<b>Espessura das lâminas (mm)</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>) lâminas de bambu</b>
1	9,803	96,98	989	1,04	<b>540</b>
2	9,880	92,25	934	<b>1,30</b>	546
3	<b>9,690</b>	<b>101,66</b>	<b>1049</b>	1,16	597
4	9,880	95,34	965	<b>0,9</b>	<b>740</b>
5	<b>10</b>	<b>87,15</b>	<b>871</b>	1,07	573
6	9,706	94,92	978	1,09	621
7	9,847	96,09	976	1,05	692
8	9,915	95,76	966	1,07	659
9	9,870	97,06	983	0,95	<b>816</b>
10	9,810	95,99	978	1,0	644
11	9,867	96,69	980	0,98	795
12	9,700	97,07	1000	1,10	621
<b>Média</b>			<b>972,4</b>	<b>1,06</b>	<b>654</b>
<b>Desvio padrão</b>			41,6	0,10	91,32
<b>Coef. de variação</b>			4,3 %	9,8 %	13,9 %

Os resultados das medições da densidade da madeira dos corpos de prova de eucalipto usados no ensaio de cisalhamento, com disposição inclinada ou mista (R/T) dos anéis de crescimento no plano de ruptura, revestidos com lâminas de bambu gigante, são mostrados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Características dos corpos de prova de eucalipto com disposição mista ou inclinada (R/T) dos anéis de crescimento, revestidos com lâminas de bambu.

<b>R/T</b>	<b>Volume (x 10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (g) eucalipto</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>) eucalipto</b>	<b>Espessura das lâminas (mm)</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>) lâminas de bambu</b>
1	9,590	95,94	1000	1,0	621
2	9,729	96,04	987	1,14	561
3	<b>9,940</b>	<b>107,1</b>	<b>1077</b>	1,23	574
4	9,862	90,4	917	1,22	524
5	9,735	91,4	939	1,24	594
6	<b>9,147</b>	<b>80,21</b>	<b>877</b>	1,13	631
7	9,703	102,11	1052	<b>1,25</b>	603
8	9,810	96,12	980	1,17	<b>651</b>
9	9,616	99,44	1034	1,09	563
10	9,772	101,85	1042	<b>0,96</b>	623
11	9,753	97,43	999	1,1	<b>438</b>
12	9,785	93,42	955	1,07	454
<b>Média</b>			<b>988,2</b>	<b>1,13</b>	<b>570</b>
<b>Desvio padrão</b>			58,9	0,09	67,7
<b>Coef. de variação</b>			6 %	8,4%	11,8 %

As lâminas torneadas de bambu *Dendrocalamus giganteus* usadas para revestimento dos corpos de prova de eucalipto para ensaio de cisalhamento, foram selecionadas aleatoriamente, simulando uma situação industrial mais comum. Assim foram usadas lâminas de alta e de baixa densidade aleatoriamente sem uma classificação prévia. Este arranjo justifica o fato de as densidades médias do lote de corpos de prova R/T (570 kg/m<sup>3</sup>), serem significativamente menores que as densidades dos lotes dos corpos de prova R (615 kg/m<sup>3</sup>) e T (654 kg/m<sup>3</sup>). No entanto, a classificação por massa específica das lâminas de bambu obtidas por torneamento dos colmos, é uma etapa importante quando se busca o desenvolvimento de produtos com maior qualidade e resistência mecânica buscando aproveitar melhor as características do material.

### **4.3 Ensaio de cisalhamento na madeira de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu.**

O resultado dos testes de cisalhamento tem como finalidade analisar o comportamento da madeira de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu, quando sujeita a esforços cisalhantes. O ensaio mostrou-se importante, pois indicou alguns aspectos interessantes do conjunto composto eucalipto/bambu laminado.

Os resultados obtidos para o ensaio de cisalhamento, mostrados na Tabela 4.7 e no Apêndice B, indicam que não houve reforço mecânico na madeira de eucalipto revestida com lâminas de bambu gigante, independentemente do sentido de orientação dos anéis de crescimento da madeira nos corpos de prova.

No entanto, a maioria dos corpos de prova revestida e ensaiada teve a base de eucalipto rompida e continuaram com as lâminas de bambu íntegras, sem sinais de rompimento dos feixes de fibras e sem descolamento da linha de cola. Isto indica um comportamento muito desejável para painéis do tipo BB de bambu e eucalipto, pois mesmo que as ripas constituintes do núcleo do painel venham a se romper devido a instabilidades inerentes da madeira de eucalipto, ou devido a carregamentos externos, ainda assim as lâminas de bambu tendem a manter a forma final do conjunto. O adesivo PVAc utilizado mostrou-se adequado para unir o conjunto neste tipo de ensaio.

Os dados mostrados na Tabela 4.7 também estão representados no gráfico da Figura 4.1, onde é possível visualizar o comportamento individual de cada corpo de prova durante o carregamento cisalhante, até o momento da ruptura final do conjunto. Nas tabelas que mostram os resultados dos ensaios mecânicos de cisalhamento e tração normal,  $(fv_0)$  é a força de ruptura e  $(Max\ fv_0)$  é a tensão de ruptura a que os corpos de prova foram submetidos.

Tabela.4.7 - Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de eucalipto no plano tangencial de rompimento dos anéis de crescimento.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 01/09/2009		Hora: 15:35		Trabalho n° 0644			
Programa: Tesc versão 3.04				Método de Ensaio: <b>CISALHAMENTO</b>			
Amostra: <b>PLANO TANGENCIAL</b>				Espécie: <i>Eucalyptus saligna</i>			
Procedência: Bauru				Operador: Tadeu / Ivaldo			
<b>T</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	33.00	49.08	16.20	2397.25	14.51	
	CP 2	32.83	49.00	16.09	1913.24	11.66	
	CP 3	32.85	48.91	16.07	2211.78	13.50	
	CP 4	32.81	48.84	16.02	2479.57	15.17	
	CP 5	32.88	49.03	16.12	2823.74	17.18	
	CP 6	33.13	49.04	16.25	3343.46	20.18	
	CP 7	32.89	49.00	16.12	2847.54	17.33	
	CP 8	32.80	49.13	16.11	2150.29	13.09	
	CP 9	33.09	49.02	16.22	3058.80	18.49	
	CP 10	32.71	50.15	16.40	2476.32	14.80	
	CP 11	32.87	46.84	15.40	511.26	3.26	
	CP 12	33.00	50.25	16.58	2386.11	14.11	
	<b>Médias</b>				2383	<b>14.44</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>				714,5	<b>4.28</b>	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>				29,98	<b>29.64</b>	

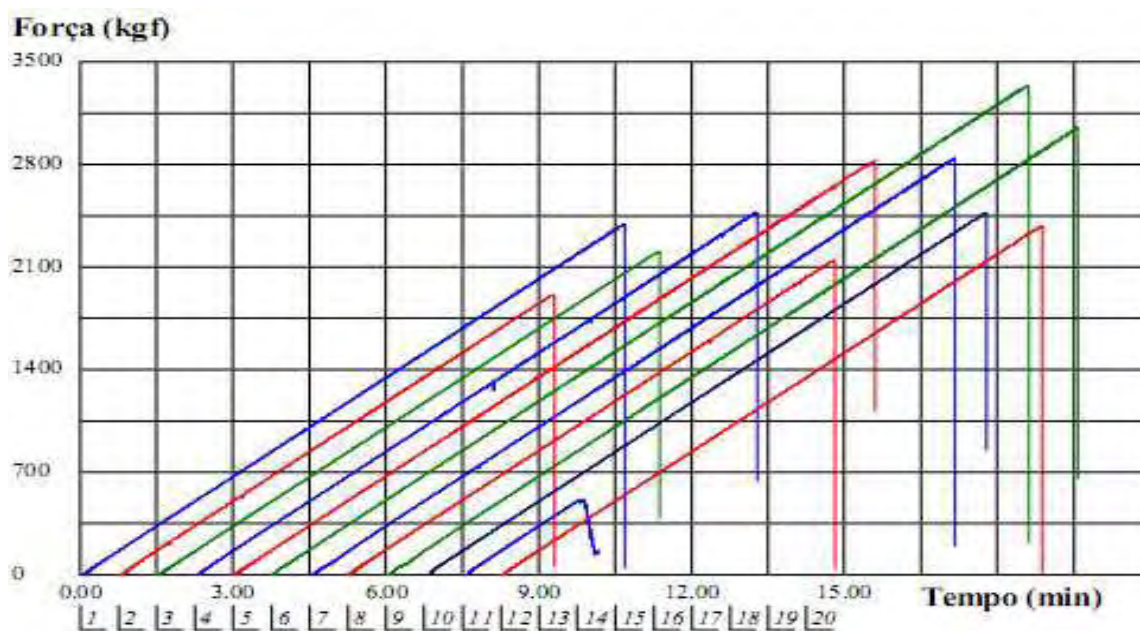


Figura 4.1 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de eucalipto no plano tangencial de rompimento dos anéis de crescimento.

O resultado do ensaio de cisalhamento da madeira de eucalipto, rompida ao longo do plano tangencial de disposição dos anéis de crescimento nos corpos de prova, e posteriormente os resultados da mesma madeira revestida com lâminas de bambu orientadas transversalmente ao plano de ruptura das peças, mostrou que houve um pequeno incremento na tensão de ruptura das peças compostas, para este ensaio. No entanto, com base nestes dados não é possível afirmar que a lâmina de bambu gigante reforça a madeira de eucalipto, pois os coeficientes de variação para a resistência ao cisalhamento são muito elevados e o incremento na resistência ao cisalhamento é praticamente nulo como mostram os resultados da Tabela 4.8 e da Figura 4.2. Entendeu-se que a maior densidade das lâminas de bambu usadas neste ensaio, da ordem de  $654 \text{ kg/m}^3$ , tiveram melhor resultado em relação às lâminas de bambu menos densas, mas ainda assim as lâminas de bambu mais densas não foram capazes de reforçar no plano cisalhante a madeira de eucalipto de elevada massa específica.

Tabela.4.8 - Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de eucalipto no plano tangencial de rompimento dos anéis de crescimento **com revestimento** de lâminas de bambu gigante em duas faces.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 27/10/2010		Hora: 17:08		Trabalho n° 0306			
Programa: Tesc versão 3.04				Método de Ensaio: <b>CISALHAMENTO</b>			
Amostra: <b>PLANO TANGENCIAL</b>				Espécie: <i>Eucalyptus saligna</i> e bambu gigante			
<b>T</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	34,38	49,90	17,16	2701,47	15,44	
	CP 2	34,32	50,29	17,26	2276,53	<b>12,93</b>	
	CP 3	33,98	50,31	17,10	2350,53	13,48	
	CP 4	35,00	50,37	17,63	2504,86	13,93	
	CP 5	34,69	50,23	17,42	2551,72	14,36	
	CP 6	34,36	50,55	17,37	2680,33	15,13	
	CP 7	34,38	50,27	17,28	3047,48	17,29	
	CP 8	34,31	50,93	17,47	3178,20	<b>17,84</b>	
	CP 9	34,51	50,66	17,48	3077,78	17,26	
	CP 10	34,44	50,03	17,23	2819,51	16,05	
	CP 11	34,46	49,52	17,06	3089,05	17,75	
	CP 12	33,84	50,42	17,06	2492,52	14,33	
	<b>Médias</b>				2731	<b>15,48</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>				309,2	<b>1,73</b>	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>				11,32	<b>11,20</b>	

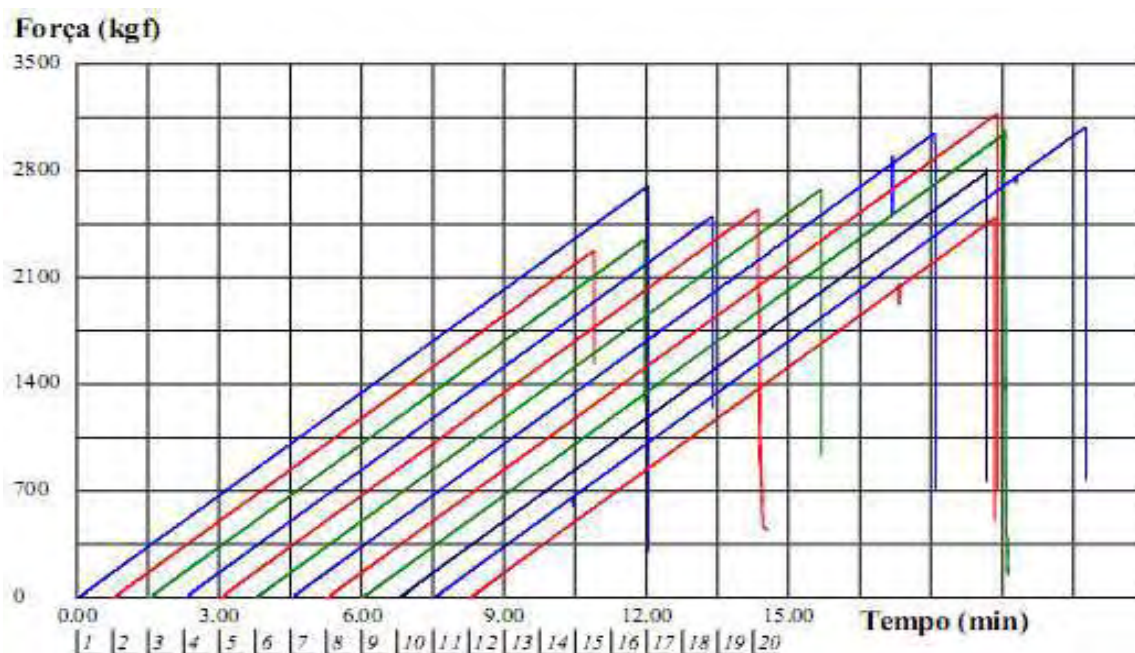


Figura 4.2 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de eucalipto no plano inclinado tangencial de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.

Os demais dados tabelados e gráficos de comportamento dos corpos de prova, com orientação de anéis de crescimento da madeira, dispostos de forma radial e inclinado no plano de ruptura, durante o ensaio de cisalhamento, com e sem revestimento de bambu laminado, estão mostrados no Apêndice B.

Os resultados dos ensaios de cisalhamento da madeira de eucalipto, rompida ao longo do plano radial e do plano misto de disposição dos anéis de crescimento nos corpos de prova, e posteriormente os resultados da mesma madeira revestida com lâminas de bambu, orientadas transversalmente ao plano de ruptura das peças, mostrou que não houve incremento na tensão de ruptura das peças compostas, revestidas com lâminas de bambu para este ensaio.

Após o rompimento da base de eucalipto, as lâminas continuaram íntegras e unidas à madeira de eucalipto rompida, evitando que o corpo de prova se desagregasse e perdesse sua forma inicial. Este comportamento é desejável para painéis sarrafeados de eucalipto laminados que mesmo tendo seu substrato sarrafeado rompido na madeira ou nas lâminas de cola entre os sarrafos, tende a continuar unido devido ao revestimento de bambu laminado.

#### 4.4 Ensaio de tração na madeira de eucalipto com e sem reforço com lâminas de bambu.

Os resultados comparativos dos testes de tração normal, mostrados nas Tabelas 4.9 e 4.10 e nas Figuras 4.3 e 4.4, tem como finalidade analisar o comportamento da madeira eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu. O ensaio mostrou-se importante, pois indicou alguns aspectos interessantes do conjunto composto madeira de eucalipto e bambu laminado.

Tabela.4.9 - Resultados de resistência à tração normal na madeira de eucalipto, plano radial de rompimento dos anéis de crescimento.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 05/01/2011		Hora: 14:54		Trabalho n° 356			
Método de Ensaio: <b>TRAÇÃO NORMAL</b>							
Amostra: <b>Plano RADIAL</b>				Espécies: <i>Eucalyptus saligna</i>			
<b>R</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	25,80	32,92	8,49	280,62	3,24	
	CP 2	25,42	33,16	8,43	230,08	2,68	
	CP 3	24,73	32,87	8,13	393,72	4,75	
	CP 4	25,47	33,27	8,47	245,77	2,84	
	CP 5	25,66	33,21	8,52	394,41	4,54	
	CP 6	25,20	33,20	8,37	393,02	4,61	
	CP 7	25,02	33,21	8,31	200,99	2,37	
	CP 8	25,64	33,17	8,50	411,70	4,75	
	CP 9	25,53	33,20	8,48	190,16	<b>2,20</b>	
	CP 10	25,84	33,41	8,63	339,08	3,85	
	CP 11	26,26	33,09	8,69	234,45	2,65	
	CP 12	24,81	33,10	8,21	422,74	<b>5,05</b>	
	<b>Médias</b>	25,45	33,15	8,436	311,4	<b>3,63</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>	0,45	0,14	0,16	89,56	1,071	
	<b>Coeficiente de variação (%)</b>	1,75	0,44	1,91	28,76	<b>29,53</b>	

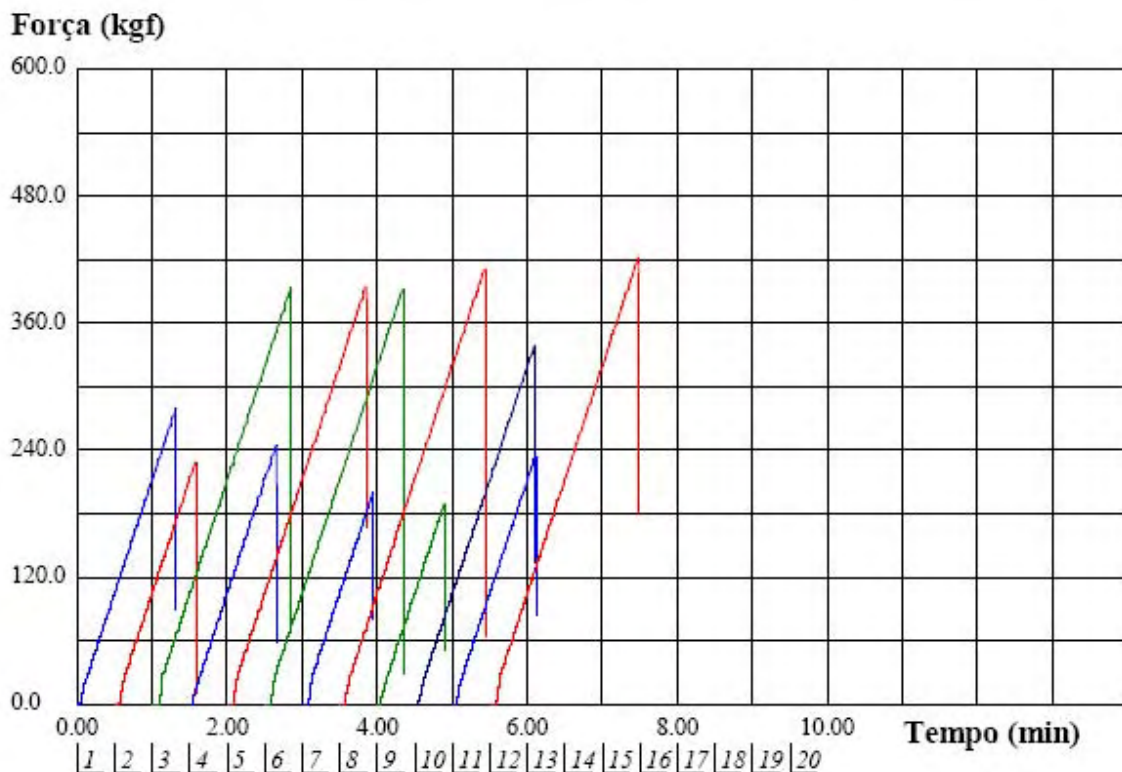


Figura 4.3 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência à tração normal na madeira de eucalipto no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento.

Os resultados obtidos para o ensaio de tração indicam que ao usar revestimento com lâminas de bambu gigante, colados com adesivo vinílico, em madeira de eucalipto (bastante antiga, densa e retirada da região da base do tronco), o conjunto composto final foi mecanicamente reforçado. Com a inclusão de lâminas de bambu, a madeira de eucalipto foi reforçada em aproximadamente 50 %, para o teste de tração normal, quando os anéis de crescimento da madeira estão dispostos de forma radial ao plano de ruptura e as lâminas de bambu orientadas com os feixes de fibras perpendicular ao plano de ruptura. Na Tabela 4.10 são mostrados os dados do ensaio de tração normal em corpos de prova compostos de madeira de eucalipto reforçados com lâminas finas de bambu gigante.

Tabela.4.10 - Resultados de resistência a tração normal na madeira de eucalipto no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 05/01/2011		Hora: 15:20		Trabalho n° 357			
Método de Ensaio: <b>Tração normal no eucalipto e paralela nas lâminas de bambu</b>							
Amostra: <b>Plano RADIAL</b>				Espécies: Eucalipto e bambu gigante			
<b>R</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	25,25	36,22	9,15	397,67	<b>4,26</b>	
	CP 2	24,54	35,70	8,76	539,65	6,04	
	CP 3	25,03	35,90	8,99	444,54	4,85	
	CP 4	24,94	35,50	8,85	481,47	5,33	
	CP 5	23,87	35,64	8,51	574,02	<b>6,62</b>	
	CP 6	25,61	35,58	9,11	553,88	5,96	
	CP 7	24,51	35,98	8,82	443,98	4,94	
	CP 8	25,31	35,91	9,09	541,94	5,85	
	CP 9	24,97	35,90	8,96	531,11	5,81	
	CP 10	24,60	35,71	8,78	480,15	5,36	
	CP 11	25,00	35,41	8,85	469,39	5,20	
	<b>Médias</b>	24,88	35,77	8,90	496,2	<b>5,47</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>	0,47	0,24	0,19	55,57	0,67	
	<b>Coeficiente de variação (%)</b>	1,9	0,66	2,1	11,20	<b>12,07</b>	

Aspecto importante a ser observado é o fato de o coeficiente de variação ter diminuído na madeira de eucalipto revestida com as lâminas de bambu, passando de 29% para 12%. Isto significa que ao revestir a madeira o material composto resultante passou a ser mais confiável para este tipo de esforço, pois o rompimento deste acontece de forma mais controlada e previsível. Este comportamento do

reforço no material composto também é desejável, pois contribui na produção de painéis laminados mais estáveis e com maior qualidade.

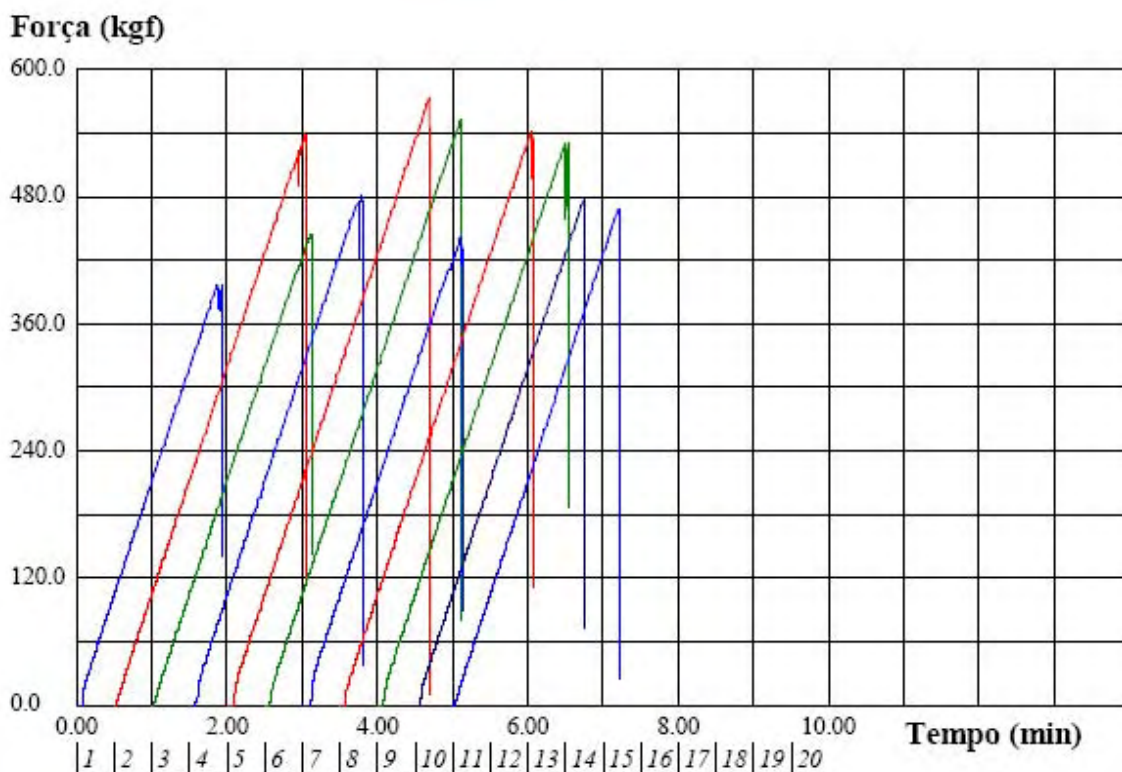


Figura 4.4 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova compostos mostrando a resistência à tração normal na madeira de eucalipto no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento reforçada com lâminas de bambu gigante sujeitas à tração normal no ensaio.

#### 4.5 Ensaio de tração na linha de cola dos sarrafos de eucalipto com e sem reforço de lâminas de bambu gigante.

Resultados significativos foram obtidos também nos ensaios de tração normal onde os corpos de prova eram colados exatamente na linha central de simetria. Os corpos de prova foram rompidos em duas situações distintas, com e sem reforço de lâminas de bambu dispostas no sentido de maior reforço mecânico esperado, ou seja, perpendiculares ao plano de ruptura. Os dados são mostrados nas Tabelas 4.11 e 4.12.

Nestes ensaios foram utilizados apenas 6 corpos de prova para cada situação.

Tabela.4.11 - Resultados de resistência à tração normal na lâmina de cola PVAc em painéis sarrafeados de *Eucalyptus saligna*, independente da posição dos anéis de crescimento na madeira.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>					
<b>Relatório de Ensaio</b>					
Máquina: Emic DL30000N		Célula: Trd 28 Extensômetro: -		Data: 17/11/2011	
Trabalho n° 338		Método de Ensaio: <b>Tração normal às fibras</b>			
Amostra: <b>Plano aleatório</b>			Espécie: <i>Eucalyptus saligna</i>		
	<b>Corpo de prova</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (N)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	8,61	4171,3	4,84	
	CP 2	8,92	3804,7	4,27	
	CP 3	8,53	4365	<b>5,11</b>	
	CP 4	8,49	3119,8	<b>3,68</b>	
	CP 5	8,36	4250,9	5,09	
	CP 6	8,35	3790,9	4,54	
	<b>Médias</b>	8,54	3917	<b>4,59</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>	0,21	456,3	0,55	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>	2,46	11,65	<b>12,05</b>	

Tabela 4.12 - Resultados finais de resistência à tração normal na lâmina de cola em sarrafos de madeira de *Eucalyptus saligna*, unidos com adesivo PVAc, com revestimento de lâminas de bambu gigante.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>					
<b>Relatório de Ensaio</b>					
Máquina: Emic DL30000N		Célula: Trd 28 Extensômetro: -		Data: 17/11/2011	
Trabalho n° 338		Método de Ensaio: <b>Tração normal às fibras</b>			
Amostra: <b>Plano aleatório</b>			Espécie: <i>Eucalyptus saligna</i> e bambu gigante		
	<b>Corpo de prova</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (N)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	9,15	6298,5	<b>6,88</b>	
	CP 2	9,14	6267,4	6,86	
	CP 3	8,92	5949,1	6,67	
	CP 4	9,33	4240,5	<b>4,55</b>	
	CP 5	8,77	4534,5	5,17	
	CP 6	9,14	5160,6	5,65	
	<b>Médias</b>	9,07	5408	<b>5,96</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>	0,20	895,7	0,99	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>	2,17	16,6	<b>16,6</b>	

No ensaio de tração normal em corpos de prova sarrafeados colados lateralmente, buscou-se quantificar o reforço mecânico que ocorre quando se revestem com lâminas de bambu, sarrafos de eucalipto semelhantes aos usados na confecção de painéis do tipo EGP, por isso o ensaio foi feito na lâmina de cola de união dos sarrafos em corpos de prova de tração normal. A direção de menor resistência dos painéis EGP ocorre na direção da união lateral dos sarrafos, justamente onde foi realizado o ensaio de tração normal, e onde foi possível verificar um bom resultado de reforço mecânico com o uso das lâminas de bambu, mostrados nos Gráficos 4.5 e 4.6.

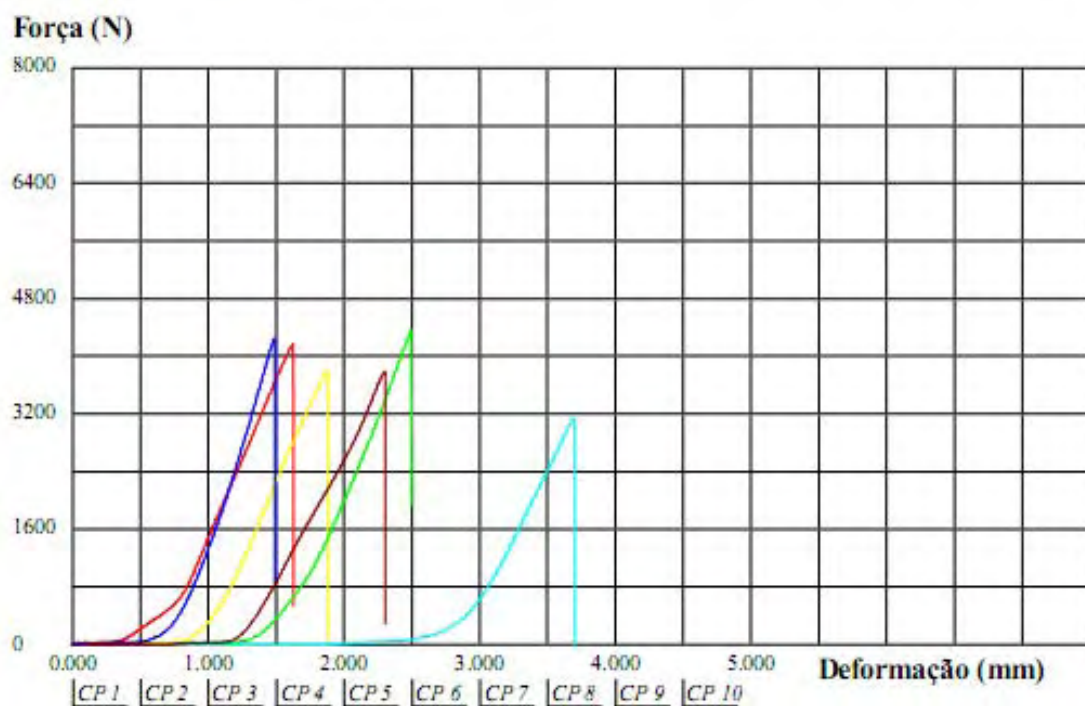


Figura 4.5 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência a tração normal da união colada de sarrafos de eucalipto independente da disposição dos anéis de crescimento nos sarrafos.

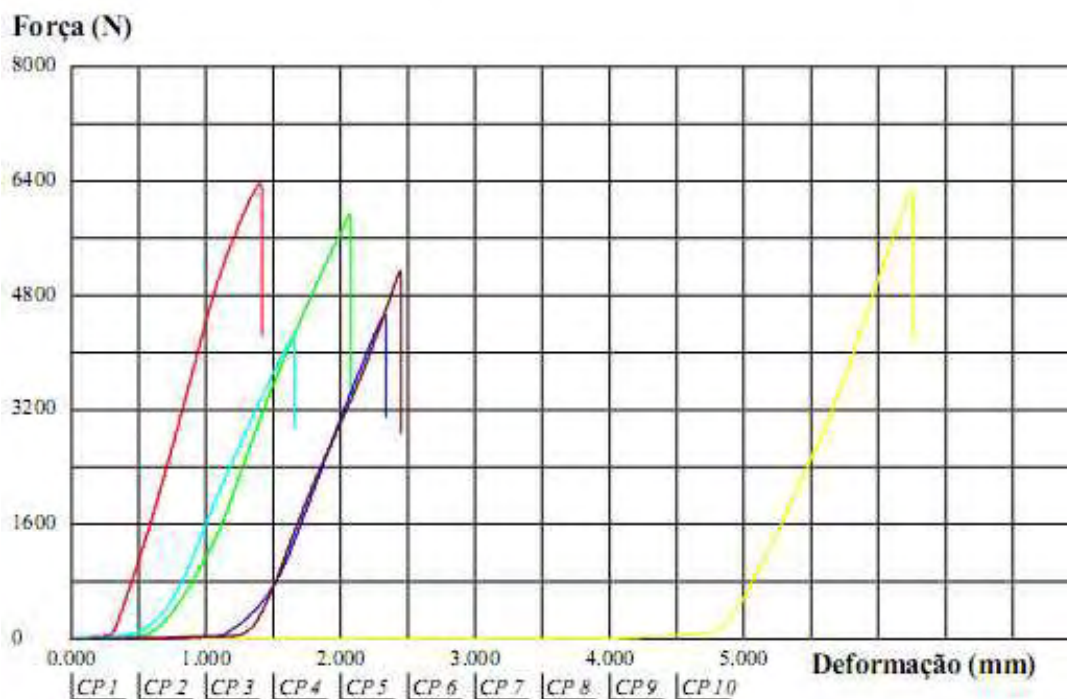


Figura 4.6 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência a tração normal da união colada de sarrafos de eucalipto, com revestimento em ambas as faces com lâminas de bambu gigante.

Verificou-se uma melhora significativa no desempenho das uniões coladas nos sarrafos de eucalipto, quando os sarrafos foram revestidos com lâminas de bambu gigante, colados no sentido transversal às linhas de cola do corpo de prova. Neste caso pode-se verificar um reforço mecânico com aumento na tensão média de ruptura de aproximadamente 30 %.

#### **4.6 Ensaios de flexão em painéis sarrafeados de eucalipto com e sem revestimento de lâminas de bambu gigante.**

A confecção de painéis EGP permite otimizar o uso da matéria prima na indústria madeireira, uma vez que são fabricados com sarrafos de madeira de pequenas dimensões. Assim é possível construir painéis planos com grandes superfícies, usando sarrafos obtidos de matéria prima pouco valorizada como as costaneiras, por exemplo. Assim, usando sarrafos que são elementos pequenos e padronizados, é possível fabricar painéis planos com dimensões maiores do que as obtidas a partir da madeira maciça.

De um modo geral, os painéis EGP tem uma resistência mecânica similar à resistência da madeira maciça no sentido longitudinal do painel, ou seja, quando os esforços solicitantes estão distribuídos de forma longitudinal nos elementos sarrafeados que constituem o painel. Porém o mesmo não aconteceu no sentido transversal do painel, ou sentido onde os sarrafos são colados lateralmente. Os painéis sarrafeados têm um comportamento mecânico muito inferior ao da madeira maciça dependendo em muito da resistência mecânica das linhas de cola.

Ao se revestir com lâminas torneadas, finas e largas, de bambu gigante, ambas as faces dos painéis sarrafeados de eucalipto, o comportamento do painel no sentido transversal melhora significativamente a ponto de atingir a resistência mecânica, similares ao da própria madeira maciça de eucalipto.

Nas Tabelas 4.13 e 4.14 são mostrados os dados dos painéis sarrafeados de eucalipto sem reforço, e com o reforço de lâminas de bambu. Pode-se perceber um aumento importante na resistência mecânica e no módulo de elasticidade no sentido transversal dos painéis, quando são agregadas a estas lâminas de bambu.

Verificou-se que a inclusão de lâminas de bambu nos painéis EGP de eucalipto, proporcionaram um reforço mecânico efetivo nestes painéis sarrafeados. Pode-se dizer que os painéis sarrafeados revestidos com lâminas, do tipo *lamin* e *block boards*, são uma evolução em relação aos painéis do tipo EGP.

Tabela.4.13 - Resultados finais de resistência à flexão estática em painéis sarrafeados colados lateralmente de eucalipto, unidos com adesivo PVAc.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>				
<b>Relatório de Ensaio de Flexão</b>				
Máquina: Emic DL30000N		Célula: Trd 28		
Data: 17/11/2011	Hora: 14:47	Trabalho n° 335		
Método de Ensaio: Flexão estática em 3 pontos – NBR 7190				
Material: Painel sarrafeado colado de <i>Eucalyptus saligna</i>				
Corpo de prova	seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)	Força máxima (N)
CP 1	21,43	8,22	3545,8	176,2
CP 2	20,10	9,11	2131	183,1
CP 3	21,22	8,30	1718,7	176,2
CP 4	20,85	8,29	2078,9	172,8
CP 5	20,84	8,46	1916,9	176,2
CP 6	20,96	9,23	1981,7	193,5
CP 7	19,23	10,42	1921,3	200,4
CP 8	19,27	10,58	1920	203,9
CP 9	20,10	10,14	1782,7	203,9
CP 10	19,34	8,75	1803,4	169,3
CP 11	19,37	11,42	1222,4	221,1
CP 12	19,46	12,08	1491,7	234,9
<b>Médias</b>	20,2	9,6	1960	<b>192,6</b>
<b>Desvio Padrão</b>	0,84	1,3	559,3	20,8
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	4,2	13,7	28,5	10,8

Comparando os dados das Tabelas 4.13 e 4.14, verifica-se que a tensão de ruptura passou em média, de 9,58 MPa no painel sarrafeado de eucalipto, para 32,2 MPa no mesmo painel reforçado com lâminas de bambu, ou seja, ocorreu um aumento de 3,3 vezes. O módulo de elasticidade do painel, por sua vez, aumentou de 1.960 MPa para 25.260 MPa, um incremento de 12 vezes.

O uso da lâmina de bambu gigante no painel sarrafeado de eucalipto mostrou que o material laminado além de ser um bom revestimento, é um material eficaz como reforço mecânico. Quando as lâminas de bambu de pequena espessura são

incorporadas em painéis sarrafeados de eucalipto, os painéis resultantes são reforçados mecanicamente e apresentam um melhor comportamento de resistência à flexão, tanto no regime elástico quanto no regime plástico de carregamento. Fica evidente neste ensaio que com o revestimento ocorre um excelente reforço no sentido transversal do painel, melhorando a resistência do painel à flexão e a qualidade final do produto.

Tabela.4.14 - Resultados finais de resistência à flexão estática em painéis sarrafeados de *Eucalyptus saligna*, unidos com adesivo PVAc, com revestimento em dupla face com lâminas de bambu gigante.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>					
<b>Relatório de Ensaio de Flexão</b>					
Máquina: Emic DL30000N			Célula: Trd 28		
Data: 17/11/2011		Hora: 15:04		Trabalho n° 336	
Método de Ensaio: Flexão estática em 3 pontos – NBR 7190					
Material: Painel sarrafeado de <i>Eucalyptus saligna</i> revestido com lâminas de bambu gigante.					
	<b>Corpo de prova</b>	<b>seção (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tensão de ruptura (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidade (MPa)</b>	<b>Força máxima (N)</b>
	CP 1	28,43	37,55	19.696	1067,7
	CP 2	28,11	42,65	21.813	1199
	CP 3	26,73	57,8	15.735	1544,6
	CP 4	27,94	23,13	16.382	646,1
	CP 5	29,06	28,9	15.351	839,6
	CP 6	27,81	25,47	14.964	708,3
	CP 7	28,26	28,13	49.724	794,7
	CP 8	26,45	29,52	52.098	780,9
	CP 9	27,57	24,19	23.659	666,9
	CP 10	26,25	33,44	25.941	877,7
	CP 11	27,50	36,56	20.906	1005,5
	CP 12	27,18	27,46	29.984	746,4
	CP 13	28,65	23,76	22.096	680,7
	<b>Médias</b>	27,7	32,2	25.260	<b>889,1</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	0,85	9,7	12.210	258,1
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>	3,01	30,2	48,3	29

No Gráfico 4.7 é mostrado o comportamento individual dos corpos de prova retirados do painel EGP de eucalipto. Observa-se que o comportamento da ruptura do material é tipicamente frágil, ou seja, o painel de eucalipto sarrafeado ao absorver energia rompe de maneira abrupta e sem aviso. Pode-se ver que todos os corpos de prova individualmente mostram um comportamento muito semelhante e no gráfico, a curva (força x deformação) é uma reta que termina repentinamente, sem mostrar nenhum tipo de escoamento plástico no material. Este comportamento é muito perigoso e nada desejável para painéis estruturais, pois durante o uso deste material podem ocorrer falhas repentinas causando acidentes graves.

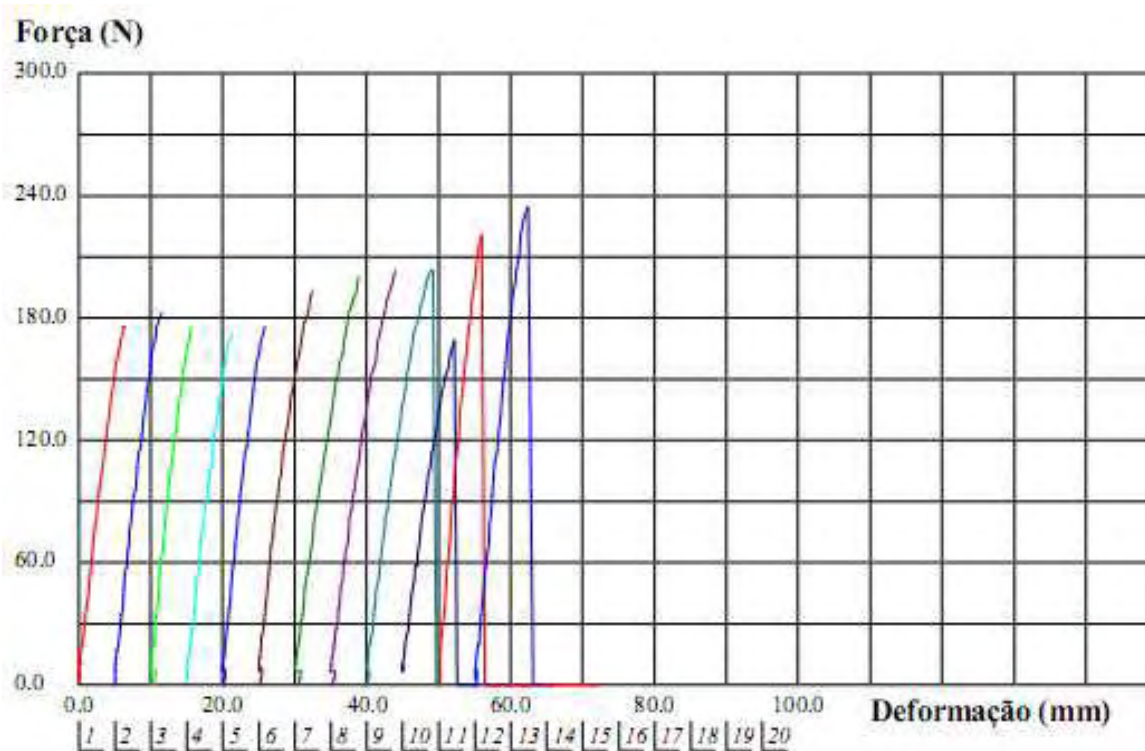


Figura 4.7 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência a flexão de amostras de painel sarrafeado de *Eucalyptus saligna*, ensaiados no sentido transversal dos sarrafos.

O painel sarrafeado de eucalipto revestido com lâminas de bambu BB, por outro lado, tem um comportamento modificado e melhorado. Verifica-se uma alta elasticidade do material quando comparada com o painel EGP. O comportamento individual dos corpos de prova mostrado no Gráfico 4.8, indica uma região maior de deformação elástica e uma região significativa de escoamento plástico antes de o

material romper, comportamento típico dos materiais dúcteis. Este tipo de característica é desejável em um painel estrutural, pois este quando solicitado mecanicamente, avisa antes de romper-se reduzindo as chances de causar acidentes graves como pode acontecer com painéis que rompem de forma frágil, como o painel EGP experimental de eucalipto. O elemento responsável por esta mudança no comportamento do painel são as lâminas de bambu. Estas funcionam como um reforço mecânico de fibras sobre uma base frágil, mesmo tendo pequena espessura. Justamente por isso o reforço mecânico obtido foi considerado muito significativo uma vez que não se encontraram em outros trabalhos realizados na área, relatos de reforço com lâminas de tão pequena espessura.

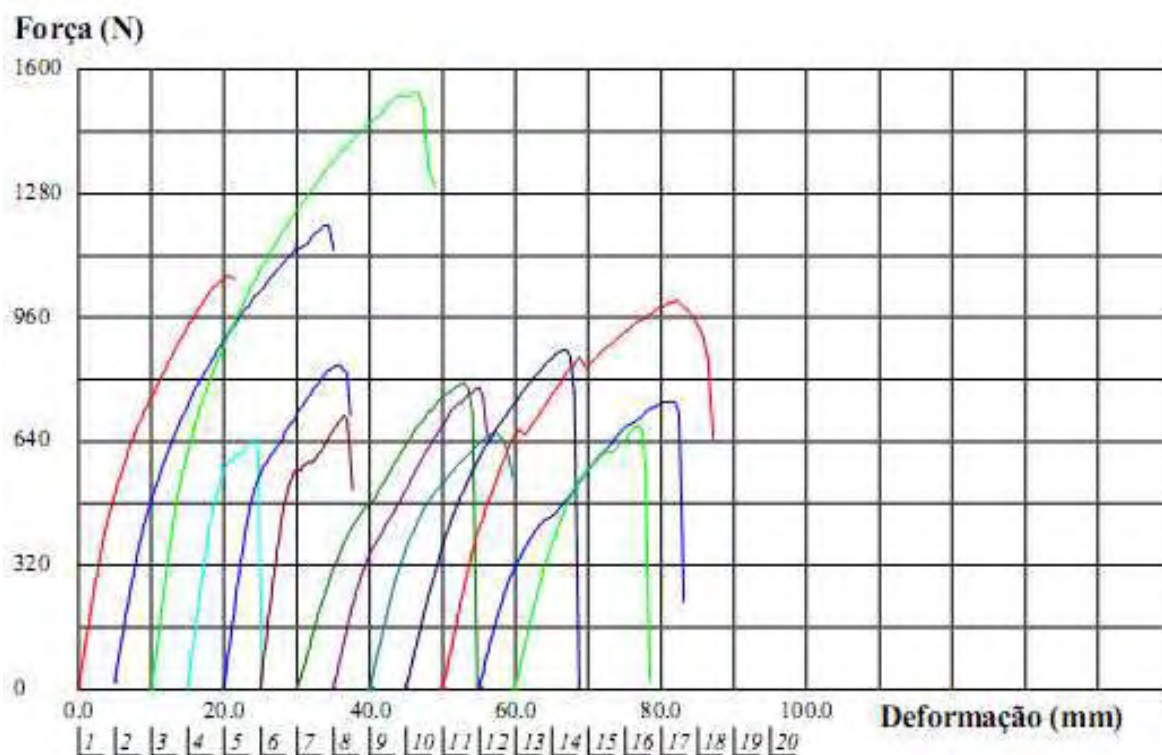


Figura 4.8 - Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência a flexão de amostras de painel tipo *block board* de *Eucalyptus saligna*, com revestimento com lâminas de bambu gigante, ensaiados no sentido transversal dos sarrafos.

Segundo a EN 300 (2002) são especificados dois tipos de painéis OSB (*Oriented Strand Board*) para ambientes secos: OSB classe 1 para usos gerais e componentes interiores, incluindo mobiliário e OSB classe 2 para fins estruturais.

Na Tabela 4.15 são apresentados valores do módulo de elasticidade segundo a referência da norma européia para painéis OSB de pinus, valores medidos por Morales (2006) para os painéis OSB de pinus e os valores encontrados neste trabalho para os painéis sarrafeados de eucalipto com e sem revestimento com lâminas de bambu.

Tabela 4.15 – Comparação do módulo de elasticidade de painéis OSB com os valores medidos para o EGP de eucalipto e o Block Board de bambu/eucalipto.

		<b>MOE (MPa)</b>
<b>Tipo de painel</b>	<b>Direção transversal</b>	<b>FONTE</b>
<b>OSB/ 1</b>	1.200 (mín.)	EN 300
<b>OSB/ 2</b>	1.400 (mín.)	EN 300
<b>OSB/ 1</b>	1.800	Morales, 2006
<b>OSB/ 2</b>	1.747	Morales, 2006
<b>EGP eucalipto</b>	1.960	
<b>BB bambu/eucalipto</b>	25.260	

Analisando estes valores verifica-se que o painel tipo EGP de eucalipto tem uma baixa resistência mecânica no sentido transversal similar à resistência dos painéis OSB de pinus, no entanto, os painéis BB de bambu-eucalipto ensaiados apresentam uma resistência mecânica à flexão muito superior. Os painéis OSB de pinus são amplamente usados no mercado brasileiro e mundial, apesar da baixa resistência mecânica transversal. O painel BB de bambu-eucalipto mostrou nos ensaios elevada resistência mecânica indicando o potencial tecnológico do produto.

#### **4.7 Síntese dos resultados do revestimento da madeira e dos painéis sarrafeados de eucalipto com lâminas de bambu gigante.**

Na Tabela 4.16 foram sintetizados os resultados obtidos nos ensaios mecânicos realizados neste trabalho. Verifica-se que as lâminas de bambu não reforçaram a madeira de eucalipto de elevada densidade no ensaio de cisalhamento,

independentemente da direção geral dos anéis de crescimento na madeira. As lâminas de bambu funcionam neste caso apenas como revestimento.

Como a densidade das lâminas de bambu era bastante menor que a densidade da madeira de eucalipto, como mostra a Figura 4.9, era improvável que o uso das lâminas de bambu resultasse em qualquer tipo reforço mecânico na madeira de eucalipto.

A densidade final média da madeira de eucalipto encontrada foi de 979,6 kg/m<sup>3</sup> caracterizando-o como eucalipto de alta densidade. Os valores medidos apresentaram uma baixa amplitude indicada pelo coeficiente de variação de 5,8%. Já as lâminas de bambu apresentam valores menores médios para a densidade, 613 kg/m<sup>3</sup>, mas maior amplitude indicada por um coeficiente de variação de 15,3% .

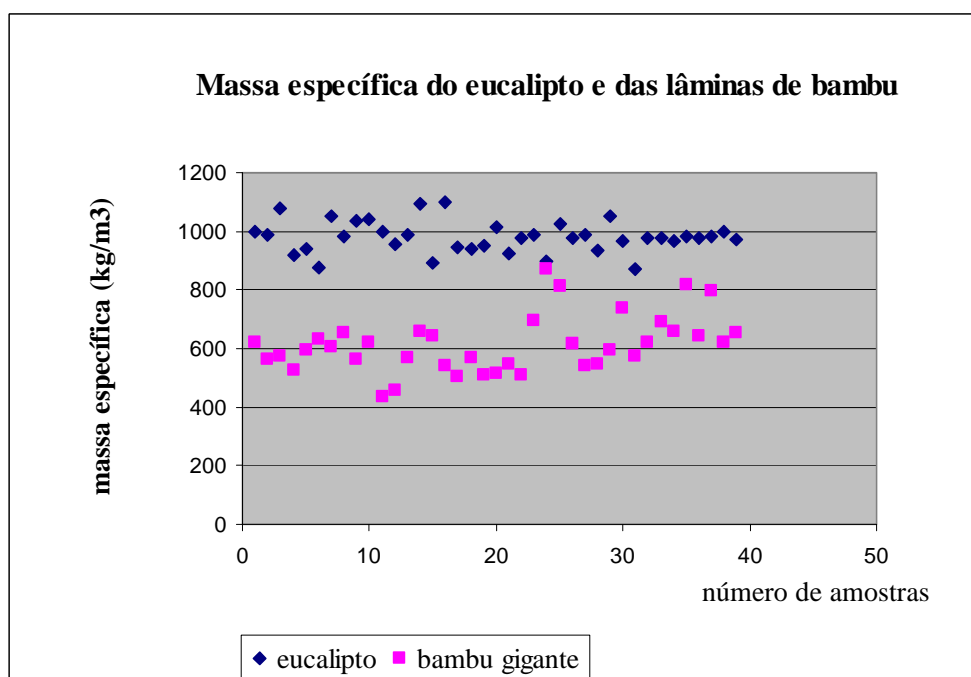


Figura 4.9 - Distribuição gráfica da massa específica da madeira de *Eucalyptus saligna* e das lâminas de bambu gigante.

A maior variação da massa específica das lâminas de bambu se deve a estrutura FGM do material ao longo da parede do colmo do bambu. Assim a lâmina obtida da região próxima à casca do colmo tem massa específica maior do que a obtida de regiões mais internas, proporcional ao gradiente de distribuição dos feixes fibrovasculares.

Como afirmam Lima e Dias (2001) e Lee *et al* (1997), a utilização de reforço de bambu em estruturas de madeira apresenta resultados satisfatórios, no sentido de melhorar as características mecânicas das madeiras com densidade menor que 500 kg/m<sup>3</sup>. No entanto, verificou-se que lâminas finas de bambu, coladas transversalmente ao plano de ruptura do corpo de prova, reforçaram a densa madeira de eucalipto no ensaio de tração normal. O reforço mecânico aumentou em muito quando o revestimento com lâminas de bambu foi feito em painéis sarrafeados de eucalipto. Neste novo tipo de painel, as lâminas funcionaram claramente como um reforço mecânico importante, melhorando as características finais do produto no sentido transversal do painel.

Tabela 4.16 - Resumo dos resultados dos ensaios mecânicos, obtidos no trabalho de revestimento de madeira e de painéis sarrafeados de *Eucalyptus saligna* com lâminas torneadas, largas e finas de bambu gigante.

TIPO DE ENSAIO	PROPRIEDADE MECÂNICA		INCREMENTO OU REFORÇO
	Tensão média máx. de ruptura <b>sem lâminas de bambu</b> (MPa)	Tensão média máx. de ruptura <b>com lâminas de bambu</b> (MPa)	
<b>Cisalhamento</b> na madeira de eucalipto no plano tangencial dos anéis	14,44	15,48	Reforço não significativo, 7 %
	14,78	14,34	Reforço inexistente
<b>Cisalhamento</b> na madeira de eucalipto no plano radial dos anéis	16,41	16,47	Reforço inexistente
<b>Tração normal</b> na madeira de eucalipto	3,63	5,47	Reforço significativo, <b>50 %</b>
<b>Tração normal</b> na linha de cola dos sarrafos	4,58	5,96	Reforço significativo, <b>30 %</b>
<b>Flexão</b> de painéis EGP no sentido transversal	9,58	32,2	Reforço muito significativo, <b>336%</b>
Módulo de elasticidade <b>MOE</b> (MPa)	1.960	25.260	Aumento muito significativo, <b>1289%</b>

#### 4.8 Rugosidade e acabamento superficial das lâminas de bambu gigante lixadas.

Os resultado dos ensaios de lixamento manual alternativo, em seqüência crescente de número mesh de granulometria das lixas de lâminas de bambu gigante, são mostrados na Tabela 4.17 o processo de lixamento deu-se de forma seqüencial e cumulativa, ou seja, o corpo de prova 220 foi lixado anteriormente com a lixa 120, o corpo de prova 320 foi lixado anteriormente com as lixas 120 e 220, e assim sucessivamente.

Tabela 4.17 – Rugosidade superficial em lâminas de bambu gigante em diferentes seqüências de lixamento.

<b>Granulometria das lixas</b>	Lixamento paralelo às fibras	Perpendicular às fibras
	<b>Ra (<math>\mu\text{m}</math>) - médio</b>	<b>Ra (<math>\mu\text{m}</math>) - médio</b>
<b>120</b>	3,83	8,04
<b>220</b>	2,18	5,82
<b>320</b>	1,37	3,77
<b>360</b>	2,3	3,33
<b>600</b>	1,92	3,58
<b>1200</b>	1,61	4,16
<b>1500</b>	0,74	2,81

No gráfico da Figura 4.10 são mostradas as curvas de ensaio de lixamento com lixas de diferentes granulometrias. A medição da rugosidade superficial da lâmina de bambu gigante foi realizada no sentido paralelo e no sentido perpendicular às fibras. O resultado do gráfico mostra que existe uma diferença importante na rugosidade nos diferentes sentidos de medição, indicando uma característica anisotrópica da superfície do material.

O acabamento superficial e a diminuição da rugosidade superficial “Ra” das lâminas de bambu gigante é mais acentuada e efetiva com as lixas 120, 220 e 320. A partir daí os valores da rugosidade param de diminuir e em alguns pontos como para a lixa 360 e 1200, os valores aumentam.

Uma possível explicação para este aumento da rugosidade superficial da lâmina, com a diminuição da granulometria da lixa, é o fato de que os corpos de prova não foram classificados por região de extração da parede do colmo. Esta classificação poderia ser feita grosso modo de maneira visual ou então através da medição da massa específica das diversas regiões da lâmina. Desta maneira não foi possível garantir qual era a massa específica da lâmina nos corpos de prova. Assim, a estrutura FGM do material, que está diretamente relacionada com a variação da massa específica da lâmina, devido à diferença na concentração de feixes fibrovasculares, deve ser uma das principais características do material a causar este comportamento aparentemente anômalo de aumento da rugosidade da superfície da lâmina quando lixada com lixas mais finas que 320.

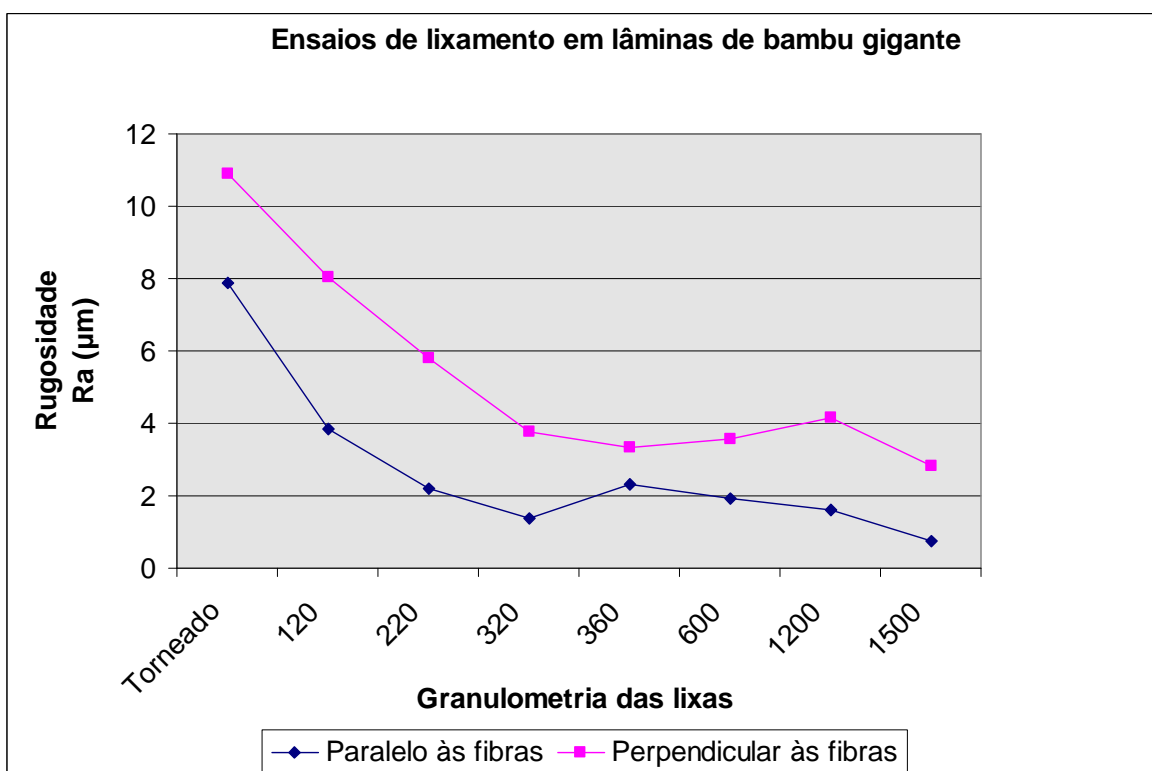


Figura 4.10 – Gráfico mostrando a qualidade da superfície de lâminas de bambu gigante, através da rugosidade Ra média, quando submetidas ao processo de torneamento e lixamento alternativo com diferentes granulometrias de lixas, nos sentidos paralelo e perpendicular aos feixes de fibras.

De um modo geral pode-se afirmar que processos mais viáveis de acabamento superficial devem restringir-se a seqüências de lixamento até a

granulometria 320 no máximo, acima disso a rugosidade diminui pouco necessitando de processos especiais de lixamento. No gráfico verifica-se uma nova diminuição significativa da rugosidade das lâminas lixadas, somente com a lixa de granulometria 1500, onde o valor “Ra” médio de  $0,74\mu\text{m}$ , indica um excepcional acabamento superficial para a lâmina de bambu gigante, porém este tipo de acabamento lixado exige muitas etapas e eleva os custos de processo e de um modo geral não é industrialmente atrativo.

Os gráficos individuais de cada ensaio de rugosidade, com todos os pontos medidos para cada seqüência de lixamento nos corpos de prova são mostrados no Apêndice C.

## 5. CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica mostra a importância do eucalipto e do bambu como recursos florestais. Diferente do eucalipto, no Brasil o bambu é pouco utilizado industrialmente e pouco estudado cientificamente. No entanto, o uso conjunto da madeira produzida por estes dois gêneros tende a ser fonte de soluções tecnológicas interessantes, sustentáveis e socialmente importantes, como por exemplo, o desenvolvimento dos painéis *blockboards* de bambu-eucalipto.

Ao ensaiar peças de madeira maciça de *Eucalyptus saligna* e painéis sarrafeados desta madeira, revestidos com lâminas primárias, contínuas, finas e largas de bambu gigante; buscou-se verificar a qualidade superficial do revestimento laminado e se as lâminas de bambu funcionavam como reforço mecânico na madeira de eucalipto e no painel sarrafeado de eucalipto.

Após vários ensaios de cisalhamento na madeira maciça de eucalipto, com três diferentes orientações de anéis de crescimento no plano de ruptura, verificou-se que o revestimento com lâminas finas de bambu não atuava como reforço mecânico significativo para este tipo de solicitação mecânica.

Como não houve reforço na madeira de eucalipto, para os esforços do ensaio de cisalhamento, não se pode verificar uma possível influência da orientação dos anéis de crescimento da madeira de *Eucalyptus saligna* nos resultados.

Foram realizados dois tipos de ensaios de tração normal, um na madeira de eucalipto maciça, e outro na linha de cola de união entre os sarrafos de eucalipto. Os resultados dos testes mostraram que neste caso, a lâmina de bambu funciona como reforço mecânico apropriado se usada em uma condição de tração paralela aos seus feixes de fibras.

Os ensaios de flexão estática em amostras do painel sarrafeado de eucalipto, mostraram que estes painéis apresentam a menor resistência mecânica no sentido transversal do painel, ou seja, onde ocorrem as uniões laterais dos sarrafos. No entanto, quando o painel sarrafeado de eucalipto é revestido com lâminas de bambu

gigante, dispostas com a orientação da grã no sentido transversal dos sarrafos, a resistência mecânica e a elasticidade destes novos painéis é muito superior.

O reforço mecânico conseguido no ensaio de flexão estática dos painéis revestidos com lâminas de bambu, BB, mostrou-se tão significativo que o painel apresentou resultados próximos ao da própria madeira maciça e melhores que o painel OSB/2 tipo estrutural.

As lâminas de bambu são boas para serem usadas como reforço em madeiras de baixa e média densidade, mas podem ser usadas em alguns casos para reforçar madeiras de elevada densidade, como foi mostrado neste trabalho. Além disso, proporciona um reforço importante em painéis sarrafeados, melhorando a amarração e a união dos sarrafos entre si, bem como a resistência à flexão dos painéis.

Assim, neste trabalho comprovou-se a hipótese de reforço da madeira de eucalipto de alta densidade, quando esta foi revestida com lâminas de bambu para o caso da tração normal. Rejeitou-se a hipótese de reforço da madeira de eucalipto para o cisalhamento quando esta foi revestida com lâminas de bambu gigante.

Verificou-se como resultado importante, o elevado reforço mecânico que ocorreu no painel EGP de eucalipto quando este foi revestido em dupla face com lâminas contínuas, finas e largas de bambu gigante. O reforço mecânico modificou o comportamento frágil da ruptura à flexão do painel, tornando-o mais elástico, dúctil e confiável para o uso. Além disso, o uso das lâminas obtidas por torneamento de bambu gigante, permitiram o desenvolvimento de uma nova classe de painel laminado, o *block board* de bambu-eucalipto, até então inédito no Brasil.

Os resultados de lixamento manual alternativo das lâminas de bambu mostraram uma característica anisotrópica da superfície do material. Os valores da rugosidade “Ra” e “Rmax” da superfície da lâmina de bambu gigante foram sempre menores no sentido paralelo aos feixes fibro vasculares e maiores no sentido transversal a estes.

Pode ser obtida rugosidade “Ra” abaixo de 1 $\mu$ m, no sentido paralelo aos feixes de fibras das lâminas de bambu, indicando um excepcional acabamento; com uma seqüência especial de lixamento até a lixa 1500. No entanto, com uma

seqüência industrial comum, com lixas 220, já se obtém rugosidade paralela em torno de 2  $\mu\text{m}$ . De um modo geral pode-se afirmar que processos mais viáveis de acabamento superficial para lâminas de bambu gigante devem restringir-se a lixas de granulometria 320 no máximo, acima disso a rugosidade diminui pouco necessitando de processos especiais de lixamento.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído para o desenvolvimento tecnológico dos painéis sarrafeados laminados de bambu e madeira no Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas; **Anuário estatístico da ABRAF 2010 - ano base 2009**. 140p. – Brasília, DF, 2010.

AHMAD, M.; **Analysis of Calcutta bamboo for structural composite materials**. Doctor's dissertation. Faculty of Virginia Polytechnics Institute and State University, Virginia, USA, 2000.

AMADA, S.; MUNEKATA, T.; NAGASE, Y.; ICHIKAWA, Y.; KIRIGAI, A.; ZHIFEI, Y. **The mechanical structures of bamboos in viewpoint of functionally gradient and composite material**. Journal of Composite Material, Japan, v.30, n.7, p.801-819. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-ISO 4287:2002 :Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade**. 18p. Rio de Janeiro, RJ, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT; **NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, RJ, 1997, 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT; **NBR 9656 - Determinação de umidade por secagem em estufa**. São Paulo, 1986.

AHMAD, M.; **Analysis of Calcutta bamboo for structural composite materials**. Doctor's dissertation. Faculty of Virginia Polytechnics Institute and State University, Virginia, USA, 2000.

BARBOSA, J. C.; **Estudo preliminar das propriedades mecânicas do material composto – EGP de pinus com reforço de bambu**. In: Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - XII EBRAMEM, Lavras, MG, julho 2010.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; **Bambu características e aplicações**. Rio Grande do Sul: Editora Agropecuária Ltda, Guaíba, Canoas-RS, 122 p, 2004.

BERNDSSEN, R. S.; **Caracterização anatômica, física e mecânica de lâminas de bambu (Phyllostachys pubescens)**. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica e Materiais) – PPGEM, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 98 p. Curitiba, 2008.

BODIG, J.; JAYNE, B.A.; **Mechanics of Wood and Wood Composites** Krieger Publishing Company – Malabar, Florida, USA – 1982.

BRENA, D.A.; **Proposição de um sistema de Inventário Florestal nacional para o Brasil**. Ciência Florestal, Santa Maria, v.6, n.1, p.109-127, RS, 1996.

CALLISTER, Jr, W.D.; **Materials Science and Engineering an introduction** - John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1991.

CARDOSO Jr, M.L.; **Recomendações para projeto de piso de bambu laminado colado – BLC**. 163p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2008.

CARRASCO, E.V.M.; MOREIRA, L.E.; XAVIER, P.V.; **Bambu laminado e colado**. In: V Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira EBRAMEM, Belo Horizonte, MG, Anais, v.II, pp.411-422, 1995.

CASAGRANDE Jr., E.F.; **Inovação tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface**. Revista Educação & Tecnologia, Curitiba, v.8, p.97-109, 2004.

(a) CBRC - China National Bamboo Research Center; - **General Biological Characters of Bamboos**. Cultivation & Integrated utilization on bamboo in China, Hangzhou , 2006.

(b) CBRC - China National Bamboo Research Center; – **Structure and properties of bamboo timber**. Cultivation & Integrated utilization on bamboo in China, Hangzhou, 2006.

(c) CBRC - China National Bamboo Research Center; – **Anatomic Structure of Vegetative Bamboo organ's**. Cultivation & Integrated utilization on bamboo in China, Hangzhou, 2006.

CORREA, A de A; LUZ, C.N.R.; FRAZÃO, F.J.L.; **Características papeleiras dos bambus da região do Acre da Amazônia**. In: Congresso anual da associação brasileira de celulose e papes, São Paulo, 1997.

CUSACK, V.; **Bamboo Rediscover**. Austrália: E. Earth Garden Books, 1998.

DIN EN-204 **Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications**; European Standard - 2001.

DUNKELBERG, K; FRITZ, J.; **Bamboo as a building material**. Alemanha: Ed. University of Stuttgart, 1985.

ESPIRITO SANTO, F. D. B.; SILVA, B. S. G.; SHIMABUKURO, Y. E.; **Detecção da dinâmica da floresta de bambu no sudoeste do Acre com o uso de técnicas de**

**processamento de imagens de satélite.** Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05- 10 abril 2003, INPE, p. 649-656.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - European Standard; **NP EN 300 – Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB) – Definições, classificação e especificações.** Instituto Português de Qualidade, Monte de Caparica, Portugal, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - European Standard; **NP EN 310 - Placas de derivados de madeira – Determinação do módulo de elasticidade em flexão e da resistência à flexão.** Instituto Português de Qualidade, Monte de Caparica, Portugal, 2000.

FIORELLI, J.; DIAS, A. A.; **Modelo teórico para determinação da resistência de vigas de madeira laminada colada reforçadas com fibras.** In: Anais, IX Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira EBRAMEM, Cuiabá, MT, Jul.,2004.

FONDEF. **Boletín del Bambu em Chile.** Santiago: Gobierno de Chile, 4, enero. 2003. p. 2-20

FU, J.; **Moso Bamboo in China.** The Magazine of the American Bamboo Society · Volume 21 · n° 6, October 2000.

GARBINO, L. V.; GONÇALVES, M. T. T.; PEREIRA, M. A. R.; **Métodos de ensaio para amostras de bambu laminado.** . In: VII Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira –EBRAMEM – Uberlândia, MG, 2002.

GARCIA, C. H.; MORA, A. L. **A cultura de eucalipto no Brasil.** São Paulo, SP: SBS, 2000.

GHAVAMI, K. **Bambu: um material alternativo na Engenharia.** Revista Engenharia, n. 492, p.23-27, 1992.

GHAVAMI, K.; RODRIGUES, C.S.; PACIORNICK, S.; **Bamboo: Functionally Graded Composite Material.** Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing). v.4, n°1, p.1-10, Irã, 2003.

GONÇALVES, M. T. T., **Processamento da madeira,** USC, Bauru, SP – 2000.

GONÇALVES, M.T.T.; PEREIRA, M. A. R.; GONÇALVES, C .D.; **Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu.** In: XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2000. Fortaleza – Ceará, 4 a 7 de Julho de 2000.

HAUBRICH, J. L.; GONÇALVES, C.; TONET, A.; **Adesivos vinílicos apresentam soluções para madeira.** Abril de 2007, disponível em: [http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos\\_download.php](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos_download.php) - acessado em agosto 2010.

HEXION; **WONDERBOND 2555 - Brand of Adhesives and Resins from Hexion.** Boletim Técnico – Doc 55 / Rev. 1, Laboratório de Assistência Técnica, SP - 2007.

HIGUCHI, T.; **Bamboo in Japan.** In: XVII World Congress – International Union of Forestry Research Organization. Japão: Kyoto University, 1981.

HIZIROGLU, S.; JARUSOMBUTI, S.; FUEANGVIVAT, V.; **Properties of bamboo-rice straw-eucalyptus composite panels.** Forest Products Journal, Madison, v. 55, n. 12, p. 221-225, Dec. 2005.

HSIUNG, W.; **El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo.** Revista internacional de silvicultura e industrias forestales, Unasylya, nº156, vol.39, FAO, Roma, Italia, 1987.

IWAKIRI, S.; **Painéis de Madeira: Características tecnológicas e aplicações.** Revista da Madeira, Edição especial Painéis, maio 2003.

JAIN, S.; KUMAR, R.; JINDAL, U.C.; **Mechanical behaviour of bamboo and bamboo composite.** Journal of Materials Science, v. 27 – 1992.

JANSSEN, J.J.A.; **Bamboo in Building Structure.** Dissertation published at the Technical University of Eindhoven, 1981.

JANSSEN, J.J.A. **Designing and building with bamboo.** International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Technical report nº 20. Beijing, China. 2000.

JANSSEN, J.J.A. **An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures.** In: Construction and building materials. 2005.

JESUS, J.M.H. **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada.** Escola de Engenharia de São Carlos. p. 24,-28. São Carlos-SP. 2000.

KAO, L.; **El proyecto bambu en Taiwan.** Taiwan: OMC, Conselho de Agricultura COA, Jul. 2002.

KOISHIRO, V.; **Bamboo industry in Japan, present and future-** In: XVII World Congress. Japão: Kyoto University, 1981.

KRONKA, F.J.N. **Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo.** Instituto Florestal de São Paulo, 183p. SP, 2002.

LEE, A.W.C.; XUESONG B; PERRY N.P.; **Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina.** Forest Prod. Journal, p.40-46, USA, 1994.

LEE, A.W.C.; BAI, X.; BANGI, A. P.; **Flexural properties of bamboo-reinforced southern pine OSB beams.** In: Forest Products Journal, v.47, n.6, p.74-78, Junho 1997.

LIESE, W. **Bamboos – Biology , silvies, properties, utilization.** Eschborn, dt Ges.fur.Tech.Zusammnarbeit (GTZ), 132 p., 1985.

LIESE, W.; (1998) **The anatomy of bamboo culms.** Inbar – International Network for bamboo and rattan, 1998. China. Technical report. 204p.

LIMA, C.K.P.; MORI, F.A.; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F.; MORI, C.L.S.O.; **Colagem da madeira de clones de Eucalyptus com três adesivos comerciais.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v.36, n.77, p. 73-77, março 2008.

LIMA Jr, H.C.; DIAS, A. A.; **Vigas mistas de madeira de reflorestamento e bambu laminado colado: análise teórica e experimental.** In: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.519-524, Campina Grande, PB, 2001.

LIMA Jr, H.C.; DALCANAL, P.R.; WILLRICH, F.L.; BARBOSA, N.P.; **Caracterização teórica-experimental das propriedades mecânicas do bambu Dendrocalamus giganteus colhido em Cascavel, PR.** In: International conference of sustainable construction into the next millenium: Environmentally friendly and innovative cement based materials. v.1, p.394-406, João Pessoa, PB, 2000.

LONDOÑO, X.; **Evaluation of Bamboo Resources in Latin America A Summary of the Final Report of Project N 96-8300-01-4** - International Network for Bamboo and Rattan, 1999.

LONDOÑO, X.; VILLEGAS, M.; **New Bamboo – Architecture and Design.** Villegas Editores, 2003.

LÓPEZ, O. H.; **Manual de construção com bambu. Colômbia.** Editora Estudos Técnicos Colombianos Ltda, Cali, 1981.

LÓPEZ, O.H.; **Bamboo the gift of the gods**. Bogota. D'Vinni Ltda. 553p. Colômbia, 2003.

MALINOVSKI, R. A. **Reflorestamento em áreas limítrofes de propriedades rurais em São José dos Pinhais (PR): análise de percepção e de viabilidade econômica**. 2002. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2002.

MANHÃES, A. P.; **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar**. Monografia: Curso de Engenharia Florestal - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Fevereiro, Seropédica - RJ, 2008.

MARRA, A.A.; **Technology of wood bonding: Principles in practice**. New York : Van Nostrand Reinhold, 454 p. 1992.

MATOS, J.L.M.; MUNIZ, G.B.; KLOCK, U.; MORESCHI, J.C.; IWAKIRI, S.; KEINERT, S. Jr.; **Tecnologia da Madeira**. Curitiba: FUPEF/UFPR., 1994.

MISKALO, E.P.; **Avaliação do potencial de utilização de bambu Dendrocalamus giganteus na produção de painéis de partículas orientadas**, 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MOFCOM (Ministry of Commerce of China); CRBC (China National Bamboo Research); **Boletim of Training Course on Bamboo Technology for Developing Countries 2006 – Enrolment Information Hangzou**: China, 2006.

MOFCOM (Ministry of Commerce of China); CRBC (China National Bamboo Research); **Boletim of Training Course on Bamboo Technology for Developing Countries 2009 – Enrolment Information Hangzou**: China, 2009.

MOFCOM (Ministry of Commerce of China); CRBC (China National Bamboo Research); **Boletim of Training Course on Bamboo Technology for Developing Countries 2011 – Enrolment Information Hangzou**: China, 2011.

MOIZÉS, F. A.; **Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru**. 113 p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, 2007.

MORALES, E. A. M.; **Técnicas de propagação de ondas na estimativa de propriedades mecânicas de painéis OSB**. 86 p. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NELSON, B.K.; BIANCHINI, M.C.; **Complete life cycle of southwest Amazon bamboos (*Guadua spp*) defected with orbital optical sensors.** Anais XII Simpósio de Sensoreamento Remoto, Goiânia, Abril, INPE, p. 1629 – 1636, 2005.

NÉRI, A.C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ R.E.; **Forças de corte ortogonal 90 -0 em três espécies de madeira de eucalipto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, nº2, p.239-244, Campina Grande, PB, 1999.

NOMURA, T.; TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A.; **Production and utilization of bamboo in Brazil.** Yugoslavia : In: XVIII UFRO World Congress, Ljubljana, 1986.

NUGROHO, N.; ANDO, N.; **Manufacture of laminated bamboo lumber made from bamboo Zephyr Strand Mat.** In: Proceedings of Pacific Timber Engineering Conference PTEC, Rotorua, New Zealand, p. 14-18, Mar. 1999.

d'OLIVEIRA, M.V.N.; SANT'ANNA, H.; **Inventário Florestal e avaliação do avanço do desmatamento no projeto de colonização Pedro Peixoto.** Documento 83, Embrapa, Rio Branco, AC, 2003.

OLIVEIRA, A.C.A.; **Efeitos do bambu *Guadua weberbaueri* Pilger sobre a fisionomia e estrutura de uma floresta no sudoeste da Amazônia.** Dissertação de mestrado. 84p. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, AM, 2000.

OLIVEIRA, Y. M. M. de (Coord.). **Projeto do novo inventário florestal do Brasil.** FAO/Embrapa Florestas. Colombo, 2005.

OSTAPIV, F. **Análise e melhoria do processo produtivo de tábuas de bambu *Phyllostachys pubescens* com foco em pisos.** Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica e Materiais) – PPGEM, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 112 p. Curitiba, 2007.

OSTAPIV, F.; SALAMON, C.; GONÇALVES, M.T.T.; **Estrutura da Madeira de Bambu mossô (*Phyllostachys pubescens*) e seus usos industriais - perspectivas para o mercado brasileiro.** XI Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, Londrina, PR, julho 2008.

OSTAPIV, F.; FAGUNDES, E.; **Perspectivas para o desenvolvimento da Cultura e da Cadeia Produtiva do bambu no Paraná: tendo como referência a inovação, a educação tecnológica e o modelo produtivo chinês.** Revista Athena, vol. 9. Curitiba, PR, 2008.

OSTAPIV, F.; SALAMON, C.; GONÇALVES, M.T.T.; **Cursos Tecnológicos de bambu Guadua no Acre – Perspectivas sustentáveis e inovadoras** Revista Athena, vol. 10. Curitiba, PR, 2008.

OSTAPIV, F., FAGUNDES, E.; GONÇALVES, M.T.T.; **A Educação Tecnológica no desenvolvimento sustentado da cadeia produtiva do bambu: a integração de diferentes culturas produtivas.** In: IV Simpósio Brasil- Alemanha, UFPR, Curitiba, 2009.

OSTAPIV, F., SALAMON, C., GONÇALVES, M.T.T., BARBOSA, J. C., ALVES M. C. S.; **Madeira de bambu como um Compósito Natural Funcionalmente Graduado (FGM), propriedades de lâminas torneadas de Phyllostachys pubescens** In: XII Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, Lavras MG, julho 2010.

OSTAPIV, F., GONÇALVES, M.T.T.; **Avaliação da Estrutura de um Bambuzal de Mossô (Phyllostachys pubescens) no Município de Fazenda Rio Grande – Paraná.** In: Anais do II Seminário da Rede Brasileira do Bambu – RBB, Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais – CPAB / UnB , Brasília, 2010.

PAULI, G.; **Upsizing.** São Paulo: L & PM e Fundação ZERI Brasil, 1998.

PEREIRA, M. A. R.; **Bambu, espécies, características e aplicações.** São Paulo: Ed. UNESP, Bauru - 1999.

PEREIRA, M. A. R., GARBINO, L.V.; **Propriedades mecânicas do bambu Dendrocalamus.** XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2003, Goiânia-GO, 28 de julho a 01 de agosto de 2003.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru, SP: Canal 6, 240 p.- 2007.

POLUCHA, F. S. **Design para sustentabilidade: Bambu Laminado e Vidro Reciclado na Produção de Móveis.** In: 7º Congresso de Pesquisa & Desenvolvimento em Design, Curitiba, PR, 2006.

RECH, M. **Colagem da madeira.** Coleção Cartilhas Moveleiras. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007.

RED CHILENA DEL BAMBU disponível em [www.bambu.cl](http://www.bambu.cl) acessado em 14/09/2006.

REVISTA DA MADEIRA – REMADE. Disponível em <[http :  
//www.remade.com.br/ .../madeira\\_pmva.php](http://www.remade.com.br/.../madeira_pmva.php) > Acesso em 20.09.2010.

RESK, S.S.; **Brasil terá primeiro Inventário Florestal Nacional.** Planeta Sustentável, Editora Abril, 16/12/2010, Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/>, acessado em 20/02/2011.

RIVERO, L. A.; BERALDO, A. L.; MENTA, A.C.; AZZINI, A.; **BLC – Bambu Laminado Colado.** In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira EBRAMEM, Cuiabá, M.T., Jul., anais, 2004.

RIVERO, L. A.; **Laminado colado e contraplacado de bambu.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2003.

ROASIO, J. C.; **Boletín del bambú en Chile.** Valdivia: Universidade Austral, Facultad de ciencias Forestales, Boletín n°4, Jan. 2003.

SALAMON, C.; **Ensaio para viabilizar a laminação do bambu Dendrocalamus giganteus em operações de torneamento sem centros.** Tese Doutorado – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Unesp, 114 p. Guaratinguetá, SP, 2009.

SATTAR, M.A.; KABIR M.F.; BHATTACHARJEE, D.K.; **Physical and mechanical properties of Bambusa arundinacea, Bambusa longispiculata, Bambusa vulgaris and Dendrocalamus giganteus.** Bangladesh Journal of Forest Science, p.20-25, 1991.

SHUDONG, W. **The retrospective and prospective of China's bamboo industry** - Vol 2. p. 1-10, CBRC, Hangzhou, China - 2006.

SILVA, E.C.N.; PAULINO, G.H.; WALTERS, M.C.; **Modeling Bamboo as a Functionally Graded Material.** USP, 2008, disponível em: [www.abmtenc.rio.br](http://www.abmtenc.rio.br)

SILVA, J.C.; RECH, C.; **Eucalipto: A Madeira do Futuro.** Revista da Madeira – Editorial – Ed. n°59 – Set. 2001.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.C.; TOMAZELLO, M.F.; KEINERT Jr, S.; MATOS, J.L.M.; **Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden.** Revista Floresta 34 (1), p 13- 22, Curitiba-Pr, Jan/Abr 2004.

SILVA, J.C.; **Cresce presença do eucalipto no Brasil.** Revista da Madeira – Ed. n° 92 – Out. 2005.

SILVA, J.R.M.; MUNIZ, G.I.B.; LIMA, J.T.; BONDUELLE, A.F.; **Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden.** Revista Árvore, v 29, n°3, p. 479-487, Viçosa, MG, 2005.

SOBRAL FILHO, M. **Adesão e adesivos para madeira: teorias de adesão e a natureza das colagens com madeira.** Brasília: Ministério da Agricultura, (Série Técnica, 5), 22 p., 1982.

TEIXEIRA FILHO, A.; **Eucaliptais: Qual Rio Grande do Sul desejamos?** Pelotas, RS – 2008. disponível em: <http://www.inga.org.br/?p=424>

TIBURCIO, U.F.O.; **Medição e análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento.** Tese de doutorado, Engenharia Mecânica, FEG, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá – SP- 2009.

UEDA, K.; **Bamboo production and utilization present and future** –In: XVII World Congress. Japão: Kyoto University, 1981.

UEDA, K.; **Culture of bamboo as raw material.** Kyoto: Association of Overseas Technical Scholarship, 1987.

VALVERDE, S.R.; **Plantações de Eucalipto no Brasil.** Revista da Madeira – Ed. n°107 – Set. 2007.

VARANDA, L.D.; **Influência da velocidade de corte e da granulometria das lixas na qualidade de peças de Eucalyptus grandis processadas através do lixamento tubular.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual de São Paulo, Itapeva, SP, 2010.

VARANDA, L.D.; ALVES, M.C.S.; GONÇALVES, M.T.T.; SANTIAGO, L.F.F.; **Influência das variáveis do lixamento tubular na qualidade das peças de Eucalyptus grandis.** In: XII Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, Lavras MG, julho 2010.

VARMAH, J. C.; PANT, M. M.; **Production and utilization of bamboos.** Índia: Forest Research Institute & Colleges, Dehra Dun, 1980.

VIDAURRE, G.; VITAL B.R.; SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; **Madeira serrada de eucalipto.** Revista da Madeira – Ed. n°102 – Jan. 2007.

WELLONS, J. D. **Adhesion to woody substrates.** Oregon State University, Forest Research Laboratory , 1997, p. 1115.

WETHYAVIVORN, B.; INPON, I.; KULSUWAN, M.; **Behavior of the glue-laminated bamboo composite.** In: NOCMAT/3 – Vietnam International Conference on Non-conventional materials and technology. p.446-451, Hanoi, Vietnam, Mar. 2002.

XINGCUI, D. **Bamboo research in China.** Hangzhou: CBRC - China National Bamboo Research Center, p. 47-61, Hangzhou, 2006.

XU, H.; TANAKA, C.; NAKAO, T.; KATAYAMA, H. **Mechanical properties of plywood reinforced by bamboo or jute.** Forest Products Journal, Madison, v. 48, n. 1, p. 81-85, Jan. 1998.

YUHE, C. **Bamboo mozu – board's fabrication process.** Hangzhou: CBRC - China National Bamboo Research Center, Hangzhou, 2004.

YU, X.; **Bamboo: Structure and Culture – Utilizing bamboo in the industrial context with reference to its structural and cultural dimensions.** Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie im Universität Duisburg-Essen, Alemanha, 2007.

ZANG, Q; JIANG, S; TANG, Y. **Industrial utilization on bamboo.** INBAR, Beijing, China, 2001.

(a) ZHOU F.C.; **Physical properties of bamboo-wood.** vol.1, p.108-118, CBRC-Hangzhou, China, 2003.

(b) ZHOU F.C.; **The 20th century in retrospect for bamboo trade and prospects for the 21st century.** Vol.1, p.1-6, CBRC - Hangzhou, China, 2003.

(c) ZHOU F.C.; **The reality of the production and utilization of bamboo Forest in the world.** vol.1, p.7-17, CBRC - Hangzhou, China, 2003.

(d) ZHOU F.C.; **The production and utilization of bamboo forest in China.** Hangzhou: vol. 1, p.18-27, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

(e) ZHOU F.C.; ZHOU F.C.; **The structure of culm of Phyllostachys pubescens.** vol.1, p.48-61, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente. **Projeto de norma de compensado**. <http://www.abimci.com.br/2004>, 71 p.

ANGUO, W.; **The Bamboo industry of Lin'an county: problems in bamboo shoot processing and utilization, and their solutions**. Vol 2. p. 28-38, CBRC, Hangzhou, China - 2006.

ANWAR, U.M.K.; PARIDAH, M.T.; HAMDAN, H.; ABD LATIF, M.; ZAIDON, A.; **Adhesion and Bonding Properties of Plybamboo Manufactured from Gigantochloa scortechinii**. American Journal of Applied Sciences (Special Issue): p.53-58, Malasya, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT; **Chapas de madeira compensada**. NBR 9533, NBR 9485, NBR 9484, NBR 9535. Rio de Janeiro, 1986.

BAIZHONG, X.; **Bamboo Industry in Deqing County, Zhejiang**. Vol 2. p. 23-27, CBRC, Hangzhou, China - 2006.

BARBOSA, J. C.; **Utilização do bambu na produção de habitação de interesse social**. Dissertação de mestrado Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Depto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, SP , 1997.

BASTOS, J.A.S.L.A.; **Educação e Tecnologia**. Revista Educação & Tecnologia. Vol.1 – Editora Cefet PR, Curitiba, Julho 1997.

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**. Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. Anais. v. 4, p. 297-306. Florianópolis: EBRAMEM, 1998.

BERALDO, A.L.; FREIRE, W.J.; **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Editora Unicamp, p 275, São Paulo - 2003.

BERALDO. A.L.; ESPELHO, J.C.C. **Avaliação da durabilidade de taliscas de bambu**. Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. São Pedro – SP, 2006.

BERNDSSEN, F. S.; BERNDSSEN, R. S.; POULMANN, E.; **Desenvolvimento de ferramenta manual para corte longitudinal de bambu.** Trabalho de Conclusão de Curso, Tecnologia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BERNDSSEN, R. S.; KLITZKE, R. J., BATISTA, D. C. ; NASCIMENTO, E. M.; OSTAPIV, F.; **Propriedades físicas do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens mazel ex h. de Lehaie*) em diferentes idades e posições do colmo.** Revista Floresta, Ed. FUPEF, Vol 40, nº 1, Curitiba, 2010.

BITTENCOURT, R. M.; MACEDO, D. P. **Resistência à abrasão do bambu gigante, eucalipto, jatobá e carpete de madeira, com proteção superficial, para utilização como elemento de piso.** In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira EBRAMEM, anais, Cuiabá, MT. - Jul. 2004.

BORGUETTI, C.; **Projeto de Lei 113/2007 – Lei do bambu no Paraná,** Assembléia Legislativa do Paraná, 2007.

BRITO, J.O.; FILHO, M.T.; SALGADO, A.L.B. **Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu.** IPEF, nº 36 p.13-17. Piracicaba,SP - 1987.

CAIXETA, R. P.; TRUGUILHO, P. F.; LIMA, J. T.; **Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*.** Viçosa: Revista Árvore, vol 27 -nº1, Jan / Fev 2003.

CALEGARI, L.; HASELEIN, C. R; SCARAVELLI, T. L.; SANTINI,; É. J.; STANGERLIN, D. M.; GATTO, D. A.; TREVISAN, R.; **Desempenho físico-mecânico de painéis fabricados com bambu (*Bambusa vulgaris schr.*) em combinação com madeira.** Revista Cerne, Lavras, v. 13, n. 1, p. 57-63, jan./mar. 2007.

CÁRDENAS, A. M.; MESA A.; CORRAL M.; **Bambusa Guadua – Recomendaciones para pisos.** Colômbia: Vilegas Editores, 1996.

CASAGRANDE Jr., E.F.; UMEZAWA, H.A.; **Arranjo produtivo local sustentável (APLS) em torno do bambu: inclusão social, geração de renda e benefício ambiental.** In: NOCMAT 2004. Pirassununga. ABMTEC. Pirassununga, v.1, 2004.

CBRC - China National Bamboo Research Center; **Cultivation & Integrated utilization on bamboo in China – Bamboo based board.** Hangzhou, China, 2006.

CHÁCON, P.R.; SZÜCS, C.A. **Painéis mobiliário em bambu e pinus laminados.** In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira EBRAMEM, anais, Cuiabá, MT, Jul., 2004.

CONBAM. Disponível em <<http://www.conbam.de>> e <<http://www.conbam.info>> Acesso em 08.11.2007.

COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas - **Descrição geral das madeiras.** Rio de Janeiro: 1974.

CPRA. **Bambu para proteger lavouras.** Disponível em: <<http://www.aenoticias.pr.gov.br>> Acesso em: 18.07.2007.

CROOK, F. W.; **Vegetable production and trade in China.** China: Situation and Outlook Series. Int. Agr. Trade Rep. 38-44, 1994.

CRUZ, C.R.; **Caracterização da Madeira de clones de Eucalipto para a utilização na indústria madeireira.** 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), UFPR, Curitiba, PR, 2000.

CUNJI, C.; **The cultivation and utilization of synpodial bamboo in China.** Vol 2. CBRC, p.67-78, Hangzhou, China - 2006.

DELLA LUCIA, R.M.; ABRAHÃO, C.P. **Compensados de bambu.** Revista da madeira, Edição especial – Painéis, cresce presença no setor, pg. 42, SP, 2003.

DEOGUN, P. N.; **The silviculture and management of the bamboo Dendrocalamus strictus Nees.** Índia: Indian Forest Records Vol II, n°4. Forest Research Institute, Dehra Dun, 1936.

DE PAULA, E. V. C. M.; **Ligação colada entre peças de madeira submetida a momento torçor na lâmina de cola.** In: Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, Anais. vol. 2, 33p. São Carlos, SP - 1983.

(a) DIAS, F.M.; LAHR, F.A.R.; **Resistência da colagem ao cisalhamento em compensados produzidos com eucalipto e adesivo à base de mamona.** In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira EBRAMEM, anais, Cuiabá, MT, Jul. 2004.

(b) DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R.; **Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente.** Scientia Forestalis, n°65, p. 102-113, junho 2004.

DUARTE, J.; MORAES, R.; **Bambu: uma fibra a ser descoberta.** O Papel, São Paulo, n. 2, p. 42-48, fev. 2007.

ECO, H.; **Como se hace una tesis – Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura.** Gedisa Editorial, 23ª ed., Barcelona, Espanha, 1999.

ESPELHO, J. C. C. **Tratamento Químico de Colmos de Bambu pelo Método de Boucherie Modificado.** Tese Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, p.83, SP - 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 323 – Wood-based panels – Determination of density.** Bruxelas. 1993.

FADE, B.C.; OSTAPIV, F.; SALAMON, C.; **Bambu como alternativa ao uso da madeira na produção de decks para a construção civil. Estudo de caso em uma comunidade caiçara no município de Guaraqueçaba PR.** In: XI Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, Londrina, PR, julho 2008.

FERREIRA, G.C.S.; **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus giganteus.** Tese de Doutorado, 174p. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas, 2007.

FERREIRA, O.; **Madeira: uso sustentável na construção civil.** São Paulo: IPT, Sinduscon 2003.

FU, J.; **Moso Bamboo in China.** The Magazine of the American Bamboo Society October 2000 · Volume 21 · No. 6

FU, J.; **Chinese Moso Bamboo: Its Importance.** The Magazine of the American Bamboo Society October 2001 · Volume 22 · No. 5

GABRIELI, L.; **O bambu e suas mil e uma utilidades.** Revista Bem Público, no 8 – ano 2, Curitiba, jun. 2006.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R.V. **Application of bamboo as a construction material. Part I – Mechanical properties & water – repellent treatment of bamboo, Part II- Bamboo reinforced concret beams.** In: Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing.IPT/CIB. P. 49-66. São Paulo. 1981.

GHAVAMI, K.; **Desenvolvimento de elementos estruturais utilizando-se bambu.** Rio de Janeiro: PUC RJ, 2002.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B.; **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Moso, Matake, Guadua angustifolia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia.** Publicação – RMNC Bambu nº1, 53 p. PUC-Rio. 2001.

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... Chiangmai : [s.n.], 1994. p. 188.

GONÇALVES, M. T. T., 1993. **Proposta de Metodologia para Medição dos Esforços de Corte na Usinagem de Madeira.** Tese de Doutorado. São Carlos, SP.- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.-1993.

GONÇALVES, M.T.T.; PEREIRA, M.A.R.; AMORIM, G. F.; **Projeto de um módulo de preservação de madeira e bambu pelo método de substituição de seiva de forma pressurizada.** In: XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, CONBEA 1996, Bauru, 1996.

GOULART. M.; HASELEIN, C.R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T.; **Massa específica básica e massa seca de madeira de Eucalyptus grandis sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial do tronco.** Revista Ciência Florestal, v. 13, nº2, pág. 167-175. Santa Maria, RS, 2003.

GUISHENG, C.; **Bamboo plywood - A new product of structural material with high strength properties.** China: International bamboo workshop. Hangzhou, 1985.

HOEKSTRA, J.; FRITZIUS, U.W. **Reology of adhesives; in adhesion and adhesives.** New York, Elsevier Publishing Company, 1951.

HONG, W.; **Government's Role in Bamboo Industry of Anji County.** vol 2. p. 18-22, CBRC, Hangzhou, China - 2006.

HUILIN, W.; **Recent situation of bamboo curtain production, market and prospective in China.** vol 2. CBRC, p.123-124. Hangzhou, China - 2006.

HUMPHREYS, R. D.; CHIMELO, J.P.; **Comparação entre propriedades físicas, mecânicas e estereológicas para agrupamento de madeiras.** In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 2, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo, 1992, p. 480-490.

HUNTER, I. R.; **Red Internacional del Bambú y el Ratán.** China: INBAR, Boletín nº2. vol.8, Out. 2001.

JARAMILLO, S.V. **La Guadua em los proyectos de inversión.** In: Anales del Congreso Mundial de Bambú/Guadua. Pereira – Colômbia -1992.

JIANG, Z.H.; MING, Y.Y. **Prospects for substituting bamboo-based products to wood in Yunnan.** X World Forest Congress, v. 6, Paris, pp. 479-483, 1992.

JIANGHUA, X.; **Bamboo resource management and the approaches to sustainable development in China.** vol 2. CBRC, p.62-66, Hangzhou, China - 2006.

JIANGHUA, X.; **Multi-Function Values and Classified Management in Bamboo Forest.** Presentation on: 2007 Training Course on Bamboo Technology for Developing Countries at China National Bamboo Research Center, Hangzhou, 2007.

JIANYIN, C.; **Bamboo sector development policy and its implementation in Anji.** vol 2. p. 39-46, CBRC, Hangzhou, China - 2006.

JOSEPH, K. **Influence of the Interfacial Adhesion on the Mechanical Properties and Fracture Behaviour on Short Fibre Reinforced Polymer Composites.** Eur. Polym. J, v. 32, n. 10, p. 1243-1250, 1996.

JUMIAO, R.; **Status and prospect of development for small and daily used bamboo products.** vol 2. p.125-129, CBRC, Hangzhou, China - 2006.

KISHEN, J.; GHOSH, D.P.; REHMAN, M.A.; **Studies on moisture content shrinkage, swelling and intersection point of mature (Dendrocalamus strictus) male bamboo.** Indian Forest Research, p.1-30, Índia, 1956.

KLEINHENZ, V.; MIDMORE, D. J.; **Aspects of bamboo agronomy.** Austrália: Academic Pres, Central Quensland University, 2001.

KNIGHT, R.A.G. **Adhesives for wood.** London. Chapman & Hall. 1952.

KOGA, R. C.; BITTENCOURT, R. M.; GONÇALVES, M. T. T.; **Resistência à abrasão do bambu gigante e espécies de madeiras para utilização como elemento de piso.** VIII Encontro Brasileiro Em Madeiras E Estruturas De Madeira – EBRAMEM, anais, Uberlândia – MG, jul. 2002.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÉ Jr., W. A.; **Principles of wood science and technology: Solid wood.** New York: Springer Verlag, v. 1, 1968.

KOCH, G.S.; KLAREICH, F.; EXSTRUM, B. **Adhesives for the composite wood panel industry.** New Jersey, Noyes Data Corporation. 1987.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A.; **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 6a ed. 2001.

LEE, A.W.C.; BAI, X.; PERALTA, P.N.; **Physical and mechanical properties of strandboard made from Moso bamboo**. Forest Products Journal, Madison, v. 46, n. 11/12, p. 84-88, Nov./Dec. 1996.

LI, S.H.; ZHOU, B.L.; TANG, Z.T.; ZENG, Q.Y.; **Reformed bamboo and reformed bamboo/aluminium composite, part II, Impact properties**. Journal of Materials Science Letters, v. 15 – 1996.

LI, X.; **Physical, chemical and mechanical properties of bamboos and its utilization potential for fiberboard manufacturing** Dissertação de mestrado – Escola de recursos naturais renováveis, Louisiana State University, 2004.

LIANGPING, G.; **Bamboo flooring – 21<sup>st</sup> century's Sun-Rising Industry**. vol 2. CBRC, p.111-114. Hangzhou, China - 2006.

LIMA, J.T.; **Clonal variation in the solid wood properties of Eucaliptus**, 276f. Thesis (Doctorate in Wood Science and Technology) University of Wales, Bangor, 1999.

LÓPEZ, O. H.; **Bambu – Su cultivo y aplicaciones en: fabricacion de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía**. Colômbia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda, Cali, 1974.

LORENZI, H.; **Arvores Brasileiras** Vol. 2 - 2<sup>a</sup> ed. Editora Plantarum - SP, 2002.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P.; **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2<sup>a</sup> ed., IPT – SP, 1989.

MAOYI, F.; **Bamboo forestry research**. Hangzhou: CBRC - China National Bamboo Research Center, Hangzhou, 2004.

MIAOGUO, L.; **Bamboo concrete form board in China**. vol 2. CBRC, p.115-118, Hangzhou, China - 2006.

NUGROHO, N; ANDO, N.; **Development of structural composite products made from bamboo II: fundamental properties of laminated bamboo lumber**. Journal of Wood Science, num 47 p: 237-242, The Japan Wood Research Society, 2001.

MORALES, E. A. M.; **Determinação do módulo de elasticidade da madeira: proposta para simplificação de procedimentos metodológicos.** 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

MOREIRA, L.E., GHAVAMI, K. **Os méritos do bambu.** O informador das construções, pesquisas e prospecção. P. 22-23. Belo Horizonte-MG, Jan 1995.

MOVEIS DE BAMBU. Disponível em: <<http://www.minatto.com.br>> Acesso em: 18.07.2007.

NASCIMENTO, A. M., DELLA LUCIA, R.M. **Propriedades físicas da madeira do bambu gigante (Dendrocalamus giganteus (Wall) Munro)** Boletim SIF. 6. Viçosa- MG., 1994.

NOGUEIRA, C.L.; **Painel de bambu laminado colado estrutural.** Dissertação de mestrado em recursos florestais, 94p. Universidade de São Paulo, Escola superior de Agricultura, Piracicaba – SP, 2008.

NOMURA, T.; **Utilization of bamboo for industry and handicrafts in Japan** – In: XVII World Congress. Japão: Kyoto University, 1981.

NUNES, A.R.S.; **Construindo com a natureza bambu: uma alternativa de ecodesenvolvimento** Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 131p. São Cristóvão, Sergipe, 2005.

OSTAPIV, F.; SALAMON, C.; YAMAJI, F.M.; MATOS, J.L.M.; GONÇALVES, M.T.T.; **Determinação da dureza de tábuas de bambu mossô pelas normas Janka e Brinell,** Revista Floresta, UFPR, Curitiba, 2008. (Artigo aceito, a ser publicado).

OSTAPIV, F.; **Discussões com o professor João Augusto Souza Leão de Almeida Bastos sobre a concepção e implantação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)** Revista Tecnologia e Sociedade, Editora da UTFPR, nº 9, Curitiba, 2009.

PADMANABAM, S.; KAMAL, S. Z. M.; ANANTHANARAYANAN, S.; **Glueline preservative treatment of bamboo mat board.** Flórida: Simpósio da IUFRO, Forest products Society, 1993.

PEREIRA, M. A. R.; **Determinação de características físicas do bambu gigante laminado (Dendrocalamus giganteus), cultivado na Unesp/campus de Bauru.** In: X Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, São Pedro – SP, 2006.

PEREIRA, M.A.R.; GARBINO, L.V. **Desenvolvimento e produção do bambu gigante (Dendrocalamus giganteus) com vistas sua utilização na Engenharia Agrícola.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Goiânia. 2003.

PETERSON, R.W. **Wood adhesives.** Forest Products Research Branch, nº 1055. Ottawa. 1964.

PREECHATIWONG, W.; MALANIT, P.; KYOKONG, B. KAMLANGDEE, N. **Effects of Polymer Impregnation on Properties of Bamboo.** Walailak University. Thasala, Thailand, p. 80, 2006.

PORTAL BRASIL; **Brasil terá inventário florestal atualizado a cada cinco anos.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/>; acessado 20/02/2011.

QISHENG, Z., SHENXUE, J., YONGYU, T.; **Industrial Utilization on Bamboo.** Imbar, Nanjing Forestry University, China - 2003.

QUANTAI, S.; **China's bamboo shoot industry and preservation and utilization of bamboo shoot.** Vol 2. CBRC, p.91-101, Hangzhou, China - 2006.

QUANTAI, S.; **Processing and utilization of bamboo shoot - Expert crack on the development of cash forest in Chinese mountains areas.** Chinese Forestry Publishing House, July – 1998.

RENJIE, Z.; **Technological Innovative Course and Prospect of Bamboo-based Panel of China.** vol 2. CBRC, p. 79-90, Hangzhou, China - 2006.

REVISTA DA MADEIRA – REMADE. Disponível em <<http://www.remade.com.br>> Acesso em 08.11.2007.

SALAMON, C.; VALE, J. L.; TRINKEL, R.R. **Dispositivo para laminar bambu.** Trabalho de Diplomação - Curso de Engenharia Mecânica. UTFPR, 83 pág. Curitiba, PR, 2007.

SALGADO, A. L. B.; **Instruções Técnicas sobre o bambu.** São Paulo: Instituto Agrônomo de Campinas, SP, 1994.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; **Conservação do bambu.** Instituto Agrônomo de Campinas, O Agrônomo, nº 46 (1-3), p. 21-26. Campinas–SP, 1994.

SATTAR, M. A.; KABIR, M.F.; BHATTACHARJEE. **Effect of age height position of Muli mechanical properties.** In: International Bamboo Workshop on Bamboo in Asia and the Pacific, 4., 1991, Chiangmai. Proceedings... Chiangmai: [s.n.], 1994. p. 183-187.

SASTRY, C. B.; **Timber for the 21<sup>st</sup> Century**. [S.I.], INBAR, 1999. Disponível em: <[http:// www.inbar.org.cn/Timber.asp](http://www.inbar.org.cn/Timber.asp).> Acesso em: 10 out. 2002.

SERPA, P. N.; VITAL, B.R.; DELLA LUCIA R.M.; PIMENTA, A.S.; **Avaliação de algumas propriedades da madeira de Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna e Pinus elliottii**. Rev. Árvore vol.27 no.5, Viçosa MG. Sept./Oct. 2003.

SHIDONG, L.; **China's bamboo development processing and development strategies towards 21 century**. Journal of bamboo research, vol.17, n°1, China, 1982.

SIJIU, L.; **Bamboo floor – A perfect combination of Science – Technology and Nature**. vol 2. CBRC, p.105-110. Hangzhou, China - 2006.

SILVA, F.A.; GHAVAMI, K.; d'ALMEIDA, J.R.M.; **Comportamento ao impacto de laminados de bambu**. In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas em Madeira - EBRAMEM, Cuiabá, M.T., Jul., anais, 2004.

UMEZAWA, H. A.; **Uso do Potencial do Bambu para o Desenvolvimento Local Sustentável: Estudo de Caso da Colônia Parque Verde, Município de Fazenda Rio Grande – PR**. Dissertação de Mestrado PPGTE, CEFET-PR campus Curitiba, 85 p. Curitiba, PR, 2002.

VENTANIA, L.; **Bambu versátil e popular**. Revista Bem Público, n° 8 – ano 2, Curitiba, jun. 2006.

VILLEGAS, M.; **Bambusa Guadua**. Colômbia: Villegas Editores, 2004.

WANG, D.; SHEN, S.J.; **Bamboos of China**. Timber Press, Portland, Oregon, 1987

WANG, Q.H.; HUANG, B.H.; **Chinese Moso Bamboo**. Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1996.

XINGFU, Z.; **The application of bamboo charcoal, bamboo active charcoal and bamboo vinegar liquor in production**. Vol 2. CBRC, p.130-137. Hangzhou, China - 2006.

YING, Z.; **Research & Development of Extract of Bamboo Leaves (EBL)**. vol 2. CBRC, p. 102-104. Hangzhou, China - 2006.

YULONG, D.; **Morphologic and taxonomic characteristics of bamboos – Bamboo Research Institute – Nanji Forestry University, China, 2006**.

YUNGIE, Z.; **Business in Zhejiang Bamboo Industry** – Zhejiang Industrial Association – vol 2. p. 11-17, CBRC, Hangzhou, China, 2006.

YUNLI, Y.; **China bamboo mat.** vol 2. CBRC, p.119-122. Hangzhou, China - 2006.

ZHANGZHONG, Z.; **The food nutrition and therapy.** Shanghai Scientific Publishing House, Jan. 1991.

ZHOU F.C.; **Silvicultural management of bamboo stands.** High Education Press. Hec Tepo B.B.T. Beijing, 1958.

ZHOU F.C.; **Breeding of Phyllostachys pubescens.** Bamboo research team. Advanced Education Press, China, Beijing, 1959.

ZHOU F.C.; **Biology and forest type of Phyllostachys pubescens.** Graduation Press, Beijing, 1965.

ZHOU F.C.; **Measurement on calorific value of 104 bamboo species and tree woods.** Journal of Nanjing Forestry University, n° 3. China, 1981.

ZHOU F.C.; **Studies on culms form of Phyllostachys pubescens.** Journal of Nanjing Forestry University, n° 1. China, 1981.

ZHOU F.C.; **An analysis of high yield stands of Phyllostachys pubescens.** Bamboo research. Vol 1. China, 1982.

ZHOU F.C.; **The relation between leaf area index and production of bamboo stands.** Bamboo research. Vol 1. China, 1982.

ZHOU F.C.; **Effects of climate on the production of bamboo stands.** Bamboo research. Vol 1. China, 1982.

ZHOU F.C.; **A technical report on high yield of bamboo stands.** Bamboo research. Vol 5. China, 1986.

(a) ZHOU F.C.; **The structure and properties of bamboo-wood.** vol.1, p.95-107, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

(b) ZHOU F.C.; **Mechanical properties of bamboo-wood** vol.1, p.119-125, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

(c) ZHOU F.C.; **Combustion value of bamboo-wood** vol.1, p.126-134, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

(d) ZHOU F.C.; **The defects of bamboo and its treatment.** vol.1, p.139-150, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

(e) ZHOU F.C.; **Studies on Growth of bamboo shoots and culms.** Vol 1, CBRC- Hangzhou, China, 2003.

## APÊNDICE A

### Rugosidade superficial da madeira de eucalipto

Tabela A1: Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna* para cisalhamento com orientação **radial** de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, **lado A**.

	Medição no plano longitudinal de ruptura do corpo de prova		Medição no plano transversal de ruptura do corpo de prova	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
<b>1</b>	3,4	50	7,4	84
<b>2</b>	2,4	28	12,4	101
<b>3</b>	7,8	62	6,6	62
<b>4</b>	2,8	52	9	108
<b>5</b>	2,6	20	11,4	97
<b>6</b>	6,2	73	5,8	71
<b>7</b>	3,8	55	9,8	102
<b>8</b>	2,6	20	10,2	122
<b>9</b>	6,4	62	11	110
<b>10</b>	2,4	17	10,2	97
<b>11</b>	5,4	62	8,2	80
<b>12</b>	6,6	62	8	96
<b>médias</b>	<b>4,3</b>	<b>46,9</b>	<b>9,1</b>	<b>94,1</b>

Tabela A2: Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna* para cisalhamento com orientação **radial** de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, **lado B**.

	Medição no plano longitudinal de ruptura do corpo de prova		Medição no plano transversal de ruptura do corpo de prova	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
<b>1</b>	7,2	83	5,2	62
<b>2</b>	2,6	39	13,6	110
<b>3</b>	5,2	39	14,4	83
<b>4</b>	4	39	12,9	121
<b>5</b>	2	17	19,4	108
<b>6</b>	6,8	89	37,6	96
<b>7</b>	4,2	59	22,2	81
<b>8</b>	8,2	102	10,2	79
<b>9</b>	3,8	47	6,8	112
<b>10</b>	1,8	15	7,2	155
<b>11</b>	2	26	9,6	138
<b>12</b>	9	78	14	91
<b>médias</b>	<b>4,7</b>	<b>52,7</b>	<b>14,4</b>	<b>103</b>

Tabela A3: Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna* para cisalhamento com orientação **tangencial** de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, **lado A**.

	Medição no plano longitudinal de ruptura do corpo de prova		Medição no plano transversal de ruptura do corpo de prova	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
<b>1</b>	9,4	80	13	103
<b>2</b>	3,8	63	9,8	132
<b>3</b>	7,4	63	4	61
<b>4</b>	3,6	54	6,6	82
<b>5</b>	2,8	21	10,4	92
<b>6</b>	5,8	47	7,8	90
<b>7</b>	4	37	14,4	133
<b>8</b>	3,2	40	7,4	71
<b>9</b>	13,6	121	6,4	71
<b>10</b>	6,6	77	5,2	81
<b>11</b>	6,2	89	13,6	108
<b>12</b>	6,2	49	12,2	124
<b>médias</b>	<b>6,05</b>	<b>61,8</b>	<b>9,2</b>	<b>95,6</b>

Tabela A4: Rugosidade superficial de corpos de prova de *Eucalyptus saligna* para cisalhamento com orientação **tangencial** de disposição dos anéis de crescimento no plano de ruptura, **lado B**.

	Medição no plano longitudinal de ruptura do corpo de prova		Medição no plano transversal de ruptura do corpo de prova	
	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>	<b>Ra</b>	<b>Rmáx</b>
<b>1</b>	7,6	84	7,9	71
<b>2</b>	9,4	105	6,6	85
<b>3</b>	20,8	149	8,8	103
<b>4</b>	10,2	89	13	201
<b>5</b>	3,2	29	12,1	132
<b>6</b>	6,8	71	8,5	97
<b>7</b>	7,4	74	9	111
<b>8</b>	3,2	25	7,2	95
<b>9</b>	7,4	74	18,1	80
<b>10</b>	6,8	65	13,6	93
<b>11</b>	4,8	73	7,6	119
<b>12</b>	6,8	64	9,5	128
<b>médias</b>	<b>7,9</b>	<b>75,1</b>	<b>10,1</b>	<b>109,6</b>

## APÊNDICE B

### Ensaio de cisalhamento

Tabela.B1: Resultados finais de resistência ao cisalhamento da madeira de *Eucalyptus saligna* no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 01/09/2009		Hora: 10:22		Trabalho n° 0643			
Programa: Tesc versão 3.04				Método de Ensaio: <b>CISALHAMENTO</b>			
Amostra: <b>PLANO RADIAL</b>				Espécie: eucalipto			
Procedência: Itapeva				Operador: Tadeu / Ivaldo			
<b>R</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP1	33,00	49,07	16,19	2370,47	14,36	
	CP2	32,52	49,82	16,20	1942,99	11,76	
	CP 3	32,73	48,55	15,89	1849,76	11,42	
	CP 4	32,99	49,05	16,18	2046,14	12,40	
	CP 5	32,84	48,97	16,08	2580,74	15,74	
	CP 6	32,77	48,98	16,05	2775,14	16,96	
	CP 7	32,86	49,27	16,19	2455,77	14,87	
	CP 8	32,63	49,89	16,28	2726,54	16,42	
	CP 9	33,01	49,35	16,29	2415,10	14,54	
	CP 10	32,89	46,53	15,30	1842,82	11,81	
	CP 11	32,78	48,99	16,06	2309,97	14,11	
	CP 12	32,84	49,07	16,11	3155,01	19,20	
	CP 13	32,88	49,04	16,12	2110,61	12,84	
	CP 14	32,55	49,08	15,98	2611,49	16,03	
	CP 15	32,99	48,75	16,08	2113,59	12,89	
	<b>Médias</b>				<b>2354</b>	<b>14,36</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>				<b>376,8</b>	<b>2,23</b>	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>				<b>16</b>	<b>15,55</b>	

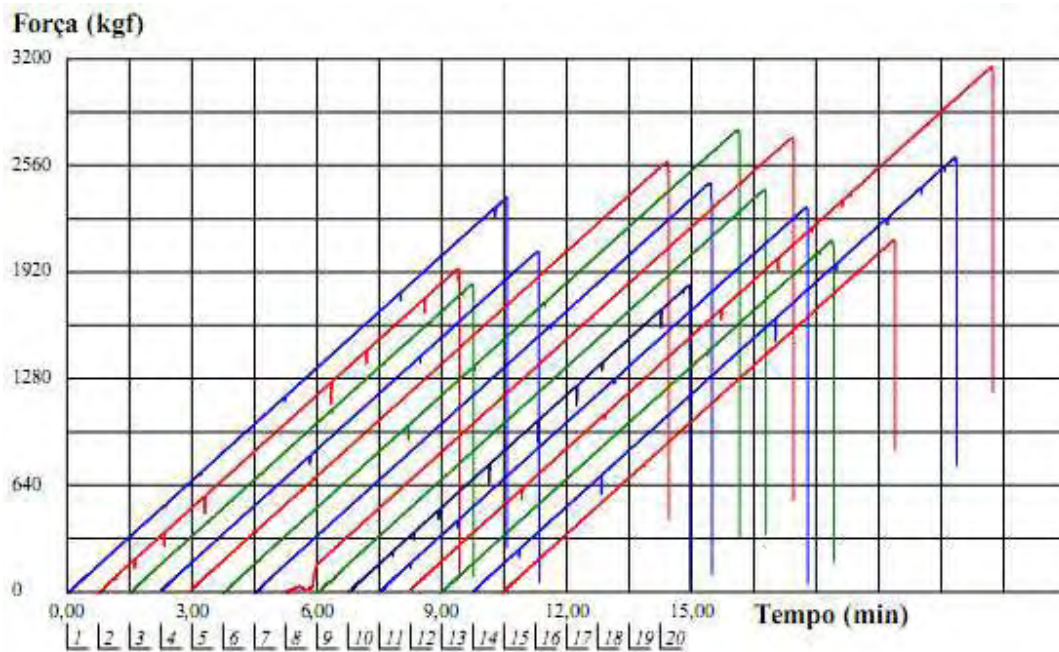


Figura B1: Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de *Eucalyptus saligna* no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento.

Tabela B2: Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de *Eucalyptus saligna* no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 27/10/2010		Hora: 14:17		Trabalho n° 0305			
Programa: Tesc versão 3.04				Método de Ensaio: <b>CISALHAMENTO</b>			
Amostra: <b>PLANO RADIAL</b>				Espécie: eucalipto e bambu gigante			
Procedência: Itapeva				Operador: Brito / Fabiano			
<b>R</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	34,37	50,37	17,31	2312,47	13,10	
	CP 2	34,10	50,42	17,19	1998,88	11,40	
	CP 3	34,42	50,06	17,23	3081,65	<b>17,54</b>	
	CP 4	34,31	50,03	17,17	2337,49	13,35	
	CP 5	34,53	50,65	17,49	2755,73	15,45	
	CP 6	34,70	50,50	17,52	2986,17	16,71	
	CP 7	4,68	50,45	17,50	2376,60	13,32	
	CP 8	34,47	50,38	17,37	2468,56	13,94	
	CP 9	34,42	50,50	17,38	3069,67	17,32	
	CP 10	34,39	50,53	17,38	1985,84	<b>11,21</b>	
	CP 11	33,75	51,00	17,21	2814,57	16,04	
	CP 12	31,73	50,90	16,15	2097,19	12,73	
	<b>Médias</b>				2524	<b>14,34</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>				405,9	<b>2,21</b>	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>				16,1	<b>15,3</b>	

Os dados da Tabela B,2 estão representados no gráfico da Figura B2, que mostra o comportamento individual de cada corpo de prova durante o carregamento cisalhante até o momento da ruptura final do conjunto.

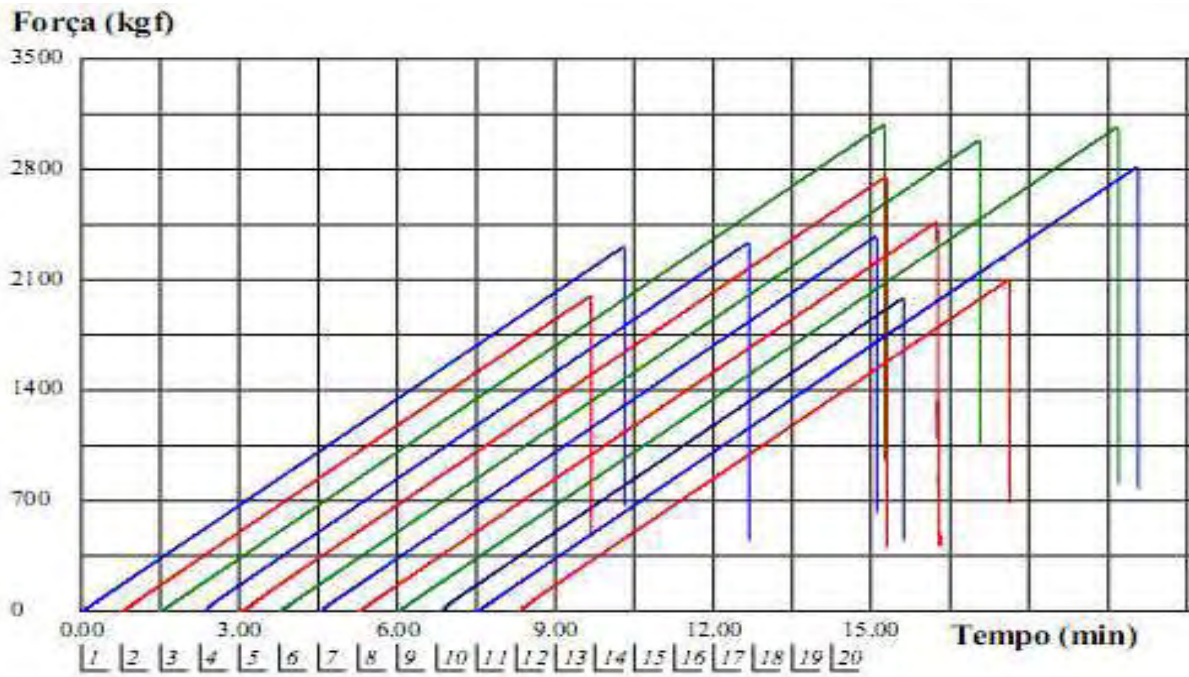


Figura B2: Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de *Eucalyptus saligna* no plano radial de rompimento dos anéis de crescimento.

Tabela B3: Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de *Eucalyptus saligna* no plano inclinado ou misto de rompimento dos anéis de crescimento.

<b>UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva</b>							
<b>Relatório de Ensaio</b>							
Máquina: Emic DL30000N				Célula: Trd 28 Extensômetro: -			
Data: 01/09/2009		Hora: 09:50		Trabalho n° 0645			
Programa: Tesc versão 3.04				Método de Ensaio: <b>CISALHAMENTO</b>			
Amostra: <b>PLANO MISTO</b>				Espécie: eucalipto			
Procedência: Itapeva				Operador: Tadeu / Ivaldo			
<b>R/T</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>de largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	32,91	49,70	16,36	2692,82	16,15	
	CP 2	32,97	49,20	16,22	2326,83	14,07	
	CP 3	32,59	49,75	16,21	2704,72	16,36	
	CP 4	32,83	49,03	16,10	2066,97	<b>12,59</b>	
	CP 5	32,87	49,34	16,22	2939,78	17,78	
	CP 6	32,84	48,59	15,96	3072,69	18,88	
	CP 7	32,91	48,80	16,06	2681,91	16,38	
	CP 8	32,82	48,89	16,05	2619,42	16,01	
	CP 9	32,86	48,97	16,09	2623,39	15,99	
	CP 10	32,95	49,04	16,16	2425,02	14,72	
	CP 11	32,81	49,00	16,08	2935,81	17,91	
	CP 12	32,94	49,03	16,15	3305,77	<b>20,07</b>	
	<b>Médias</b>				2700	<b>16,41</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>				336,7	<b>2,067</b>	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>				12,47	<b>12,60</b>	

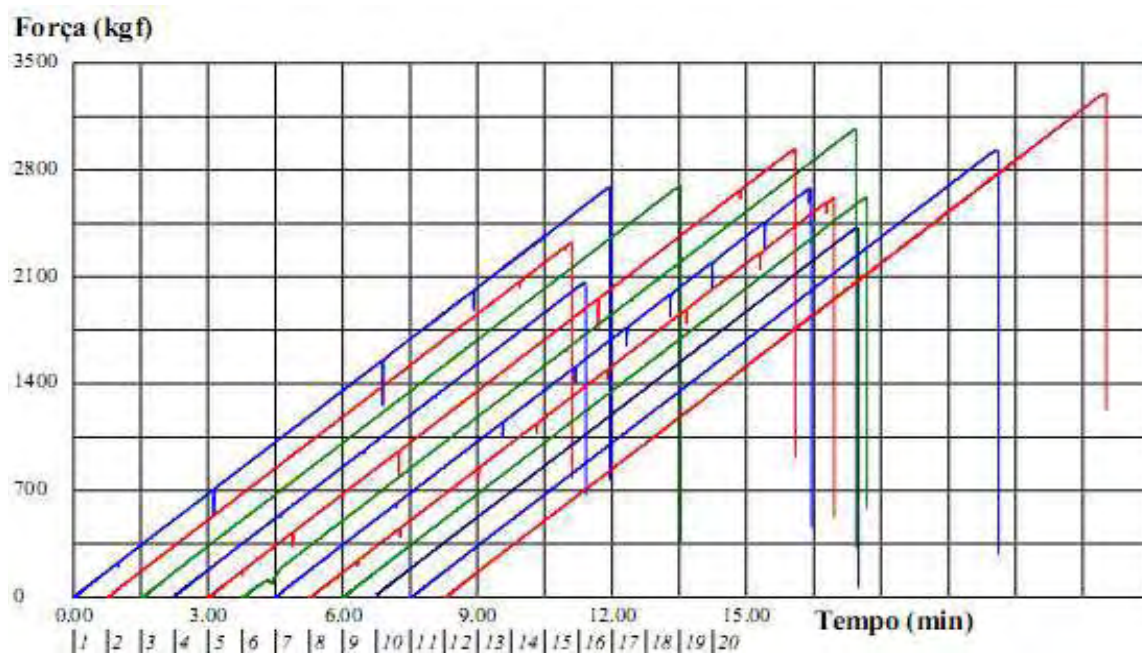


Figura B3: Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova, mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de *Eucalyptus saligna*, no plano inclinado R/T de rompimento dos anéis de crescimento.

Tabela B4: Resultados finais de resistência ao cisalhamento de madeira de *Eucalyptus saligna* no plano inclinado R/T de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.

**UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus Itapeva**  
**Relatório de Ensaio**

Máquina: Emic DL30000N

Célula: Trd 28 Extensômetro: -

Data: 28/10/2010 Hora: 09:11

Trabalho n° 0307

Programa: Tesc versão 3.04

Método de Ensaio: **CISALHAMENTO**

Amostra: **PLANO MISTO**

Espécie: Eucalipto e bambu gigante

Procedência: Itapeva

Operador: Brito / Fabiano

<b>R/T</b>	<b>Corpo de prova</b>	<b>largura (mm)</b>	<b>altura (mm)</b>	<b>seção (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fv0 (kgf)</b>	<b>Max fv0 (MPa)</b>	
	CP 1	34,22	49,04	16,78	2787,44	16,29	
	CP 2	34,21	50,16	17,16	2641,57	15,10	
	CP 3	34,16	50,55	17,27	3235,63	18,38	
	CP 4	34,32	50,27	17,25	3023,52	17,19	
	CP 5	34,26	50,40	17,27	2617,96	14,87	
	CP 6	31,83	50,51	16,08	2425,23	14,79	
	CP 7	34,27	49,77	17,06	3187,71	18,33	
	CP 8	34,39	50,24	17,28	2934,02	16,65	
	CP 9	34,50	50,00	17,25	3123,23	17,76	
	CP 10	34,44	49,90	17,19	2785,33	15,89	
	CP 11	34,35	50,55	17,36	2909,35	16,43	
	CP 12	34,16	50,27	17,17	2793,43	15,95	
	<b>Médias</b>				2872	<b>16,47</b>	
	<b>Desvio Padrão</b>				245,2	<b>1,25</b>	
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>				8,54	<b>7,59</b>	

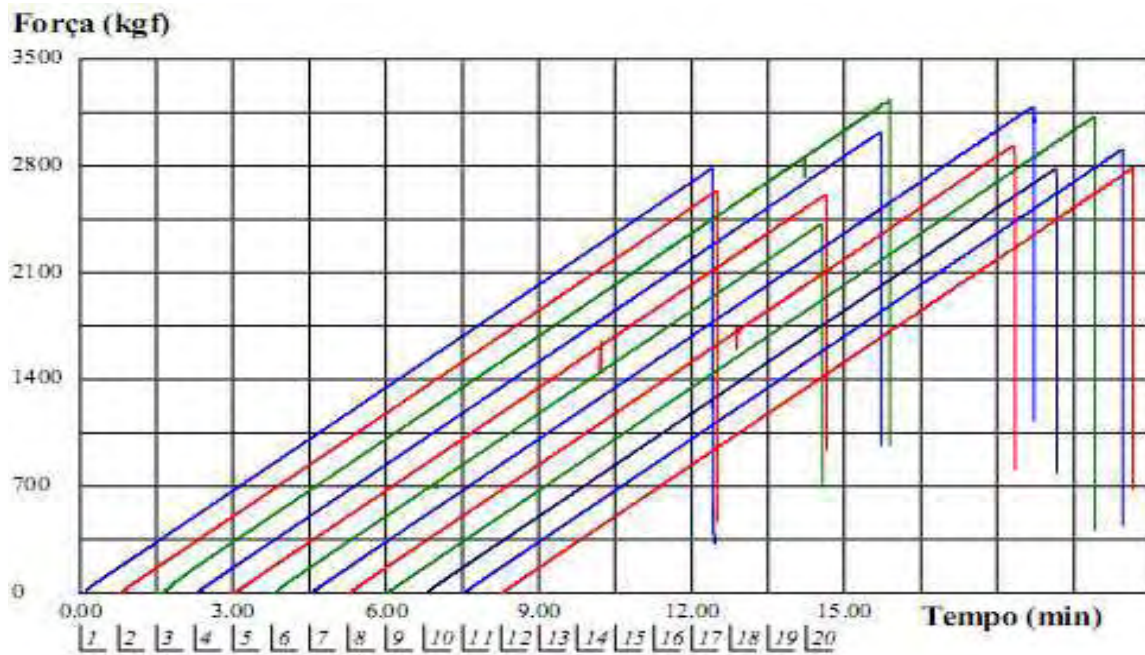


Figura B4: Gráfico com o comportamento individual dos corpos de prova mostrando a resistência ao cisalhamento da madeira de *Eucalyptus saligna* no plano inclinado R/T de rompimento dos anéis de crescimento com revestimento de lâminas de bambu gigante em duas faces.

## APÊNDICE C

Neste apêndice são mostrados os gráficos de cada ensaio de rugosidade, com todos os pontos medidos para cada seqüência de lixamento nos corpos de prova.

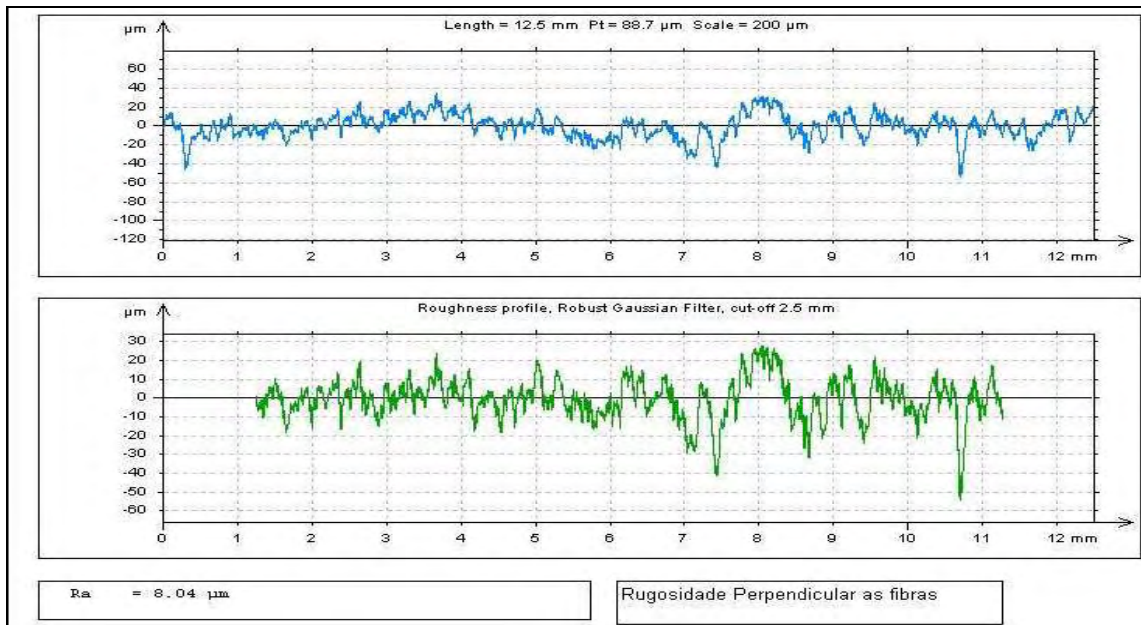


Gráfico C1- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 120, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

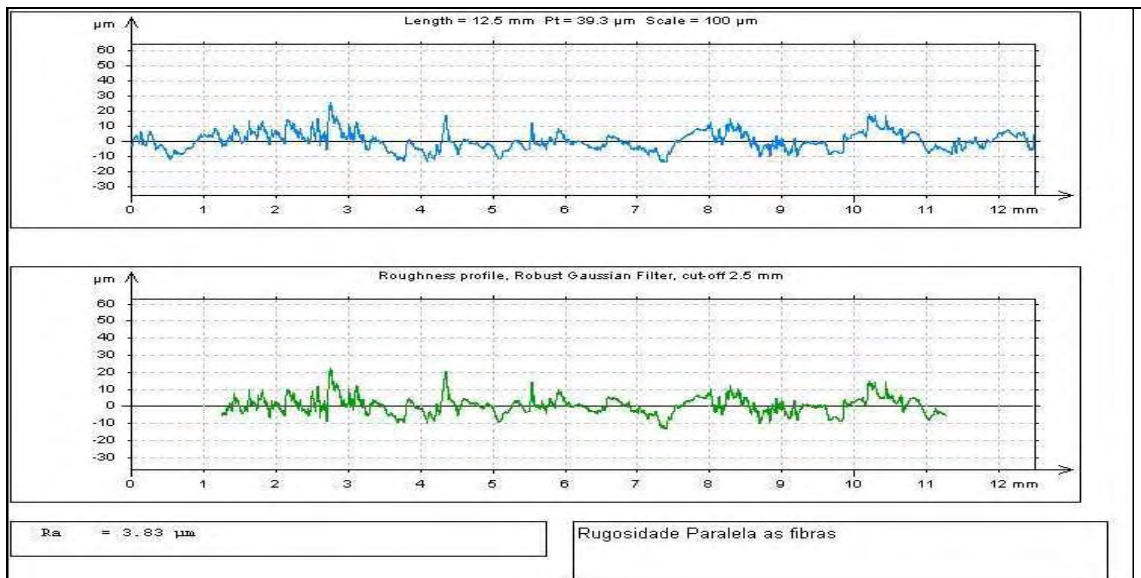


Gráfico C2- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 120, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

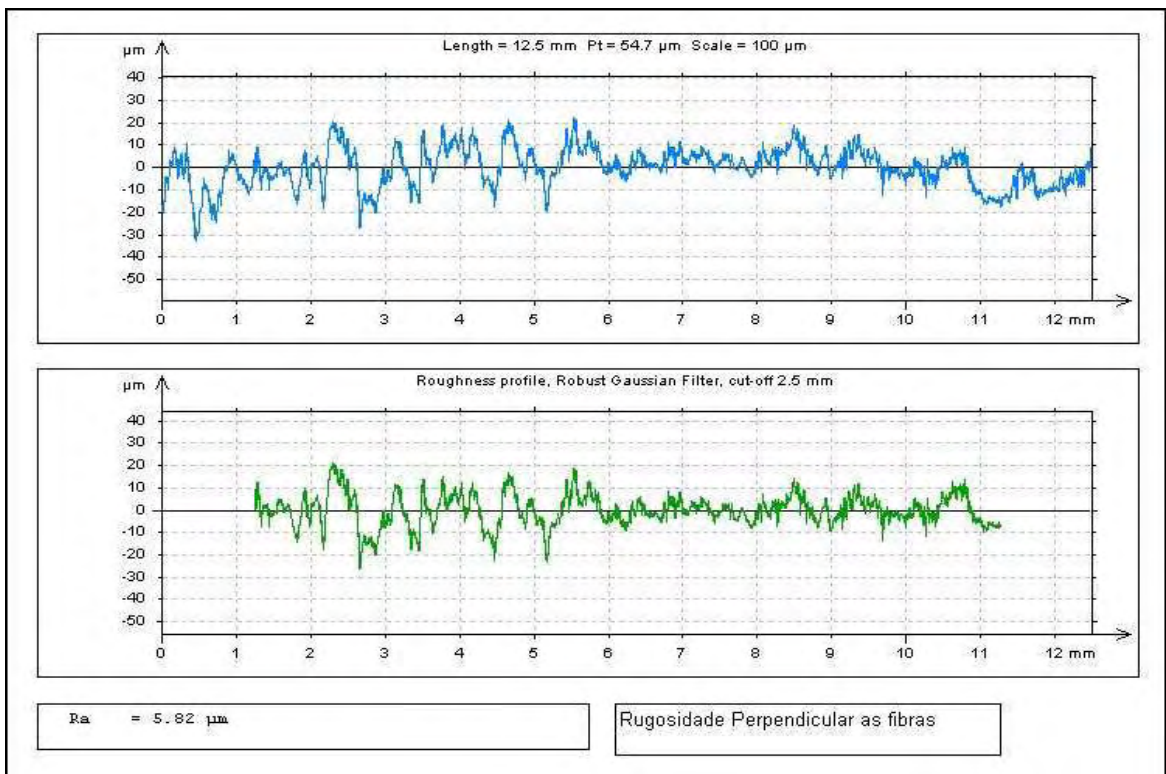


Gráfico C3- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 220, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

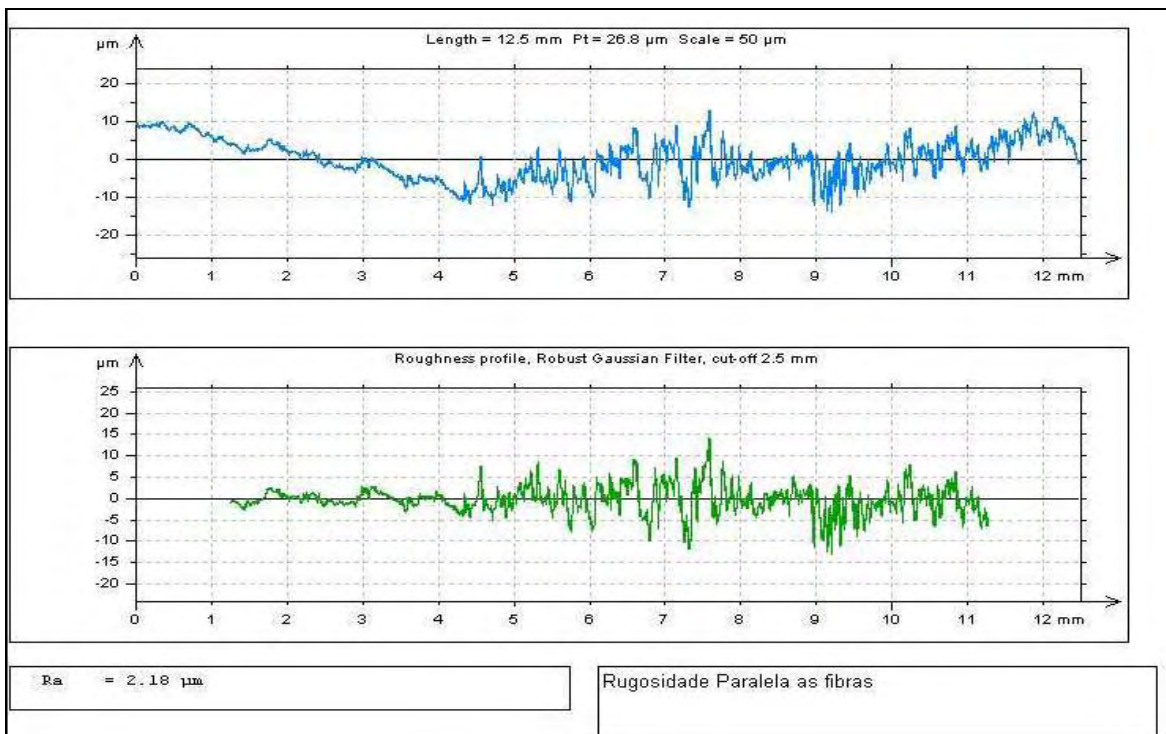


Gráfico C4- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 220, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

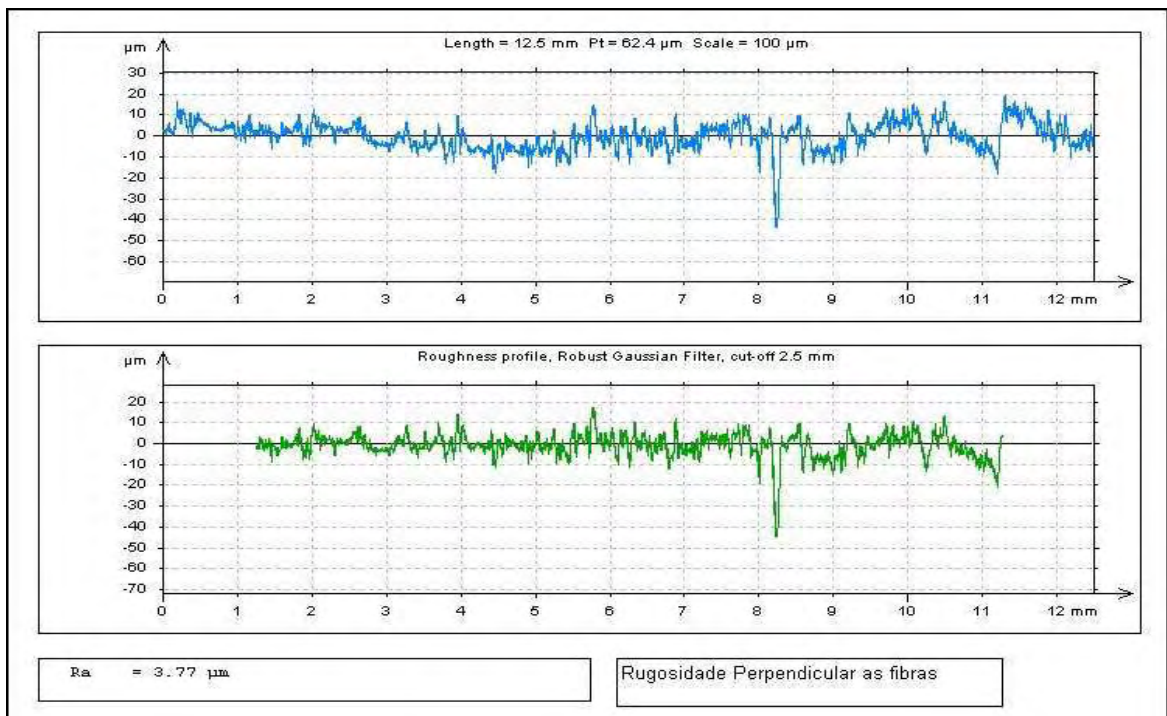


Gráfico C5- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 320, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

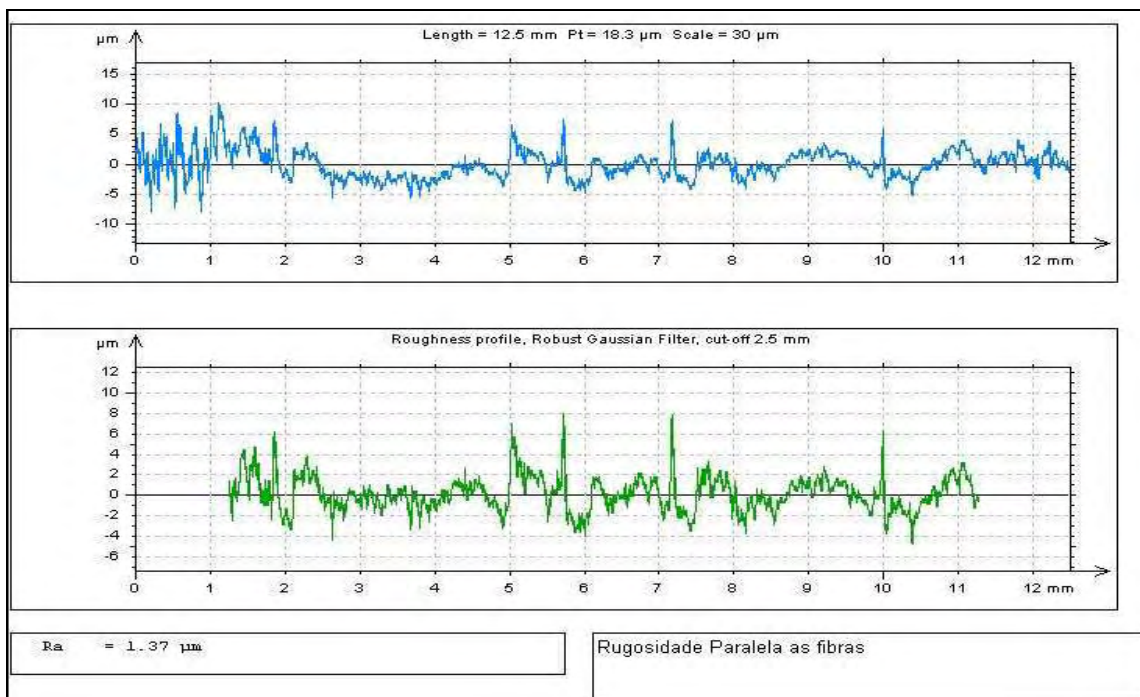


Gráfico C6- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 320, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

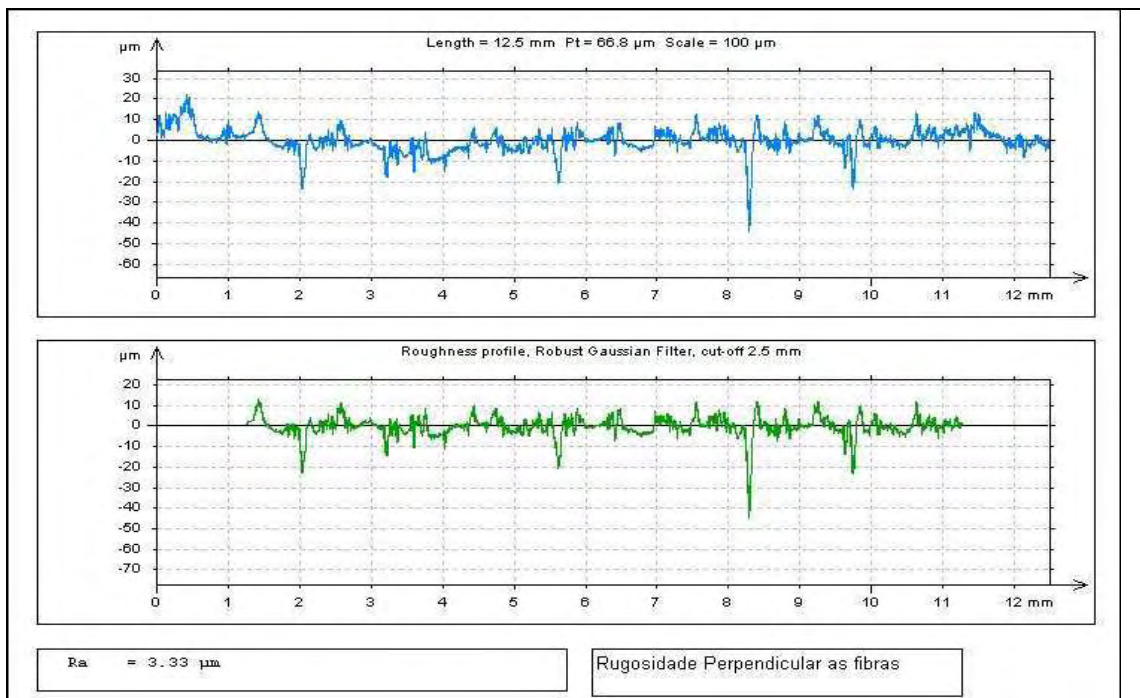


Gráfico C7- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 360, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

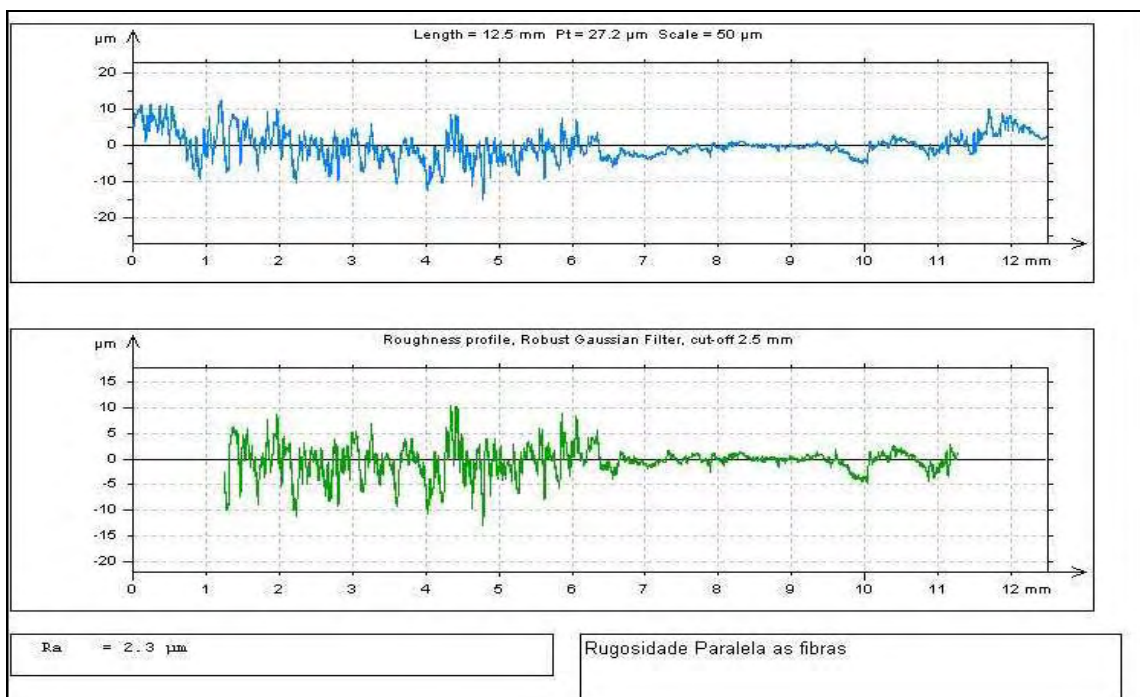


Gráfico C8- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 360, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

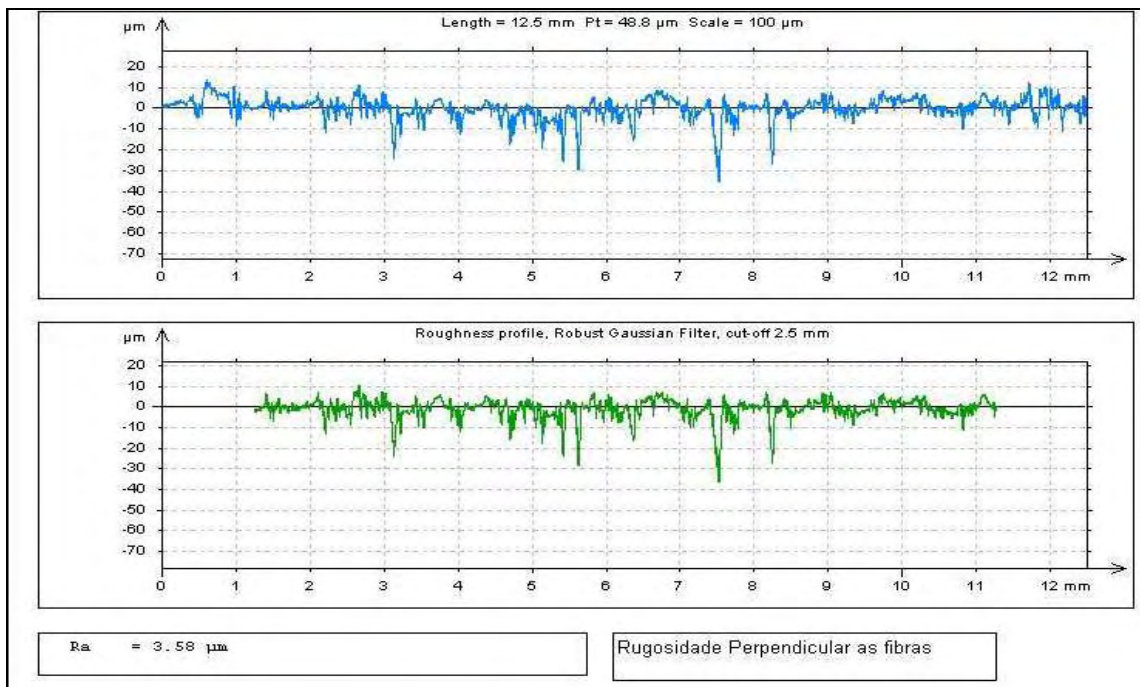


Gráfico C9- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 600, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

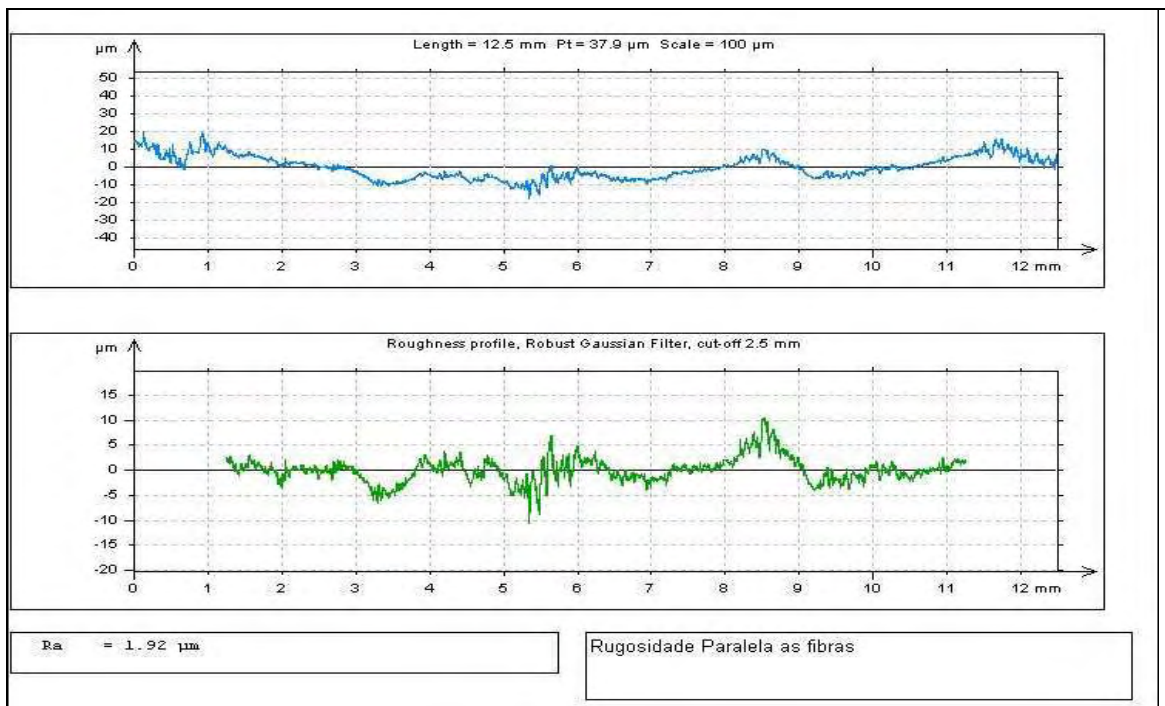


Gráfico C10- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 600, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

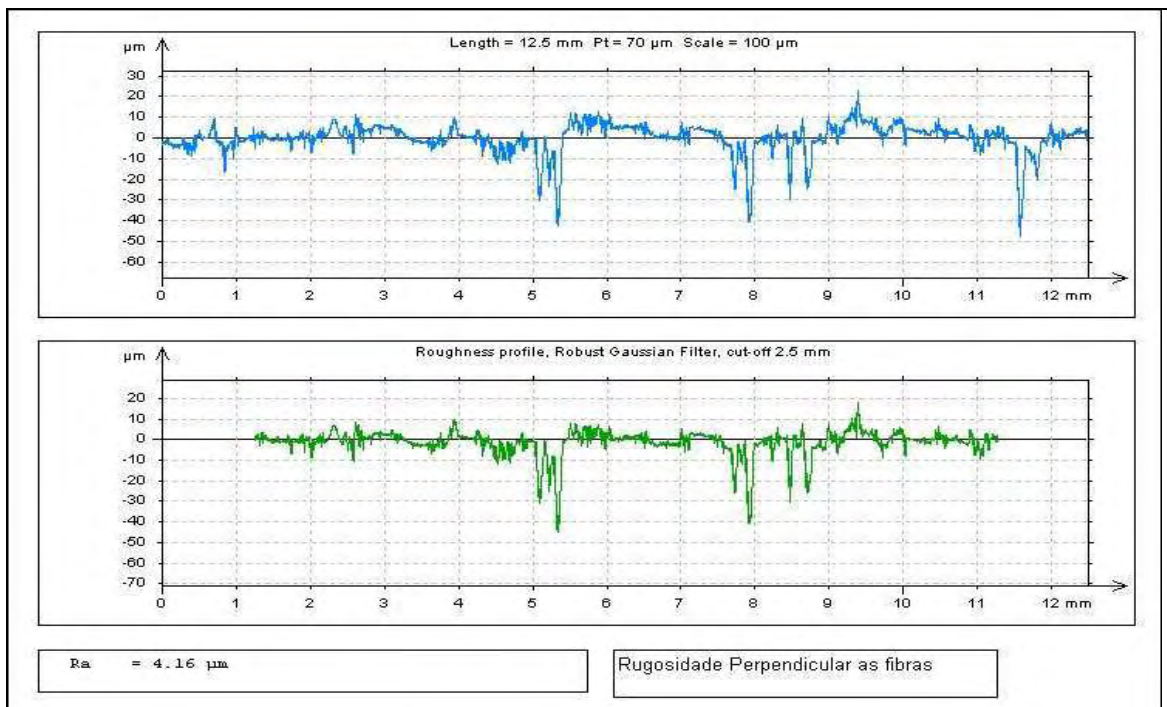


Gráfico C11- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 1200, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

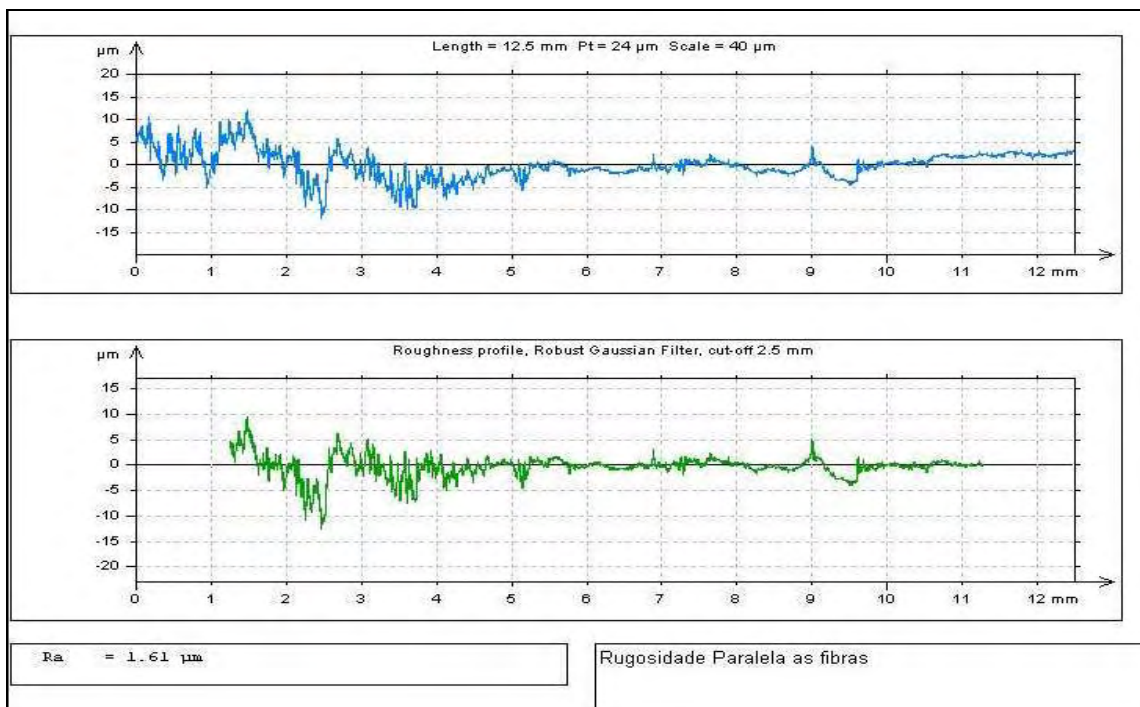


Gráfico C12- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 1200, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

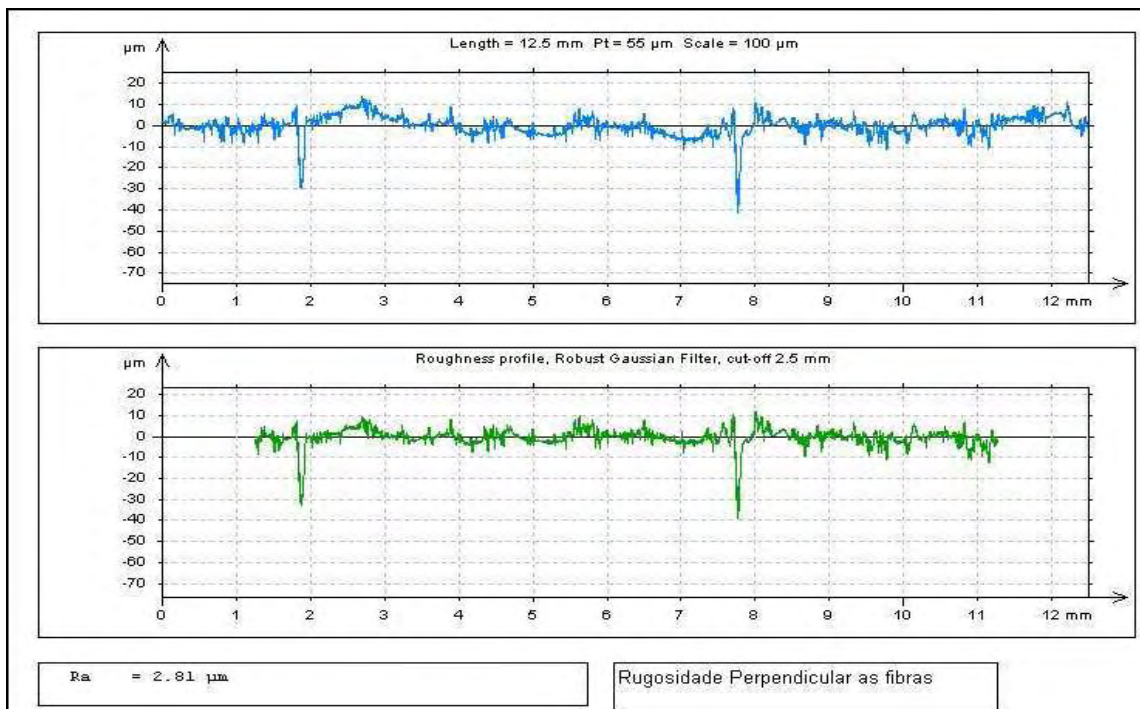


Gráfico C13- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 1500, medidos na direção perpendicular aos feixes de fibra do material.

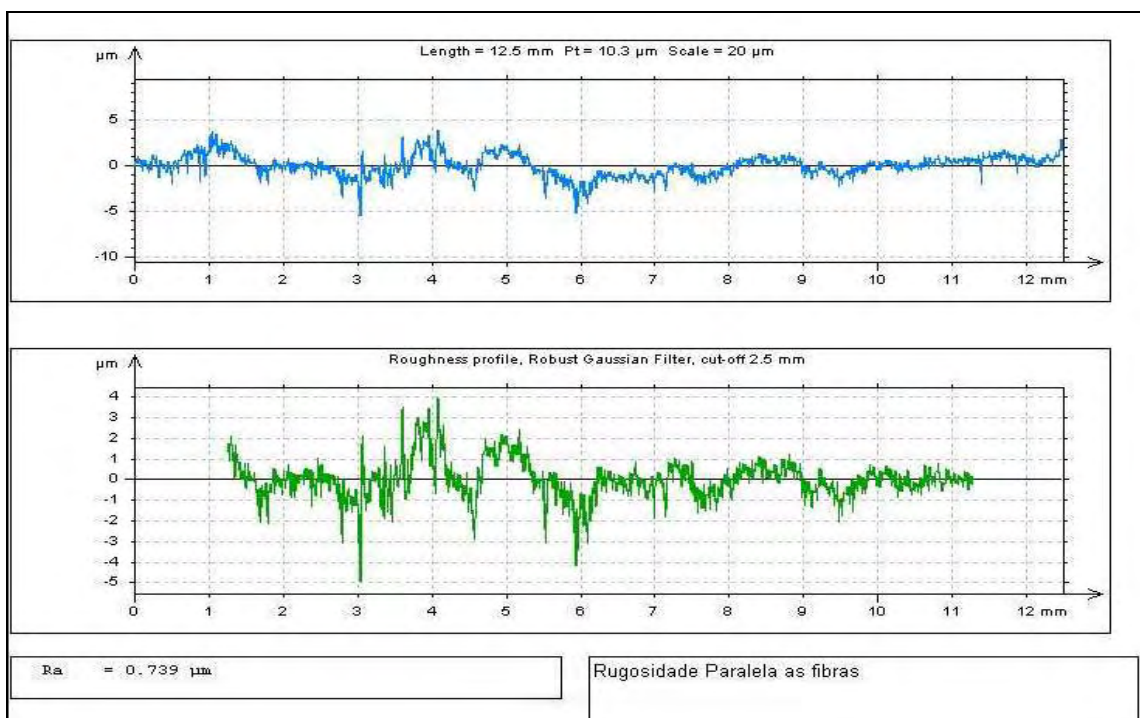


Gráfico C14- Resultados da medição de rugosidade Ra em lâminas de bambu gigante com lixa 1500, medidos na direção paralela aos feixes de fibra do material.

## ANEXO A

Boletim técnico do fabricante do adesivo poli acetado de vinila.

Fabricante: <b>HEXION</b>	Nome comercial: <b>WONDERBOND 2555</b>
<p>Adesivo em emulsão aquosa à base de poli acetato de vinila (PVAc), indicado para colagens de artefatos de madeira, <b>finger joint</b> e laminação; especialmente formulado para ser aplicado onde se necessita de relativa resistência térmica e a umidade, através dos processos de prensagem a frio e ou a quente e cura tradicional e ou por alta frequência.</p> <p>Aspecto do produto: Líquido branco, fluido livre de <b>grit</b>, grumos e materiais estranhos, odor característico de VAM.</p> <p>Aspecto do filme seco: Translúcido, semi-rígido, isento de pontos e com resistência térmica e a umidade.</p>	
Teor de sólidos (1g/1h/105°C)	49 - 51,5%
pH à 25°C	2,8 - 3,1
Viscosidade Brook, LVF 3/12 - 25°C	3.000 - 4.500cP
T.M.F.F.	5°C
Diluyente	Água
Tipo de polímero	Homopolímero reticulável
Formoldeído	Isento
<p><b>APLICAÇÃO DO ADESIVO WONDERBOND 2555</b></p> <p>Preparar as superfícies a serem coladas, as quais devem estar limpas, perfeitamente planas e secas, com teor de umidade entre 6 e 12%.</p> <p>É importante que, além das peças a serem unidas estarem dentro da faixa de umidade acima, que elas possuam a mesma umidade entre si, para não comprometerem a qualidade final da colagem.</p> <p>Gramatura específica de adesivo para as superfícies: -Para montagem: 160 a 200 g/m<sup>2</sup> -Para laminação: 150 a 180 g/m<sup>2</sup></p>	

Após a aplicação do adesivo, devem-se juntar as partes imediatamente, não ultrapassando um período de 5 minutos entre a aplicação do adesivo e união das partes, para evitar a secagem precoce do adesivo que pode comprometer a eficiência da colagem, mantendo as partes sob pressão até sua completa secagem.

#### MONTAGEM DE PAINÉIS

Tipo de prensa	Temperatura de trabalho	Tempo de prensagem	Tempo de cura	Tipo de madeira	Pressão aplicada na prensagem
FRIA	Acima de 2°C	3 a 4 horas	Mínimo 24h	Baixa densidade (mole) até 500 kg/m <sup>3</sup>	6 a 10 kg/cm <sup>2</sup>
				Média densidade até 750 kg/m <sup>3</sup>	10 a 13 kg/cm <sup>2</sup>
				Alta densidade (dura) acima de 750 kg/m <sup>3</sup>	13 a 20 kg/cm <sup>2</sup>

#### LAMINAÇÃO

Tipo de prensa	Temperatura de trabalho	Tempo de prensagem	Tempo de cura	Substrato	Pressão aplicada na prensagem
FRIA	Acima de 2°C	30 minutos a 2 horas	Mínimo 12h	Laminado decorativo	4 a 6 kg/cm <sup>2</sup>
		30 minutos a 1 hora	Mínimo 12h	Laminação com madeira	6 a 10 kg/cm <sup>2</sup>
		30 minutos a 2 horas	Mínimo 24h	Estruturas multilaminadas	10 a 15 kg/cm <sup>2</sup>

#### Performance da colagem:

O WONDERBOND 2555, quando aplicado corretamente, atende as Normas DIN EN-204, nível de resistência a umidade D-3 e ASTM D-5572-95 uso seco. O tempo máximo necessário para que o adesivo atinja sua resistência máxima é de 36 horas, isto para uma temperatura ambiente média de 25°C.

FONTE: HEXION- Boletim Técnico (2007).

## ANEXO B

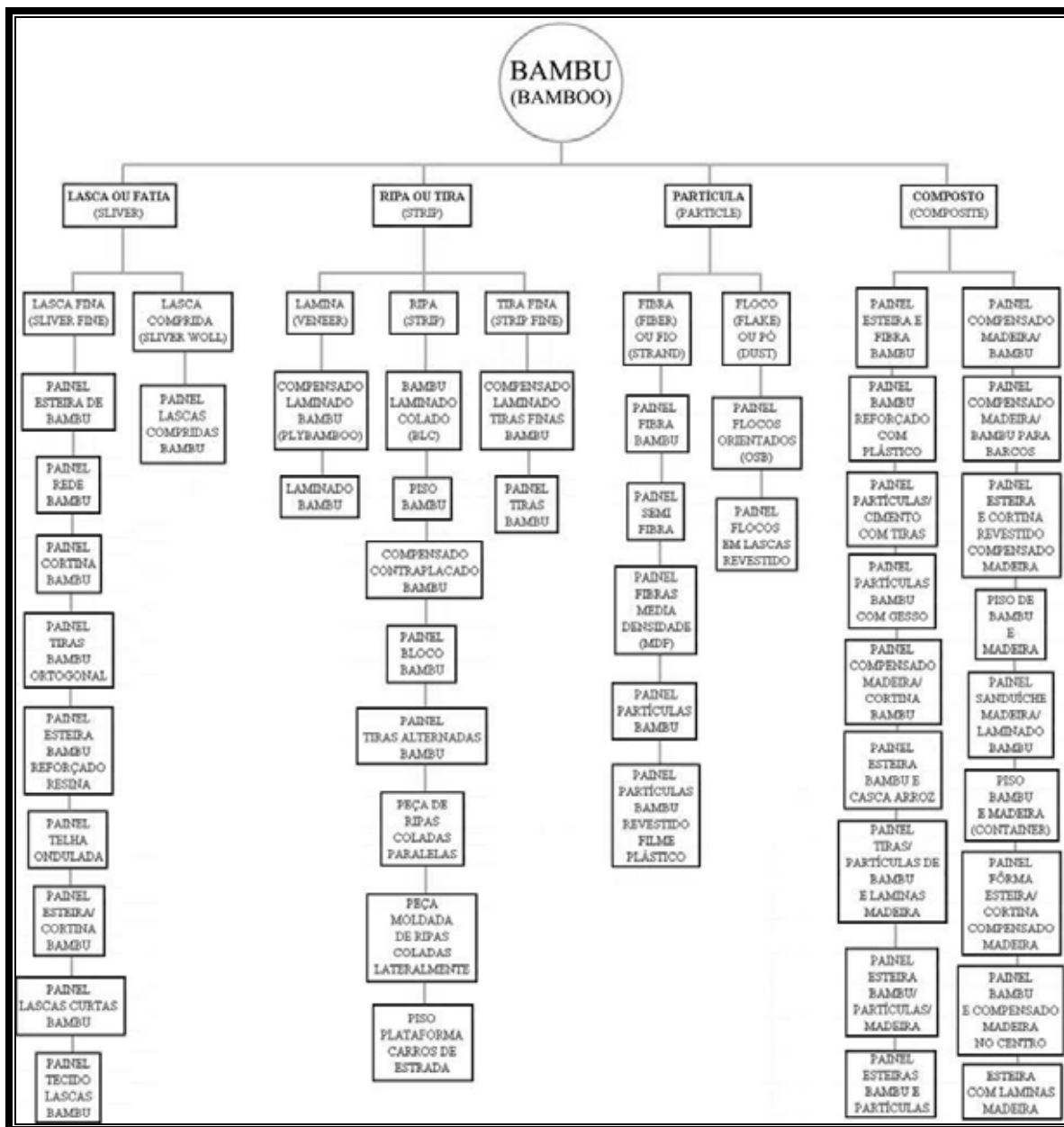


Figura C1 - Produtos reconstituídos derivados do colmo de bambu. Fonte: MOIZÉS (2007).