

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – MECÂNICAS DE LAMINADO COLADO DE
BAMBU (*Dendrocalamus giganteus*) PARA REVESTIMENTO DE PISOS

ANA KARLA FREIRE DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE
PARAÍBA – BRASIL
JULHO – 2005

ANA KARLA FREIRE DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – MECÂNICAS DE LAMINADO COLADO DE
BAMBU (*Dendrocalamus giganteus*) PARA REVESTIMENTO DE PISOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Construções Rurais e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Cid Guimarães

**CAMPINA GRANDE
PARAÍBA – BRASIL
JULHO – 2005**

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

O48c Oliveira, Ana Karla Freire de
2005 Caracterização físico-mecânicas de laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) para revestimento de pisos / Ana Karla Freire de Oliveira. — Campina Grande, 2005.
69f. : il.

Inclui bibliografia.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.
Orientador: Juarez Benigno Paes.

1— Bambu 2— BLC 3— Ensaios físico-mecânicos 4— Piso 5— Desenho industrial I— Título

CDU 633.584.5:691.12



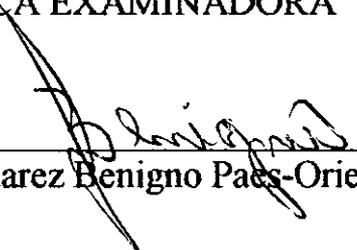
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

ANA KARLA FREIRE DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE LAMINADO COLADO
DE BAMBU (*Dendrocalamus giganteus*) PARA REVESTIMENTO
DE PISOS**

BANCA EXAMINADORA

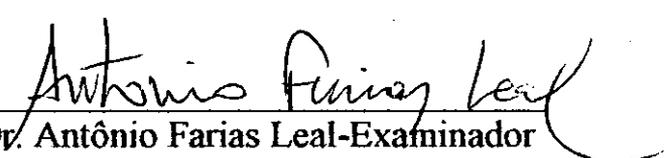
PARECER



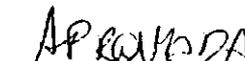
Dr. Juarez Benigno Paes-Orientador



Dr. José Wallace B.do Nascimento-Examinador

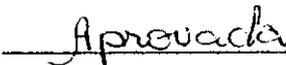


Dr. Antônio Farias Leal-Examinador





Dra. Elisabeth de Oliveira-Examinadora



JULHO - 2005

Aos meus pais, Francisco e Salete.

Carinhosamente, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Criador de todas as coisas e que fortalece todos os seres vivos com a luz de seu amor e esperança.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade em realizar o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Construções Rurais e Ambiente.

À Universidade Federal da Paraíba, Campus II na cidade de Areia, pela doação dos colmos de bambu utilizados neste trabalho.

À Montana Química S.A., pela doação do produto "Osmose CCB", utilizado no tratamento do bambu.

Ao Laboratório de Madeiras do Curso de Desenho Industrial - UFCG, pela confecção dos corpos-de-prova.

Ao Laboratório de Solos I do Curso de Engenharia Civil e ao Laboratório do Centro de Tecnologia do Couro e Calçados do SENAI-PB (CTCC), pelas análises realizadas nas amostras.

Ao Professor Dr. Juarez Benigno Paes, pela orientação, participação, confiança e incentivo.

Ao Professor Dr. Luiz Eduardo Cid Guimarães, pela orientação na área de "Design".

Aos professores Dr. Antonio Farias de Leal, Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento e Dra. Elisabeth de Oliveira, pela participação na Banca Examinadora.

Ao professor Dr. Normando Perazzo, pelos conhecimentos passados e a Sra. Rivanilda, Secretária da Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela amizade.

A Herbert Rocha, pela amizade e auxílio no trabalho de campo.

A Tia Sonia, pela ajuda providencial.

A Rejane e ao Professor Roberto Carlos, por suas orientações.

Aos colegas, Marluce Azevedo, Christus, Iânglio Márcio, Alcides, Jair, Heteu, Flávio, Grace Sampaio, Crisóstomo, Marijara, Alexandre e demais, pelo incentivo.

BIOGRAFIA

ANA KARLA FREIRE DE OLIVEIRA, filha de Francisco de Assis Oliveira e Maria Salete de Oliveira, nasceu em 12 de julho de 1976 na cidade de Campina Grande – PB.

Em 2001, concluiu o Curso de Desenho Industrial pela Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB.

Desde o ano de 2002, exerce a função de Consultora do SEBRAE-PB e SEBRAE-RN na área de “Design” e artesanato.

No ano de 2003 iniciou carreira docente na Universidade Federal de Campina Grande – PB, no Curso de Desenho Industrial, permanecendo nesta função até maio de 2005.

Em 2003, iniciou a Pós-Graduação, em nível de Mestrado na Universidade Federal de Campina Grande, Área de Construções Rurais e Ambiente, tendo defendido sua Dissertação em julho de 2005.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos silviculturais do bambu	3
2.2. Composição química do bambu	6
2.3. Características de resistência do bambu	7
2.4. Aplicações diversas do bambu	7
2.5. Estruturas laminadas coladas	9
2.5.1. Madeira laminada colada (MLC)	9
2.5.2. Bambu laminado colado (BLC)	12
2.6. Adesivos empregados na confecção do BLC e da MLC	14
2.6.1. Adesivos Poliuretanos (PU)	15
2.6.2. Adesivos à base de Resorcinol-formaldeído	15
2.6.3. Adesivos à base de uréia-formaldeído	16
2.7. Definição e classificação de pisos	16
2.8. Histórico e importância do Desenho Industrial	17
2.9. O piso como produto industrial desenvolvido por projetistas	18
2.10. Pesquisa sobre pisos tipo parquet no mercado brasileiro	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Espécie de bambu utilizada	22
3.2. Local de coleta das amostras de bambu	23
3.3. Retirada dos colmos	23
3.4. Tratamento preservativo das peças	24
3.4.1. Tratamento em água	24
3.4.2. Tratamento químico	25
3.5. Secagem das taliscas	25

3.6. Usinagem das taliscas selecionadas	25
3.7. Adesivos utilizados na fabricação do BLC	28
3.7.1. “Cascophen RS – 216-M”	28
3.7.2. “Cascorez – Extra”	29
3.8. Aplicação do adesivo e montagem do BLC	30
3.9. Prensagem, confecção e acabamento dos corpos-de-prova	31
3.10. Ensaio físico-mecânicos realizados	32
3.10.1. Estabilidade dimensional do BLC	33
3.10.2. Densidade aparente e básica do BLC	34
3.10.3. Teor de umidade das amostras	34
3.10.4. Ensaio de flexão estática	34
3.10.5. Ensaio de compressão	36
3.10.5.1. Compressão paralela às fibras	36
3.10.5.2. Compressão normal às fibras	37
3.10.6. Cisalhamento na lâmina de cola	38
3.10.7. Resistência à abrasão	39
3.11. Projeto e identidade visual do piso de BLC	43
3.12. Análise dos resultados	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Variações dimensionais do BLC	45
4.2. Densidades do bambu laminado colado	49
4.3. Teor de umidade do BLC	49
4.4. Ensaio de flexão estática	51
4.4.1. Resistência à flexão estática	51
4.4.2. Elasticidade na flexão estática	53
4.5. Ensaio de compressão	55
4.5.1. Compressão paralela às fibras	55
4.5.2. Compressão normal às fibras	57
4.6. Ensaio de cisalhamento na linha de cola	58
4.7. Ensaio de resistência à abrasão	59
4.8. Aspecto do piso de bambu laminado colado	62
4.9. Identidade visual para o piso de BLC	63
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	65

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	71
Anexo A – Análises de variância para os ensaios de variação dimensional do BLC	72
Anexo B – Análises de variância para os ensaios de Resistência e Rigidez do BLC	73

LISTA DE FIGURAS

	Página	
Figura 1	Constituintes de um colmo de bambu	3
Figura 2	Bambu entouceirante e bambu alastrante	5
Figura 3	Pavilhão da Colômbia na Exposição de Hannover 2000	8
Figura 4	Laminado de bambu (Plyboo)	9
Figura 5	Esquema dos componentes de uma peça de MLC	10
Figura 6	Aplicação da madeira laminada colada na arquitetura	11
Figura 7	Aplicação da madeira laminada colada em pisos	11
Figura 8	Modelo de colagem das lâminas para o BLC	13
Figura 9	Dispositivo para o ensaio de flexão estática	13
Figura 10	Tipos de corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento	13
Figura 11	Tipos de instalação de pisos	19
Figura 12	Encaixe reto e encaixe abaulado	21
Figura 13	Touceira e detalhe do colmo de bambu coletado	22
Figura 14	Abate do bambu com serra manual	24
Figura 15	Área de aproveitamento e partes eliminadas do bambu	26
Figura 16	Detalhe do aplainamento da talisca de bambu	26
Figura 17	Serra circular de bancada e detalhe da talisca usinada	27
Figura 18	Lâminas de bambu obtidas com o processo de usinagem	27
Figura 19	Adesivo “Cascofen RS-216-M” e catalisador “FM-60-M”	28
Figura 20	Adesivo “Cascorez – Extra”	29
Figura 21	Aplicação de adesivo e montagem do BLC	30
Figura 22	Prensagem dos blocos de bambu	31
Figura 23	Acabamento de corpos-de-prova na lixadeira	32
Figura 24	Corpo-de-prova utilizado para o ensaio de flexão estática	35
Figura 25	Relógio comparador adaptado à máquina de ensaio	35
Figura 26	Corpo-de-prova para ensaio de compressão paralela	36
Figura 27	Ensaio de compressão paralela às fibras	37
Figura 28	Corpo-de-prova para ensaio de compressão normal	37

Figura 29	Ensaio de compressão normal	38
Figura 30	Corpo-de-prova utilizado no ensaio de cisalhamento	38
Figura 31	Ensaio de cisalhamento na lâmina de cola	39
Figura 32	Abrasímetro	40
Figura 33	Corpo-de-prova para ensaio de resistência à abrasão	41
Figura 34	Ensaio de resistência à abrasão	41
Figura 35	Inchamento total do BLC em função do tempo de imersão	46
Figura 36	Resistência à ruptura do BLC à flexão estática	51
Figura 37	Deslocamento de lâminas na flexão estática	52
Figura 38	Rigidez do BLC na flexão estática	53
Figura 39	Resistência do BLC à compressão paralela às fibras	55
Figura 40	Resistência do BLC à compressão normal às fibras	57
Figura 41	Resistência do BLC ao cisalhamento na linha de cola	58
Figura 42	Densidade aparente do bambu e das madeiras ensaiadas	60
Figura 43	Resistência à abrasão do bambu e das madeiras ensaiadas	61
Figura 44	Esquema do encaixe para o piso de BLC	62
Figura 45	Esquema do modo de aplicação dos parquetes de BLC	63
Figura 46	Identidade visual para o piso de bambu laminado colado	63
Figura 47	Protótipo do piso confeccionado com lâminas de bambu.	64

LISTA DE TABELAS

	Página	
Tabela 1	Porcentagem em volume dos nós de três bambus	4
Tabela 2	Composição química elementar do bambu	7
Tabela 3	Valores de resistência mecânica do BLC	14
Tabela 4	Classificação de pisos	16
Tabela 5	Características do adesivo “Cascofen RS-216-M”	29
Tabela 6	Comparações entre médias, pelo teste de Tukey, para a variação volumétrica total	47
Tabela 7	Valores médios das variações radial, tangencial e volumétrica do BLC, para cada situação, em função do tempo.	48
Tabela 8	Densidades aparente e básica do BLC para as situações testadas	49
Tabela 9	Valores médios do teor de umidade do BLC, para cada situação e ensaios realizados	50
Tabela 10	Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a elasticidade na flexão	54
Tabela 11	Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a compressão paralela às fibras	56
Tabela 12	Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a resistência ao cisalhamento na linha de cola	59
Tabela 13	Comparações entre médias, pelo teste de Tukey, para a resistência à abrasão	62
Tabela 14	Padrões de cores utilizados na confecção da logomarca para o piso de BLC	64

RESUMO

O objetivo principal da pesquisa foi caracterizar o laminado colado do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* para revestimento de pisos e projetar um parquet com este material. Para atender aos objetivos propostos, colmos de bambu foram tratados pelo método de imersão em produto químico (solução de 1% de ingredientes ativos de CCB) e em água, durante 15 dias. Dos colmos tratados, foram retiradas a parte externa (casca) e a interna, obtendo-se taliscas aplainadas com espessura de 4 mm, comprimento de 30 cm e largura de 4 cm. Para a colagem das taliscas, utilizaram-se os adesivos “Cascofen RS” e “Cascorez-Extra”, sendo o primeiro à base de Resorcinol-formaldeído e o segundo uma resina polivinílica. O adesivo à base de Resorcinol-formaldeído é o mais recomendado para a confecção do BLC, a ser utilizado em revestimento para pisos, por apresentar maior resistência à umidade, quando comparado àquele à base de Acetato Polivinílico. Os ensaios de compressão normal e paralela, flexão estática e cisalhamento na lâmina de cola, mostraram-se de acordo com os valores de resistência mecânica apresentados na literatura. No ensaio de abrasão, o BLC, confeccionado com o *D. giganteus* foi comparado a três espécies de madeiras comumente utilizadas na confecção de pisos (jatobá, ipê e sucupira), mostrando-se adequado como material na confecção de revestimento para pisos. O ensaio de abrasão é parâmetro no mercado nacional e internacional para classificação de madeiras para pisos. Foi desenvolvido, de acordo com a metodologia do Desenho Industrial, um revestimento para piso na forma de “parquete” para observação de encaixes e detalhes estéticos.

Palavras-chave: Bambu, BLC, ensaios físico - mecânicos, piso, Desenho Industrial.

ABSTRACT

This work aimed to characterize the glued laminated bamboo (GLB) of *Dendrocalamus giganteus* for coating of floors and to project a parquet of GLB. To attend the objectives, bamboo stems were treated by immersion method in chemical product (solution of 1% of active ingredients of CCB) and in water, for 15 days. Before the treated of stems, the extern (bark) and the intern (inside) parts were removed to obtain the flat strips of bamboo with 4 mm of thickness, 30 cm of length and 4 cm of width. The "Cascophen RS" and "Cascorez-extra" commercial adhesive were used to glue of flat strips. The first adhesive is manufactured to formaldehyde-resorcinol base and the second is a polyvinyl resin. The adhesive formaldehyde-resorcinol is more recommended to GLB manufacture, to be used on coating floors, for presenting larger resistance to humidity them polyvinyl resin. The tests of normal and parallel compression, static bending and shear-parallel-to-glue line, were shown in agreement with the values of mechanical resistance presented in literature. In abrasion test, the GLB of *D. giganteus* was compared to three commercial Brazilian woods used to floors (jatobá, ipê and sucupira). The GLB showed characteristics appropriate to coating floors. The abrasion test is national and international parameter to classification of wood for floors. In this work was developed a coating for floor in a "parquet" form, in agreement to Industrial Drawing methodology, to observation of fittings and aesthetic details.

Key words: Bamboo, GLB, physical and mechanical tests, floor, Industrial Drawing.

1. INTRODUÇÃO

As reservas de espécies arbóreas (madeiras) vêm apresentando escassez, ocasionando a busca por materiais alternativos que possam suprir, com eficiência, a demanda.

Nesse contexto, o bambu é um material que apresenta boas características físico-mecânicas, baixo custo, facilidade de obtenção e trabalhabilidade, sendo largamente utilizado, como material de construção em países asiáticos, e em alguns da América Latina, como a Colômbia, substituindo com eficiência algumas espécies de madeira em construções diversas.

Segundo Farrely, citado por MOREIRA (1991), o bambu surgiu na Terra entre 100 a 200 milhões de anos. MOREIRA (1991) cita que o bambu é uma gramínea cujo tecido resistente é um composto natural lignocelulósico de baixo peso, alta resistência mecânica, fácil manuseio, rápido crescimento e grande disponibilidade, o que torna fácil a sua obtenção, podendo ser utilizado como elemento estrutural a partir dos três anos de idade.

LEE et al. (1994) afirmam que para uma melhor maximização da utilização do bambu no Brasil, torna-se necessário um conhecimento adequado de suas propriedades físico-mecânicas.

De acordo com BERALDO e ZOULALIAN (1995), apesar da utilização do bambu remontar a milênios, essa matéria-prima não tem recebido o devido destaque nos meios científicos. A idéia errônea de sempre associar o bambu a obras temporárias e, sobretudo, à miséria, tem afastado a presença de organismos financeiros e, em conseqüência, o interesse da Comunidade Científica no desenvolvimento de projetos diversos.

O bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) é uma espécie que apresenta considerável resistência mecânica para vários fins, dentre eles, a confecção de laminados colados.

GONÇALVES et al. (2000) afirmam que tendo a madeira laminada colada como sua precursora, o laminado colado de bambu ainda se desenvolve a passos lentos no Brasil, fato este, que muitas vezes, conduz a busca por tecnologia desenvolvida no Continente Asiático, que empregam estruturas de bambu confeccionadas com esta técnica.

As madeiras de espécies nativas que apresentam boas propriedades de resistência mecânica, geralmente caracterizadas pela densidade aparente de média a alta, vêm sendo empregadas, há muitos anos como elementos de piso em edificações. No entanto, não se verifica a preocupação de caracterizar o comportamento desses elementos e de seus revestimentos com relação ao desgaste abrasivo (KOGA e BITTENCOURT, 2002).

A pesquisa com o bambu laminado colado (BLC), como elemento para piso, é uma importante contribuição à Comunidade Científica, pois algumas madeiras, atualmente utilizadas para a fabricação de pisos, encontram-se em escassez, podendo o bambu vir a substituí-las.

Os avanços tecnológicos ocorridos no final do século XX, englobando os processos produtivos, a redução dimensional dos componentes e o surgimento de novos materiais, vêm contribuindo progressivamente para uma liberdade maior na concepção formal dos produtos industrializados. Neste contexto, cabe aos Desenhistas Industriais (“Designers”) o desafio de encontrar formas de aliar a tecnologia à dimensão cultural, atuando como intérpretes entre a produção e os usuários.

Neste trabalho, o bambu foi estudado como material passível de utilização para a fabricação de pisos industriais, para tanto, o laminado colado de bambu (BLC), confeccionado de (*Dendrocalamus giganteus*) foi caracterizado física e mecanicamente, por meio de ensaios de resistência mecânica e de abrasão. Posteriormente a fase de ensaios, seguiu-se o trabalho de inferência do “Designer” ao projetar um piso com características de funcionalidade e praticidade.

Em função das características físico-mecânicas, das potencialidades silviculturais e estéticas do bambu, esta pesquisa teve como objetivos:

- Avaliar as potencialidades do laminado colado, confeccionado com o bambu *Dendrocalamus giganteus*, por meio de ensaios físico-mecânicos;
- Comparar o bambu laminado colado, por meio de ensaio de abrasão, com três espécies de madeira empregadas para a fabricação revestimentos para pisos;
- Projetar um revestimento para piso tipo “parquete”, com diferencial de mercado, por meio do trabalho do Desenho Industrial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos silviculturais do bambu

LEE et al (1994) afirmam que o bambu pertence à família Graminae e subfamília Bambusoidea, algumas vezes tratados separadamente como pertencentes à família Bambusacea, com aproximadamente 45 gêneros e mais de 1.000 espécies distribuídas pelo mundo.

De acordo com NOMURA et al. (1986), as espécies de bambu nativas do Brasil pertencem aos gêneros *Arundinária* (17 espécies), *Chusquea* (22 espécies), *Merostachys* (16 espécies), *Guadua* (17 espécies), *Anthrostylidium* (3 espécies), *Streptogyne*, *Graziophyton*, *Nastus* e *Streptochaeta*.

GHAVAMI (1995) afirma que o Brasil tem uma população pobre, com diversos problemas, em contra partida é um território rico em recursos naturais. A utilização de recursos renováveis, isto é, de fácil e rápida reposição é mais coerente. O bambu, material raramente utilizado pelos ocidentais em construção, desenvolve-se em apenas um ano, atingindo o máximo de sua resistência entre três a seis anos de idade.

A planta vulgarmente conhecida como bambu, é composta por colmo, nós e rizoma. As partes componentes de um colmo de bambu são ilustradas na Figura 1.

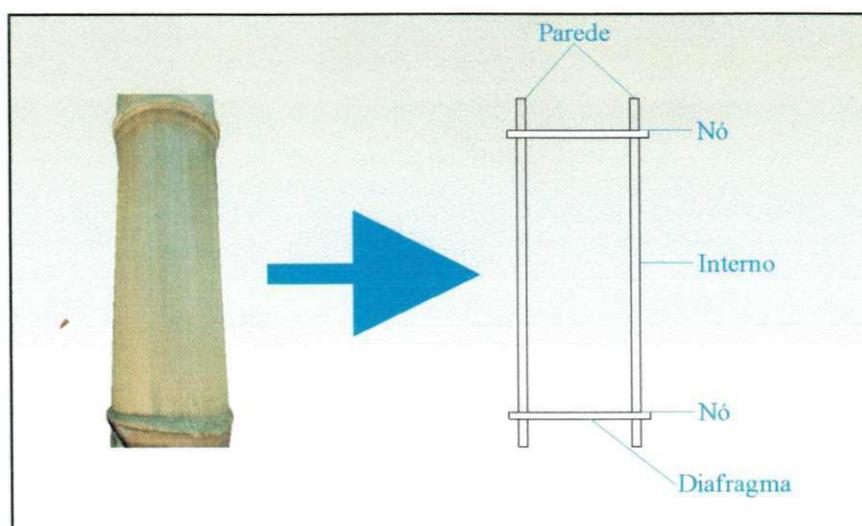


Figura 1 – Constituintes de um colmo de bambu (adaptada de FREIRE e BERALDO, 2003).

De acordo com GHAVAMI e SOLORZANO (1995), os bambus são constituídos predominantemente por fibras, responsáveis pela sua resistência mecânica, sendo sua distribuição de 40 a 90% na parede externa e de 15% na parte interna dos colmos.

Dados obtidos por AZZINI et al. (1990) mostram que a espécie *Bambusa tultooides*, que apresenta colmos com dimensões mais reduzidas, possui maior quantidade de massa fibrosa, quando comparada aos colmos de *Bambusa vulgaris*, (porte médio) e *Dendrocalamus giganteus* (porte elevado). Dados sobre a porcentagem em volume dos nós, entrenós e vazios em colmos de três espécies de bambu são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Porcentagem em volume dos nós, entrenós e vazios em colmos de três espécies de bambu. (AZZINI et al., 1999)

Espécies	Nó	Entrenó	Nó/Entrenó	Vazios
<i>Bambusa tultooides</i>	5,91	55,28	61,99	38,81
<i>Bambusa vulgaris</i>	12,01	41,31	53,32	46,68
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	10,70	35,59	46,09	53,91

De acordo com MANTILLA CARRASCO (1995), para o cultivo do bambu, as zonas de alta umidade relativa apresentam-se com as melhores condições. Esta gramínea se desenvolve bem a temperaturas que variam de 8,8 a 36 °C.

Quanto ao crescimento, os bambus são classificados em entouceirantes ou alastrantes. Os bambus entouceirantes se caracterizam por apresentar rizomas curtos e grossos com gemas laterais que se desenvolvem em novos rizomas e colmos. Os alastrantes pela enorme quantidade de rizomas que se desenvolvem no solo.

Exemplos de bambus entouceirantes e alastrantes, encontrados no município de Areia - PB, Região do Brejo Paraibano, são apresentados nas Figuras 2 A e 2 B, respectivamente.



(A)



(B)

Figura 2 – Bambu entouceirante (A) e bambu alastrante (B).

O bambu apresenta grande potencial silvicultural, por ser uma planta perene, produzir colmos assexuadamente ano após ano, sem a necessidade de replantio, por apresentar um bom rendimento anual por área e rapidez de crescimento; para cada colmo cortado existe o nascimento de outro, em menos de um ano (AZZINI et al., 1992).

Para a realização do corte do bambu, a estação seca é a melhor época, pois a planta se encontra com baixa quantidade de seiva e os insetos estão em hibernação. No Brasil, a época mais indicada para o corte do bambu são os meses de maio a agosto. A partir do terceiro ano de idade, por apresentar um desenvolvimento rápido durante o seu ciclo vegetativo, o bambu pode começar a ser colhido. Para que o corte seja realizado corretamente, é preciso o uso de um machado afiado ou de uma serra, o que evitará rachaduras no bambu (SANTOS e LOPES, 1998).

De acordo com AZZINI e BERALDO (2001), após os devidos cuidados durante a colheita, os colmos devem ser submetidos a tratamentos preservativos.

O bambu, por apresentar um alto teor de amido na sua constituição, é susceptível ao ataque de xilófagos, sendo o besouro (*Dinoderus minutus*) aquele que com mais frequência, ataca o colmo da planta. Assim, a durabilidade dos colmos está diretamente ligada ao tratamento preservativo empregado.

Para melhor aproveitamento das potencialidades do bambu, BERALDO (2001), recomenda a cura natural ou o tratamento químico:

- Cura natural – após o corte, o bambu deverá permanecer na posição vertical por um período de sete a dez dias, sem manter contato com o solo, para escorrer boa parte da seiva;
- Corte e tratamento químico – os colmos deverão ser cortados no tamanho desejado e, em seguida, serem submetidos a um tratamento químico. Este tratamento é feito com produtos químicos que ficam impregnados nas peças de bambu, evitando o ataque de xilófagos.

Os produtos químicos são os mesmo utilizados no tratamento da madeira e devem apresentar as seguintes características: ser suficientemente ativos para impedir a vida e o desenvolvimento de microorganismos; não afetar os tecidos de bambu alterando suas propriedades físico-mecânicas e que sejam solúveis em água;

Segundo AZZINI e BERALDO (2001), o método tradicional de tratamento do bambu subdivide-se em: maturação no local da colheita, maturação por imersão em água, tratamento com fogo e tratamento com fumaça. O tratamento químico pode ser por imersão prolongada ou substituição de seiva. Para o tratamento químico, SANTOS e LOPES (1998) e AZZINI e BERALDO (2001) recomendam o uso de uma solução de 1% de concentração, preparada com sulfato de cobre, dicromato de sódio e ácido bórico.

2.2. Composição química do bambu

Com relação à composição química do bambu, sua principal característica é a presença de amido em seus colmos. O amido é uma substância química que se encontra no tecido parenquimatoso, que circunda os feixes fibro-vacuulares dos colmos do bambu, sendo esses os responsáveis pela resistência mecânica da planta. De acordo com AZZINI e GONDIM TOMÁS (1996), além do amido existem outros componentes como holocelulose ($\approx 65\%$) e lignina ($\approx 18\%$). A Tabela 2 ilustra a composição química elementar do bambu.

Tabela 2 - Composição química elementar do bambu (BARBOSA, 1999)

Componentes Químicos	% em massa
Carbono	50,00
Hidrogênio	6,10
Oxigênio	43,00
Nitrogênio	0,04 – 0,26
Cinzas	0,20 – 0,60

2.3. Características de resistência do bambu

As espécies de bambu utilizadas em construções apresentam geralmente um bom nível de resistência, dentre as mais utilizadas estão o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) e o Tulda (*Bambusa tulda*).

De acordo com FREIRE e BERALDO (2003), as características de resistência do bambu são:

- Resistência à tração – teoricamente, a resistência de tecidos da região externa do bambu, submetido à tração paralela, pode atingir valores da ordem de 260 MPa a 370 MPa, dependendo da espécie.
- Resistência à compressão – situa-se na faixa de 20 MPa a 120 MPa, e o módulo de elasticidade varia entre 2,6 GPa e 20 GPa. A curva tensão-deformação no ensaio de compressão é quase linear.
- Resistência à flexão – importante na análise estrutural, em geral, os resultados situam-se na faixa de 30 MPa e 170 MPa. O módulo de elasticidade situa-se na faixa de 6 GPa e 14 GPa.

2.4. Aplicações diversas do bambu

O bambu é uma planta versátil, seu uso se estende desde construções complexas até a fabricação de mobiliário, artesanatos e comida. Os países asiáticos,

como o Japão e a China, utilizam o bambu aproveitando todo o seu potencial e o consideram um material importante para o desenvolvimento daquelas nações.

Dentre os países Sul-Americanos que utilizam o bambu para diversos fins, encontra-se a Colômbia, que detém uma excelente tecnologia do manuseio e aplicação do bambu em construções de casas, artefatos diversos e na alimentação. A estrutura de bambu construída na Alemanha para o Pavilhão de Hannover 2000 é ilustrada pela Figura 3.



Figura 3 – Pavilhão da Colômbia na exposição de Hannover 2000 (1000 THINGS OF BAMBOO, 2004).

Uma comida muito apreciada oriunda do bambu são seus brotos, prato especial em países Asiáticos. É interessante observar que, sendo o bambu uma planta tão versátil, ainda não tenha recebido a devida importância em um país como o Brasil. O uso desta planta no país ainda se resume a pequenos projetos, que timidamente, tentam mostrar a real importância de seu uso como material viável e resistente. Uma das possibilidades para a valorização do uso do bambu se refere à produção de laminados colados (Figura 4).

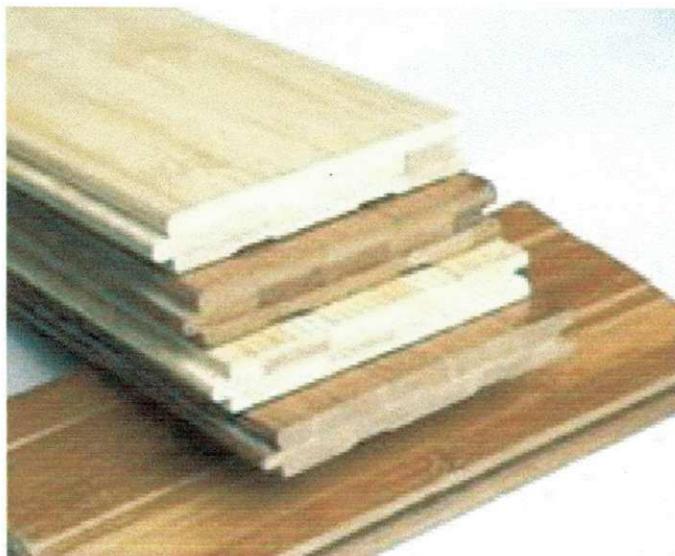


Figura 4 - Laminado de bambu (Plyboo) (1000 THINGS OF BAMBOO, 2004).

De acordo com BERALDO (1991), o bambu é largamente utilizado em construções, quer na sua forma natural (postes, andaimes, treliças) ou aberto em taliscas (peças obtidas pelo seccionamento longitudinal do seu colmo), neste caso prestando-se à confecção de painéis trançados.

A utilização do bambu no Brasil ainda é bastante precária, tanto por falta de tecnologia apropriada, como por falta de informações por parte da população a respeito desse material. Segundo BERALDO (1997), o bambu apresenta muitas vantagens em relação aos materiais convencionais de construção, pois pode ser associado ao cimento "Portland", buscando-se a substituição ao aço, ou pelo menos a diminuição do uso desse material nas construções.

2.5. Estruturas laminadas coladas

2.5.1. Madeira laminada colada (MLC)

De acordo com BONO (1996), a madeira laminada colada consiste na obtenção de peças estruturais a partir de lâminas de madeira coladas, com todas as fibras paralelas à direção longitudinal das peças.

Segundo SOBRAL FILHO (1982), a introdução às técnicas do laminado colado começou no século XIX, mas não atingiu o potencial desejado até que adesivos duráveis fossem produzidos durante a Segunda Guerra Mundial.

Na Figura 5 é apresentada a distribuição dos elementos constituintes de uma peça de madeira laminada colada, bem como alguns tipos de emendas.

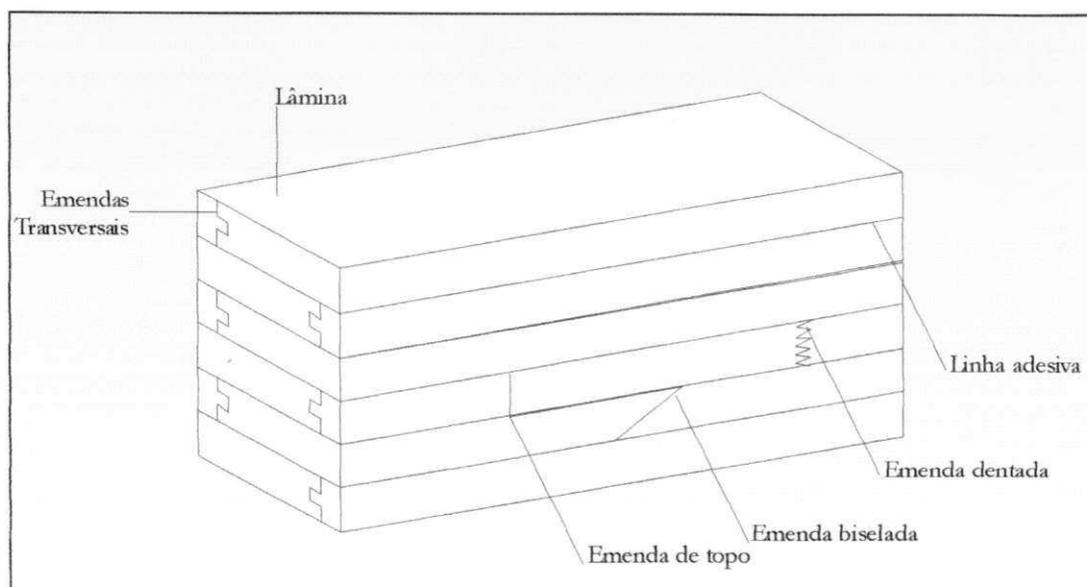


Figura 5 - Esquema dos componentes de uma peça de MLC (adaptada de ROCCO LAHR, 1992).

A aplicação da MLC pode ser vista sob as mais variadas formas estruturais. O seu emprego vai desde pequenas passarelas, mobiliários diversos, escadas e abrigos até grandes estruturas concebidas sob as mais variadas formas estéticas. São destinadas a cobrir vãos de até 100 metros sem apoio intermediário. De acordo com CALLIA (1958), apenas para mostrar o potencial do mercado das estruturas de MLC, verifica-se que na França, chegou a existir mais de 40 indústrias trabalhando na fabricação de estruturas de MLC, distribuídas nas diversas regiões do país. Essas indústrias além de atender ao mercado francês, exportaram para outros países como a Bélgica, Argélia e China.

Uma boa característica do laminado colado é a possibilidade de obtenção das mais variadas formas geométricas para os elementos estruturais. Segundo NATERRER (1991), as possibilidades arquitetônicas resultantes desta versatilidade

são inúmeras e dependem, principalmente, de uma estreita e indispensável colaboração entre arquitetos e engenheiros (Figura 6).

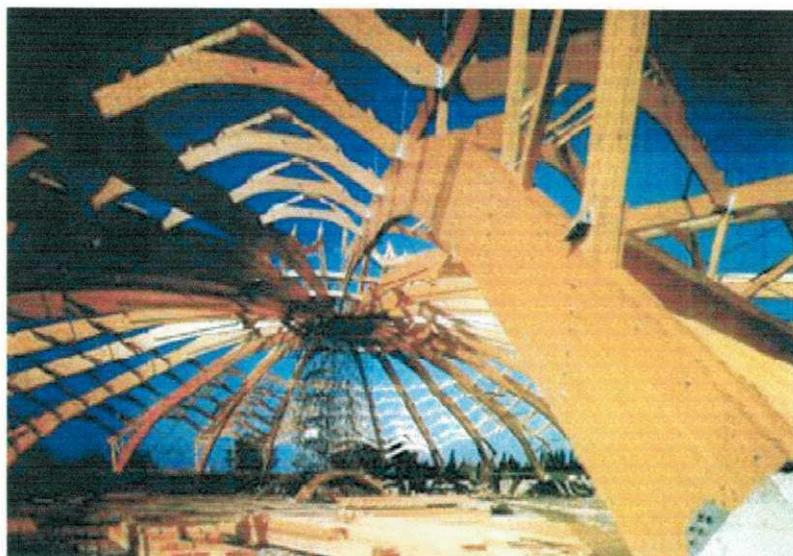


Figura 6 – Exemplo de aplicação da madeira laminada colada (MLC), em estrutura localizada na cidade de Enstib – França (NATTERER, 1991).

A MLC, além da arquitetura, também é utilizada na fabricação de produtos como piso, mobiliários diversos e artefatos. As aplicações da MLC em pisos residenciais são apresentadas na Figura 7.



Figura 7 – Aplicação da MLC em pisos (REVISTA CASA CLÁUDIA, 2001).

Segundo CALLIA (1958), as operações fundamentais que caracterizam a tecnologia de fabricação de peças estruturais de madeira laminada colada (MLC) estão classificadas em um processo semi-mecanizado, que envolvem o preparo das lâminas; o tratamento preservativo e ignífugo; a secagem das tábuas; a colagem e prensagem; e o acabamento.

2.5.2. Bambu laminado colado (BLC)

Com o processo de abertura política na China, ocorrido há vinte anos e até então, houve grande demanda no uso de madeiras para construção, neste caso, sendo um país abundante em espécies de bambu, deu-se início então a um processo de incentivo à pesquisa, com a finalidade de desenvolvimento de painéis utilizando o bambu (BERALDO, 1997).

Os painéis mais utilizados e fabricados são as lâminas de bambu trançadas e sobrepostas, os painéis de partículas de bambu e os painéis com lâminas de bambu serradas, aplainadas e coladas, o laminado de bambu, mais conhecido na China como LBL ("Laminated Bamboo Lumber"). Este material pode ser utilizado na fabricação de painéis divisórios, forros, molduras, esquadrias, móveis e revestimento (RIVERO, 2003).

Para fins de estudos e investigações científicas a respeito do bambu laminado colado (BLC), o qual teve como precursor a madeira laminada colada (MLC), foi construída há oito anos, na cidade de Tsubame, província de Niigata, na China, uma casa tipo "show-room" que apresenta sua estrutura, paredes, pisos e mobiliários todos construídos em BLC, podendo se observar "in loco", os ataques de fungos, insetos e o efeito do conforto térmico do material. Foi observado que durante o verão, no interior da casa, a temperatura era baixa e no inverno a temperatura era mais alta (RIVERO, 2003).

MANTILLA CARRASCO et al. (1995) confeccionaram laminado colado de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, com adesivo empregado para madeira laminada colada. Os autores procuraram seguir as mesmas normas adotadas para a madeira, adaptando-as ao bambu para a confecção dos corpos-de-prova e para a realização de ensaios. A forma de colagem, o dispositivo utilizado para a realização do ensaio de flexão estática e corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento são ilustrados nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente.

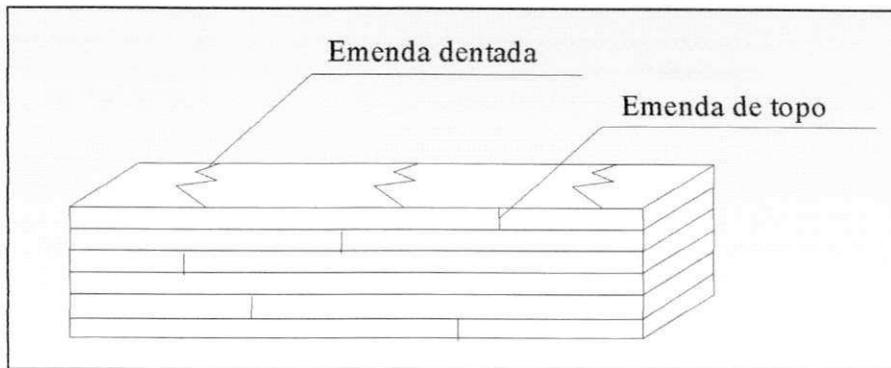


Figura 8 – Esquema da colagem das lâminas para o BLC (adaptada de MANTILLA CARRASCO et al., 1995).

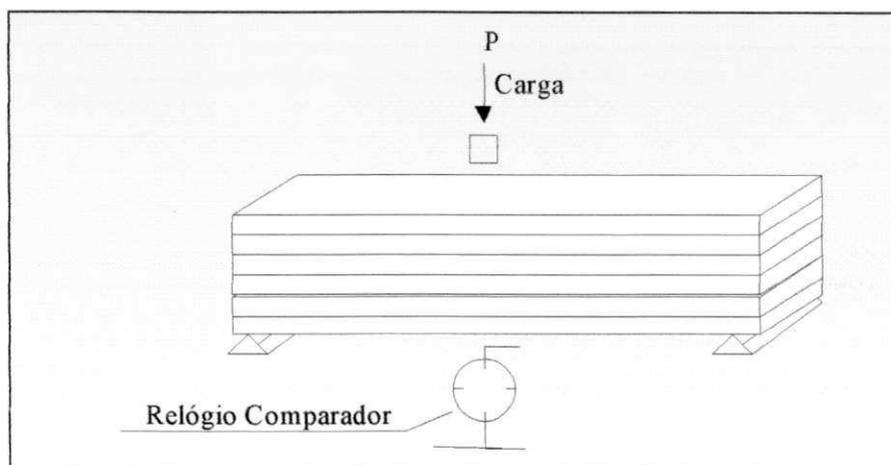


Figura 9 – Esquema do dispositivo utilizado para o ensaio de flexão estática (adaptada de MANTILLA CARRASCO et al., 1995).

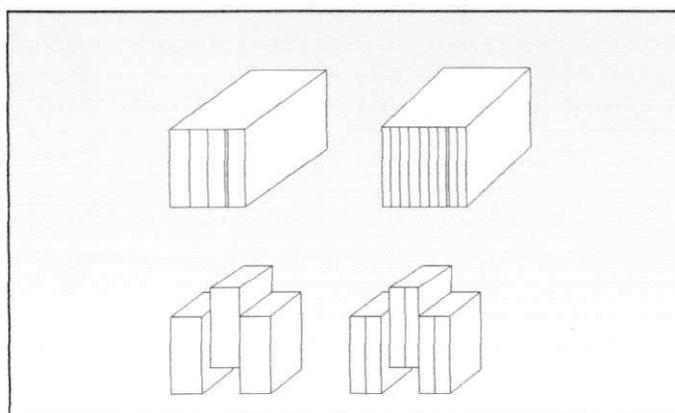


Figura 10 - Tipos de corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento (adaptada de MANTILLA CARRASCO et al., 1995).

GONÇALVES et al.(2002) realizaram ensaios de resistência mecânica com laminado colado de bambu e obtiveram os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de resistência mecânica do BLC (GONÇALVES et al., 2002)

Bambu Laminado Colado	
Ensaio	Resistência (MPa)
Dureza (direção perpendicular às fibras)	34,0
Compressão paralela às fibras	55,0
Compressão normal às fibras	18,0
Tração paralela às fibras	195,0
Tração normal às fibras	2,5
Cisalhamento	10,0
Flexão estática	166,0

2.6. Adesivos empregados na confecção do BLC e da MLC

De acordo com SKEIST (1977), os adesivos são substâncias com propriedade de se aderir fortemente a um substrato, mantendo vários substratos de um mesmo material ou materiais diferentes unidos por meio de uma ligação superficial. Esta propriedade, não intrínseca à substância, se desenvolve somente dentro de algumas condições, enquanto interage com a superfície do aderente.

Segundo MANTILLA CARRASCO (1984), a resistência, a estabilidade e a vida de uma estrutura dependem em grande parte da resistência, rigidez e durabilidade das ligações.

Para se proceder à avaliação do adesivo, diversos fatores devem ser considerados, como adesão, tempo de armazenamento, vida útil após a preparação, adesividade, tempo de cura ou velocidade de desenvolvimento de sua resistência e penetração. Assim, para que uma ligação seja durável, o adesivo utilizado e o material aderente devem ser compatíveis. Ao se ligar dois materiais, o composto resultante tem cinco elementos: aderente número 1, interface, adesivo, interface e aderente número 2. A resistência da ligação adesiva corresponderá à menor

resistência dos cinco elementos anteriormente mencionados (MANTILLA CARRASCO et al., 1995).

O uso de substâncias adesivas com a finalidade de unir elementos de madeira ou bambu promove a obtenção de peças com dimensões maiores do que as obtidas diretamente da árvore (ou do bambu). Segundo RIVERO (2003) uma boa ligação adesívica para a produção de BLC e MLC deve apresentar resistência a esforços estáticos e dinâmicos. Para que isto ocorra, a ligação é dependente das seguintes características:

- Estrutura anatômica e densidade do aderente. As densidades da madeira e do bambu dependem da proporção entre vazios e a madeira ou bambu propriamente ditos;
- Natureza da superfície a ser colada, rugosidade, textura, capacidade de absorção;
- Teor de umidade da madeira e do bambu. Controla o bom desempenho dos adesivos, necessitando ser acompanhado e controlado rigorosamente, conforme as características de cada adesivo;
- Variação dimensional e distribuição dos nós (no caso do bambu).

2.6.1. Adesivos Poliuretanos (PU)

Apresentam altas forças de coesão e de adesão; processabilidade; flexibilidade de formulação; habilidade de se transformar em emulsão aquosa; versatilidade na temperatura de cura e no controle do pico exotérmico na transição líquido-gel; excelentes propriedades estruturais decorrentes de ligações químicas de isolamentos com polióis; habilidade na combinação química com substratos e ausência de emissão de vapores irritantes (FERREIRA et al., 1988).

2.6.2. Adesivos à base de Resorcinol-formaldeído

São os recomendados para colagens resistentes à água, o adesivo à base de resina resorcinol-formaldeído "Cascofen- R-216-M" é pouco viscoso e apresenta uma resistência razoável na ausência de pressão em função de sua maior fluidez entre os poros do aderente.

2.6.3. Adesivos à base de Uréia-formaldeído

São indicados para colagem de madeiras em geral, o adesivo à base de uréia-formaldeído “Cascamite 5H”, é uma resina sintética aquosa. Utilizada na colagem de folhações, chapas duras e fabricação de compensados, não resistindo, no entanto, à umidade excessiva (FERREIRA et al., 1988).

2.7. Definição e classificação de pisos

Segundo SILVA e BITTENCOURT (2002), piso é uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve. Na escolha do piso, os fatores a serem considerados são a compatibilidade (o piso de um compartimento deve ser compatível com seu acabamento); a adequação (o pavimento deve ser apropriado ao ambiente) e a economia (leva-se em consideração o desgaste, a manutenção e a conservação do piso).

Os pisos podem ser classificados de acordo com suas propriedades físicas; em relação aos seus aspectos estéticos, juntas, e permeabilidade. AZEREDO (1990) classifica os pisos conforme o tipo de material empregado para sua confecção (Tabela 4).

Tabela 4 – Classificação de pisos (AZEREDO, 1990)

Pisos	Madeira	Soalho, Tacos e Parquete	
	Ladrilhos hidráulicos		
	Cerâmicos	Quadrados, Retangulares, Sextavados e Cacos.	
	Pedras	Naturais	Granitos, Arenitos e Mármore.
		Artificiais	Granite, Arenito e Concreto.
	Resinas		
	Vidros		
	Fibras		

Tacos - são peças de madeira retangulares, preferencialmente de encaixe macho e fêmeo, confeccionado com madeira de lei, geralmente ipê, pau-marfim, e sucupira. Os tamanhos mais usuais são 7 x 1,8 x 21 cm e 10 x 2 x 40 cm.

Parquetes - são placas ou taliscas de madeira de lei, ou seja, tacos de tamanho reduzidos e de formatos diversos, assentado em grupos colado em papel, à semelhança de pastilhas, compondo desenhos geométricos diversos, que são fixados em peças de 50 x 50 cm ou 25 x 25 cm, ou em dimensões especialmente produzidas. Essas peças são assentadas com cola, tendo a sua superfície já acabada, não necessitando uma raspagem grossa, como os tacos.

Piso Flutuante - recentemente, tem-se difundido a utilização dos parquetes cuja colocação é denominada flutuante. Nesta técnica, de origem escandinava, ligam-se as lâminas entre si, sistema macho e fêmea, colocando as ranhuras. Utilizam-se colas especiais, resistentes à umidade do tipo vinílicas. O parquete não é fixo no solo, e se mantém no lugar por seu conjunto e sua massa. Este modo de colocação é simples e não requer nenhuma preparação do suporte, que pode ser de concreto, chapa de cimento, painel de partículas, antigo piso, como velha cerâmica, emborrachado, carpete ou forração, bastando ser plano.

2.8. Histórico e importância do Desenho Industrial

De acordo com SPARKE (1987), o surgimento da atividade de Desenho Industrial tem origem na divisão de trabalho que culminou com a Revolução Industrial e separou as ações de criação e confecção de produtos do seu processo produtivo.

Segundo ROCHA (1996), é o conhecimento organizado e sistematicamente aplicado à produção de bens e serviços e aos seus processos, o domínio deste campo é fundamental para a realização de projetos viáveis dos pontos de vista econômico e produtivo. Diante disto, a atividade do Desenhista Industrial se apresenta como fator de peso para o desenvolvimento das indústrias, pois tanto a dimensão cultural quanto a tecnológica são tomadas como parâmetros de referência na hora de projetar, resultando em produtos de valor significativo tanto para fabricantes quanto para usuários.

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) considera a atividade do Desenho Industrial como uma das mais importantes para o desenvolvimento e competitividade das empresas no Brasil, para tanto, lançou em 1995, o Programa de Ação Induzida, que tem como objetivo lançar o estudo em Design para a formação de Doutores no Exterior e ampliar o campo da pesquisa brasileira nessa área, com impacto positivo em diversos setores na economia nacional.

A atividade do Desenho Industrial apresenta alto grau de interdisciplinaridade com quase todas as áreas de desenvolvimento tecnológico e industrial. O aspecto da aplicação prática de algumas novas matérias-primas descobertas por pesquisadores, por exemplo, é uma tarefa desenvolvida por “Designers” do mundo todo. A área médica, por exemplo, utiliza a atividade do “Designer” como ferramenta primordial no desenvolvimento de produtos biomédicos que com estudos de ergonomia, funcionalidade e praticidade, interagem perfeitamente com o usuário.

A Engenharia Agrícola busca, entre outros objetivos, a pesquisa por novos materiais que se apresentem viáveis de serem aplicados em meios rurais. É realizada uma série de ensaios de resistência com tais materiais chegando-se a resultados concretos de utilização dos mesmos para fins de construção. O Desenho Industrial apresenta conhecimentos e ferramentas para a utilização desses novos materiais na forma de produtos viáveis economicamente, passíveis de fabricação em série e, na maioria das vezes, ecologicamente corretos com funcionalidade e qualidade.

2.9. Piso laminado como produto industrial desenvolvido por projetistas

Os pisos laminados desenvolvidos por grandes empresas existentes no mercado brasileiro a exemplo da “Natur”, “Trevo Pisos” e “Eucatex” têm como fator diferencial, além da qualidade, o trabalho de um Desenhista Industrial para oferecer competitividade ao seu produto.

De acordo com a TREVO PISOS (2004), depois de realizados testes de resistência à luz solar, riscos e impactos, à manchas e à abrasão, estudos de umidade e de hipoalergenicidade da madeira, segue-se o trabalho do Desenhista

Industrial em utilizar um material confiável na elaboração de blocos de pisos laminados que apresentem um sistema produtivo simples e viável economicamente, perfeito encaixe, fácil limpeza, rapidez na instalação, maior aproveitamento durante a instalação (a fim de não haver desperdício de material) e por fim, possibilidades diversas no sentido de aplicação dos parquetes (Figura 10).

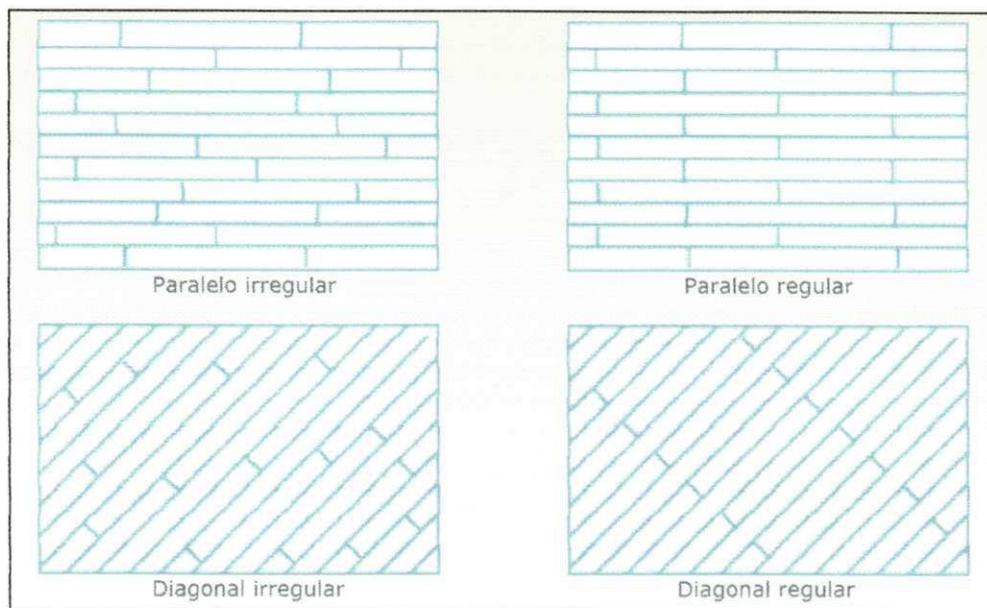


Figura 11 – Tipos de instalação de pisos (TREVO PISOS, 2005).

O trabalho do Desenhista Industrial não se resume à projeção da lâmina ou parquet do piso, mas também na previsão de um sistema produtivo acessível, na questão de elaboração da correta embalagem para acondicionar as peças para o transporte, elaboração de logomarca ou identidade visual para caracterizar o produto e torná-lo conhecido no mercado consumidor e, por fim, a elaboração de “displays” para exposição pública do produto de forma correta e agradável.

As empresas brasileiras que trabalham no ramo de produção de pisos laminados consideram o “Designer” como ferramenta essencial e indispensável para o sucesso de seu produto no mercado consumidor, para tanto, investem na contratação de profissionais da área para realizarem pesquisas sobre inovação tecnológica e aplicação de seus conhecimentos na forma de produtos altamente inovadores e de qualidade.

A metodologia projetual seguida por Desenhistas Industriais segundo SPARKE (1987), engloba:

- Coleta de dados sobre o produto a ser projetado;
- Análise das informações que servirão de base para a execução do projeto de produto;
- Anteprojeto, ou seja, fase em que são projetados os primeiros conceitos (desenhos técnicos) do produto;
- Projeto, ou seja, fase em que o produto é tecnicamente detalhado para ser fabricado em série por indústrias; e
- Elaboração de logomarcas e embalagem para acondicionamento do produto e futuro transporte.

2.10. Pesquisa sobre pisos tipo parquet no mercado brasileiro

São diversos os estilos de pisos de madeira existentes atualmente no mercado brasileiro, vários tipos de encaixe das tábuas ou parquetes e modalidades de aplicação. Os encaixes retos e abaulados dos parquetes existentes estão ilustrados nas Figuras 12A e 12B, respectivamente.

Os encaixes ilustrados foram observados no processo produtivo de piso das grandes empresas brasileiras especializadas. Geralmente os parquetes são formados por três lâminas de madeira coladas entre si, totalizando uma espessura de 12 mm, largura máxima de 50 mm e comprimento variando de 30 a 45 cm.

As madeiras utilizadas na fabricação dos parquetes são de jatobá, sucupira, ipê rosa e maçaranduba (TREVO PISOS, 2004).

As cores dos pisos geralmente respeitam as das madeiras que os originou, sendo tão somente aplicada uma camada de verniz opaco ou semi-brilho para fins de conservação e estética da madeira.

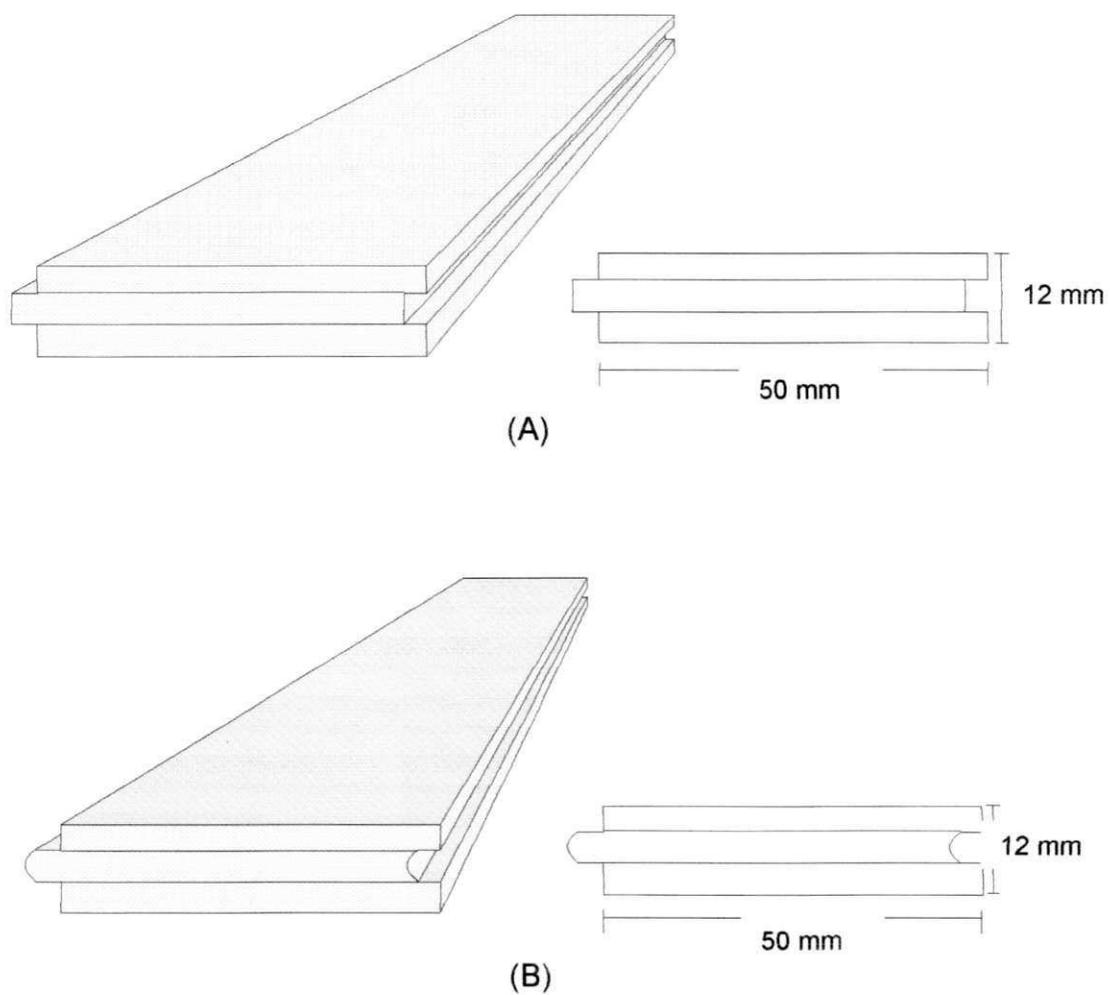
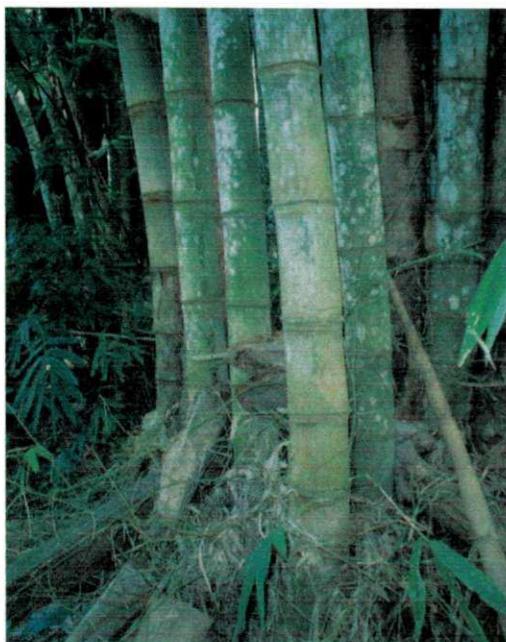


Figura 12 – Encaixe reto (A) e abaulado (B) (TREVO PISOS, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Espécie de bambu utilizada

Para a realização do trabalho, utilizou-se o bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, por apresentar boas propriedades físico-mecânicas e parede do colmo espessa. Estas características, segundo BERALDO e AZZINI (2004), são essenciais à fabricação do bambu laminado colado (BLC). Nas Figuras 13A e 13B observam-se os aspectos da touceira e dos colmos do bambu coletado.



(A)



(B)

Figura 13 – Touceira (A) e detalhe do colmo do bambu coletado (B).

Os exemplares coletados de *D. giganteus* apresentaram as seguintes características:

- Altura das hastes atingindo até 30m;
- Espessura da parede do colmo entre 1,0 a 2,5 cm;
- Diâmetro do colmo variando de 20 a 25 cm; e
- Comprimento dos internós de 40 a 50 cm.

3.2. Local de coleta das amostras de bambu

O material foi coletado em setembro de 2004, no Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), na cidade de Areia – PB, localizada a 6°52'52" de latitude sul, 35°47'41" de longitude oeste e a 590 metros de altitude. De acordo com BRASIL (1972), o clima é quente e úmido com pluviometria de 990 a 1500mm. Já o solo é classificado em argissolo e latossolo (vermelho e amarelo), com predominância de amarelo.

3.3. Retirada dos colmos

Os colmos (hastes) retirados apresentavam idade entre três e cinco anos. Para o abate dos mesmos, foram utilizadas ferramentas manuais (serra e facão). Procedeu-se o corte do bambu a pelo menos, 30 cm acima do solo e logo acima de um dos nós, como o indicado por SANTOS e LOPES (1998), para não permitir a entrada de água das chuvas, o que poderia causar a morte dos rizomas e assim, não emitir mais brotos.

Depois de abatidos, os bambus foram seccionados em colmos, com o uso de uma serra elétrica, e transportados para o galpão do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LACRA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande – PB. No LACRA, os colmos foram divididos ao meio, com o uso de ferramentas manuais, para facilitar a entrada da solução preservativa ou a remoção do amido contido na seiva, conforme o tratamento empregado (água ou químico). A Figura 14 ilustra o abate do bambu realizado com serra manual.



Figura 14 – Abate do bambu com serra manual.

3.4. Tratamentos preservativos das peças

Os tratamentos do bambu foram por imersão prolongada em água e em uma solução de “Osmose CCB” (produto a base de Borato de Cobre Cromatado (CCB), indicado para o tratamento de madeira verde). Cada seção do colmo foi posta em um tratamento diferente.

O tempo decorrido entre o abate do bambu e sua disposição nos tratamentos foi de, aproximadamente 24 horas, estando os colmos úmidos, fator essencial para os tratamentos empregados.

3.4.1. Tratamento em água

Para o tratamento em água foi utilizado um recipiente com capacidade de 500 litros, preenchido com 200 litros de água, e as peças permaneceram no tratamento, durante 15 dias.

Para prevenir o ataque de bactérias e a fermentação do material, a água de tratamento foi renovada a cada dois dias. Mesmo assim, em função do bambu ser rico em amido, ocorreu fermentação, o que resultou em odor desagradável. Em função disto, recomenda-se que a água de tratamento seja renovada diariamente.

3.4.2. Tratamento químico

O tratamento químico foi realizado conforme o recomendado por AZZINI e BERARDO (2001), e consistiu em submergir as secções de bambu em uma solução de 1% de ingredientes ativos de CCB.

Para o tratamento, foram preparados 200 litros de solução em um recipiente de 500 litros de capacidade. As peças permaneceram no tratamento durante 15 dias. Neste caso, em função da presença do CCB, não foi observada a fermentação do material.

Decorrido o tempo de tratamento, as peças foram retiradas do recipiente e o excesso de produto químico, aderido às superfícies das mesmas, foi lavado em água corrente.

3.5. Secagem das taliscas

Após os tratamentos preservativos utilizados, as peças foram empilhadas em local sombreado e ventilado por oito dias, para uma secagem prévia.

Depois da pré-secagem, as peças foram divididas ao meio e identificadas, conforme tratamento preservativo aplicados (1 – CCB e 2 – Água) e conduzidas a uma estufa de circulação de ar, mantida a 70 ± 2 °C, onde permaneceram durante 72 horas.

Já secas, as taliscas selecionadas para serem usinadas, foram climatizadas, durante um mês, a fim de estabilizar a umidade das mesmas para as condições climáticas de Campina Grande – PB. A seleção das taliscas deu-se em função de sua espessura e ausência de defeitos desenvolvidos durante a secagem.

3.6. Usinagem das taliscas selecionadas

Para a usinagem das taliscas foram utilizados maquinários comumente existentes em marcenarias que trabalham com madeiras diversas. A Figura 15 ilustra a área de aproveitamento das taliscas do bambu.

É necessário frisar que a fase de aplainamento das taliscas foi crítico, pois o bambu por ser bastante fibroso e apresentar sílica, provoca o rápido desgaste das partes cortantes dos equipamentos utilizados na usinagem.

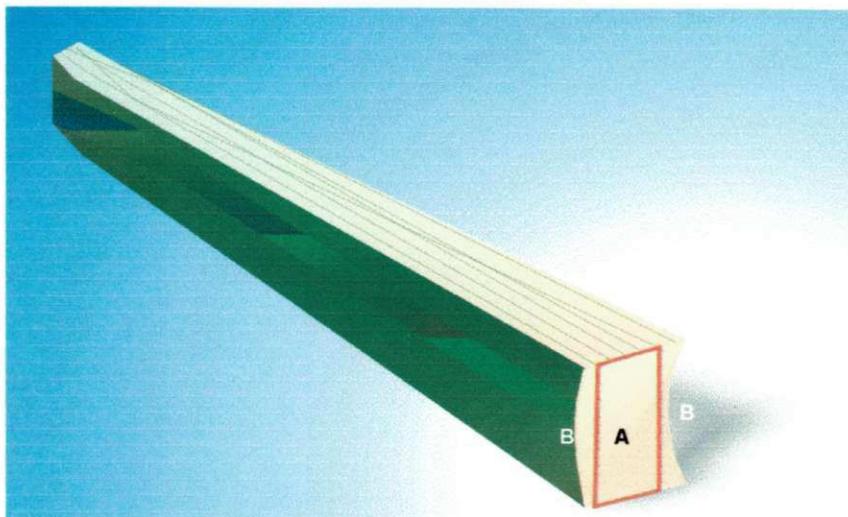


Figura 15 – Área de aproveitamento (A) e partes eliminadas do bambu (B).

Para realizar a usinagem, as taliscas foram passadas em uma plaina (Figura 16), a fim de remover as camadas externa e interna. Este processo é necessário, pois o bambu apresenta superfícies (externa e interna) impermeáveis que comprometem a penetração das resinas empregadas na colagem das lâminas.



Figura 16 – Detalhe do aplainamento da talisca de bambu.

Após a remoção das camadas interna e externa, a espessura das taliscas foi uniformizada com o uso de uma serra circular de bancada, munida de disco de 20 cm de diâmetro, contendo 36 dentes de metal duro (Widea) (Figura 17).



Figura 17 – Serra circular de bancada e detalhe da talisca usinada.

De acordo com este processo de usinagem, foram obtidas lâminas de bambu com espessuras de 4 mm, largura de 5 cm e comprimento de 45 cm (Figura 18).



Figura 18 – Lâminas de bambu obtidas com o processo de usinagem.

3.7. Adesivos utilizados na confecção do bambu laminado colado

Na confecção do bambu laminado colado (BLC), foram utilizados os adesivos “Cascofen RS-216-M”, com adição do catalisador “FM-60-M” e “Cascorez - Extra”, ambos produzidos pela Borden Química S.A., que, de acordo com as informações, são empregados para colagem de laminados de madeira, sendo prensados a frio. Tais adesivos foram adquiridos no mercado da Cidade de Recife – PE.

3.7.1. “Cascofen RS-216-M”

É uma resina sintética à base de Resorcinol-formaldeído, que produz juntas resistentes à imersão em água fria ou quente, sendo utilizada nas indústrias naval e de madeira laminada colada (MLC) (Figura 19).

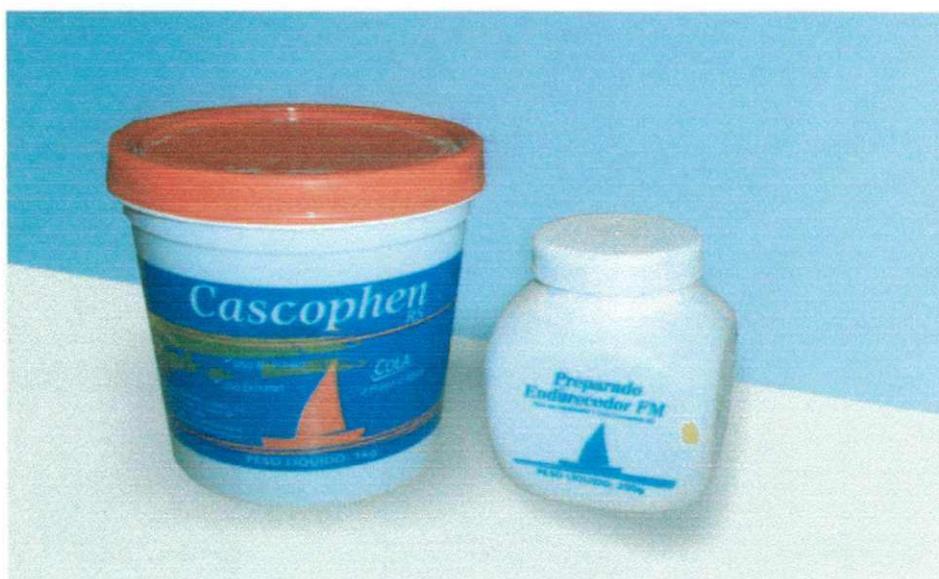


Figura 19 – Adesivo “Cascofen RS-216-M”, e catalisador “FM-60-M”.

As características do “Cascofen”, de acordo com o fabricante, são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Características do adesivo “Cascofen RS-216-M”

Características do adesivo “Cascofen”	
Aspecto do produto	Líquido de cor escura (vermelha)
Viscosidade (Brookfiel, 2/20/25 °C)	530 - 650 cP
Teor de sólidos (1g/3h/105 °C)	53-58 %
“Gel time” a 21 °C (Adesivo + catalisador)	3,5 - 6,0 horas
pH (25 °C)	6,9 - 7,5

Segundo as informações contidas na embalagem, para cada 100 partes de “Cascofen” foram adicionadas 20 partes do catalisador e a mistura homogeneizada. Na colagem das lâminas foram utilizados 5 gramas de adesivo/cm² de lâmina, em linha simples (apenas em uma das partes a serem unidas).

3.7.2. “Cascorez – Extra”

É um adesivo vinílico, produzido à base de Acetato de Polivinílico (PVA) disperso em água, de cor branca, odor característico e média viscosidade, que após seco apresenta uma película transparente, plastificada, de alta resistência ao descolamento. O adesivo “Cascorez – Extra” vem pronto para o uso, não devendo ser diluído no momento da aplicação (Figura 20).

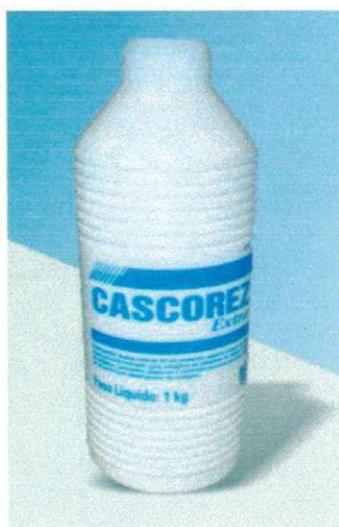


Figura 20 – Adesivo “Cascorez – Extra”.

Para o adesivo “Cascorez – Extra”, também foi dotada a dosagem de 5 gramas de adesivo/cm² de lâmina. No entanto, para este caso, o fabricante recomenda que o adesivo seja aplicado em linha dupla (em ambas as partes a serem unidas).

3.8. Aplicação do adesivo e montagem do bambu laminado colado (BLC)

Os adesivos foram aplicados conforme as informações do fabricante, ao utilizar um pincel, e as lâminas foram unidas como ilustrado nas Figuras 21 A e 21 B.

A montagem dos blocos foi executada de modo a não permitir que ficassem justapostas camada externa com camada externa ou camada interna com camada interna do bambu, pois isso poderia provocar ruptura em região de menor resistência (camada interna com camada interna).



(A)



(B)

Figura 21 – Aplicação de adesivo (A) e montagem do BLC (B).

Para a montagem do BLC foram utilizadas seis lâminas de bambu, que depois de unidas, obtiveram-se blocos com 5 cm de largura, 2 cm de espessura e de 40 cm de comprimento. Os blocos foram identificados conforme adesivo utilizado (1 – PVA e 2 – Resorcinol-formaldeído) e prensados.

3.9. Prensagem dos blocos, confecção e acabamento dos corpos-de-prova

Para promover a cura dos adesivos à pressão indicada para colagem, os blocos foram postos em uma prensa hidráulica ("Somar") com capacidade para 30 toneladas, e aplicou-se uma carga de 5 toneladas, o que correspondeu a uma pressão de $55,56 \text{ kgf/cm}^2$ (5,56 MPa). Os blocos permaneceram sob pressão por um período de três horas, conforme recomendado por RIVERO (2003), (Figura 22).



Figura 22 – Prensagem dos blocos de bambu.

Decorrido o tempo de prensagem, os blocos foram retirados da prensa, climatizados por 24 horas no LACRA e encaminhados para a confecção dos corpos-

de-prova necessários à caracterização físico-mecânica do bambu laminado colado (BLC).

A confecção e o acabamento dos corpos-de-prova foram realizados no Laboratório de Madeiras do Departamento de Desenho Industrial da UFCG, em Campina Grande - PB. Para tanto, foram empregados maquinários desenvolvidos para madeira, como; serra circular, serra de fita e lixadeira de bancada (Figura 23).

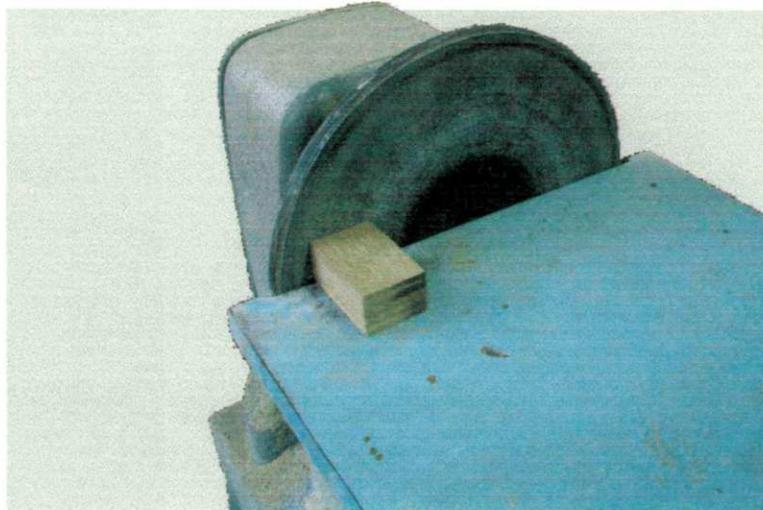


Figura 23 – Acabamento de corpos-de-prova na lixadeira.

Para a confecção dos corpos-de-prova foram seguidas as recomendações da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 623 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1985) e da NBR 7190 (ABNT, 1997).

Os corpos-de-prova tiveram suas dimensões ajustadas conforme as particularidades do material (BLC) e dos ensaios físico-mecânicos a serem realizados.

3.10. Ensaios físico-mecânicos realizados

Antes da realização dos ensaios físico-mecânicos os corpos-de-prova foram identificados, segundo os tratamentos preservativos do bambu (1 - CCB; 2 - Água), adesivos empregados na colagem dos blocos (1 – PVA; 2 – Resorcinol-formol) e repetições (1 – 3), totalizando 12 amostras para cada ensaio.

Os ensaios de resistência e rigidez do BLC foram conduzidos no Laboratório de Solos I, Departamento de Engenharia Civil da UFCG, em Campina Grande – PB, sendo utilizada uma máquina da marca “Losenhausen”. Nos ensaios foi adotada uma velocidade de deslocamento do cabeçote de 100 kgf/min (≈ 10 mm/min), conforme recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997).

3.10.1. Estabilidade dimensional do BLC

Para este ensaio foram empregados corpos-de-prova com dimensões nominais de 2 x 3 x 5 cm (maior dimensão na direção das fibras do bambu). Para a execução das medidas, foram demarcadas, a 1,0 cm das extremidades das amostras, duas linhas paralelas nas faces radial e tangencial, e sobre tais demarcações foram executadas as medições. Este mesmo procedimento foi adotado para as medições na direção longitudinal dos corpos-de-prova.

Depois da demarcação e identificação das amostras, executaram-se as medições, com o emprego de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. Os corpos-de-prova foram pesados em uma balança com precisão de 0,01 g, secos em estufa, regulada para 103 ± 2 °C, durante 72 horas e, depois de esfriados em um dessecador, contendo sílica, foram novamente medidos, pesados e postos para saturação em água.

A variação dimensional do BLC foi determinada, por meio de medições executadas após 24, 48 e 72 horas de imersão dos corpos-de-prova em água, a qual foi substituída a cada 24 horas. Estes procedimentos foram realizados nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos Florestais, Departamento de Engenharia Florestal da UFCG, em Patos - PB.

Para a realização do ensaio, foram seguidos os procedimentos descritos na NBR 7190 (ABNT, 1997). De acordo com esta Norma, o inchamento é obtido pela diferença entre as dimensões da amostra saturada e seca, dividida pela dimensão da amostra seca, expresso em porcentagem.

As direções radial e tangencial do BLC corresponderam, respectivamente, às direções normal e paralela à linha de cola. A variação volumétrica foi obtida pela multiplicação dos valores das três direções analisadas.

3.10.2. Densidade aparente e básica do BLC

Para a determinação da densidade aparente (razão entre a massa e o volume da amostra, ambos medidos a 12% de umidade, expressa em g/cm^3), e da densidade básica (razão entre a massa seca (0% de umidade) e o volume saturado da amostra (obtido após 72 horas de imersão em água), expressa em g/cm^3) foram utilizados os mesmos corpos-de-prova empregados para a determinação da estabilidade dimensional. Para a realização do ensaio, foram seguidos os procedimentos descritos na NBR 7190 (ABNT, 1997).

3.10.3. Teor de umidade das amostras

Em função do efeito da umidade na colagem das lâminas e nas características mecânicas do BLC, a mesma foi determinada ao empregar os mesmos corpos-de-prova submetidos a cada ensaio.

Assim, depois de ensaiados, os corpos-de-prova foram pesados, em balança de 0,01 g de precisão, secos em estufa à temperatura de 103 ± 2 °C, durante 72 horas, resfriados em dessecador e novamente pesados.

O teor de umidade foi obtido pela diferença entre as massas da amostra úmida (primeira pesagem) e seca, dividida pela massa da amostra seca, expresso em porcentagem. Para a realização do ensaio, foram seguidos os procedimentos descritos na NBR 7190 (ABNT, 1997).

3.10.4. Ensaio de flexão estática

Para este ensaio foram seguidos os procedimentos da NBR 623 (ABNT, 1985), a fim de determinar a resistência e rigidez à flexão do BLC. A rigidez do BLC à flexão é caracterizada pelo módulo de elasticidade (MOE), que expressa os valores do trecho linear do gráfico da tensão x deflexão. Para estes testes foram empregados corpos-de-prova com dimensões de 2 x 2 x 30 cm (maior dimensão na direção das fibras do bambu) (Figura 24).

Os corpos-de-prova foram ensaiados com um vão de 25 cm entre os apoios e, para permitir a determinação do MOE, um extensômetro foi adaptado à máquina (Figura 25). As deflexões sofridas pelos corpos-de-prova foram medidas por meio de

relógios comparadores, com sensibilidade de milésimos de milímetros, sendo anotadas a cada 20 kgf de carga aplicada.

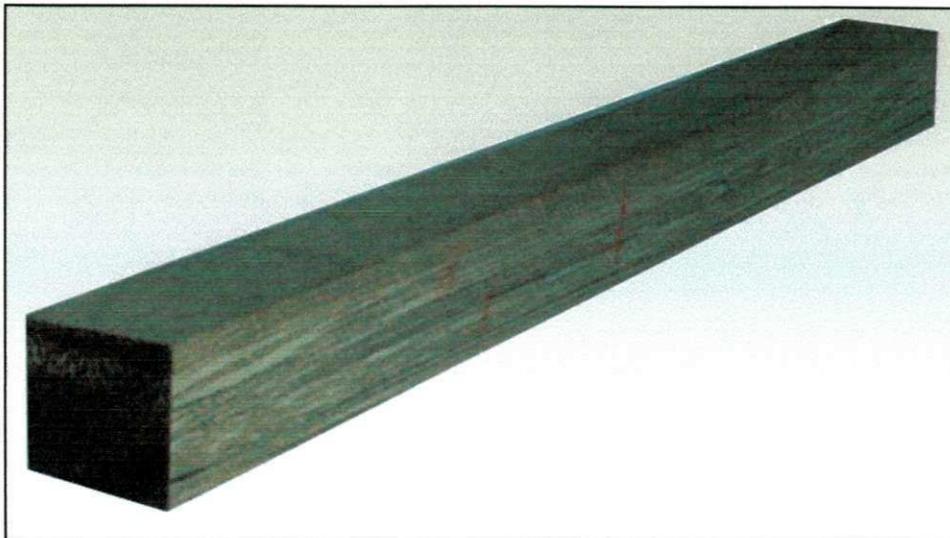


Figura 24 – Corpo-de-prova utilizado para o ensaio de flexão estática.

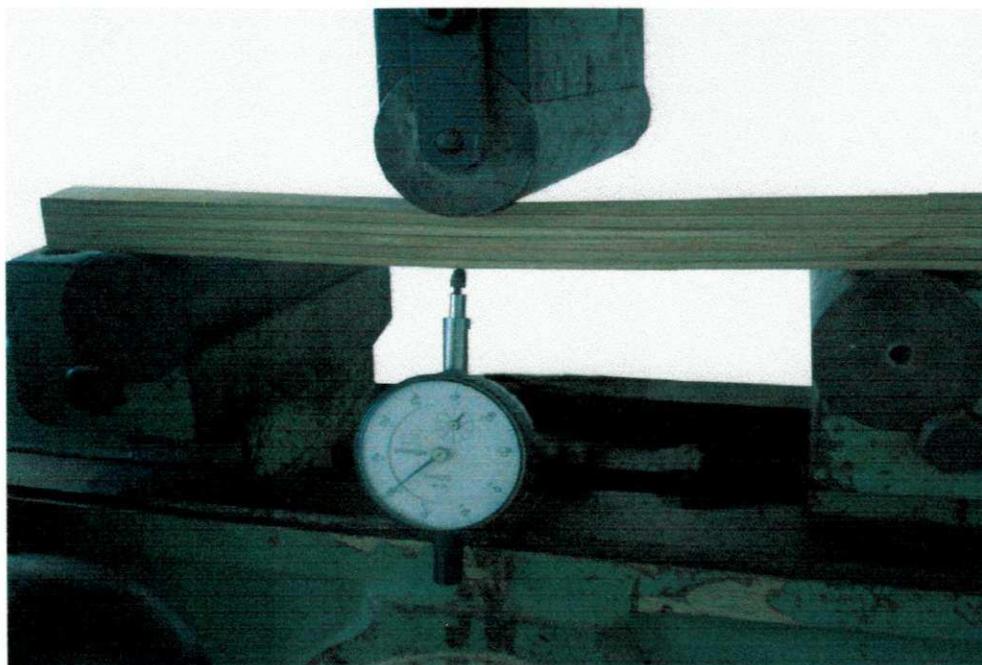


Figura 25 – Relógio comparador adaptado à máquina de ensaio.

3.10.5. Ensaio de compressão

3.10.5.1. Compressão paralela às fibras

Para o ensaio de compressão paralela foram utilizados corpos-de-prova com dimensões de 2 x 3 x 5 cm (maior dimensão na direção das fibras) (Figura 26).

Em função de algumas dificuldades encontradas no momento do ensaio (primeiro ensaio a ser realizado), infelizmente não se conseguiu acoplar um extensômetro à máquina de ensaio para a determinação do MOE na compressão paralela. Desta forma, foram determinados apenas os valores de tensão de ruptura (módulo de ruptura – MOR) (Figura 27).

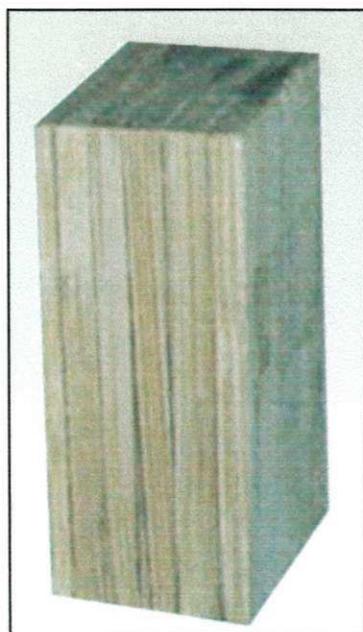


Figura 26 – Corpo-de-prova utilizado para o ensaio de compressão paralela.

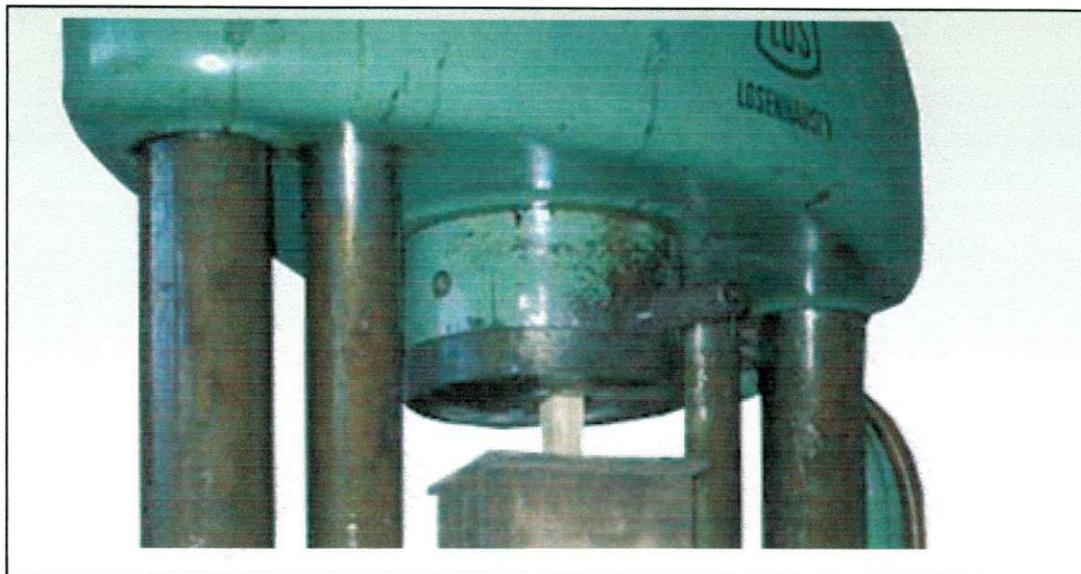


Figura 27 – Ensaio de compressão paralela às fibras.

3.10.5.2. Ensaio de compressão normal às fibras

As dimensões dos corpos-de-prova utilizados para este ensaio foram de 2 x 3 x 5 cm (maior dimensão na direção das fibras) (Figura 28).

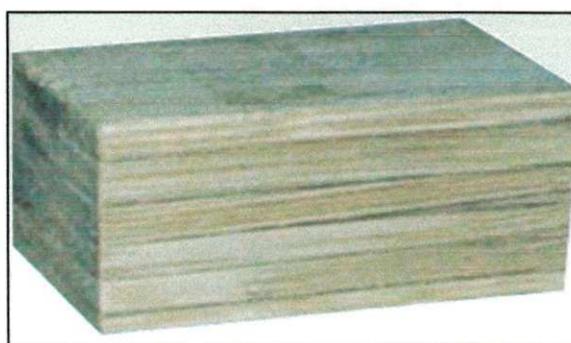


Figura 28 – Corpo-de-prova utilizado para o ensaio de compressão normal.

Como adotado no ensaio de flexão estática, as deformações foram medidas por meio de relógios comparadores (Figura 29). Neste caso, a carga foi aplicada até causar uma deformação permanente no corpo-de-prova de 10% de sua espessura.

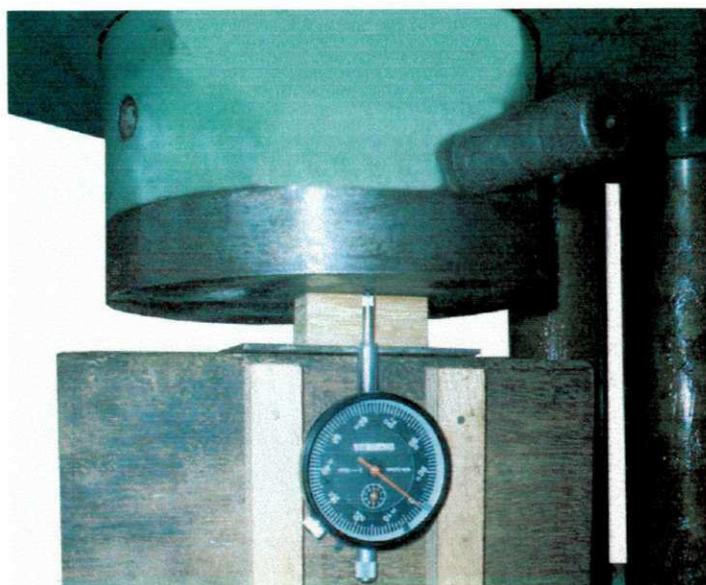


Figura 29 – Ensaio de compressão normal às fibras.

3.10.6. Ensaio de cisalhamento na lâmina de cola

Para este ensaio foram utilizados corpos-de-prova com dimensões nominais de 3 x 2 x 6 cm (maior dimensão na direção das fibras), com área nominal dupla de cisalhamento de 2 x 4 cm.

A confecção dos corpos-de-prova foi realizada conforme a metodologia descrita por MANTILLA CARRASCO et al. (1995), ao unirem três amostras de 1 x 2 x 5 cm (Figura 30).

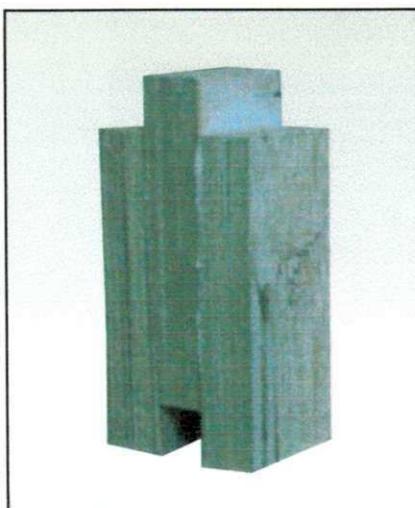


Figura 30 – Corpo-de-prova utilizado no ensaio de cisalhamento.

A determinação da resistência ao cisalhamento na direção paralela às fibras (Figura 31) é importante em ligações adesivas, já que a transmissão de carga nessas ligações ocorre por esse tipo de esforço.

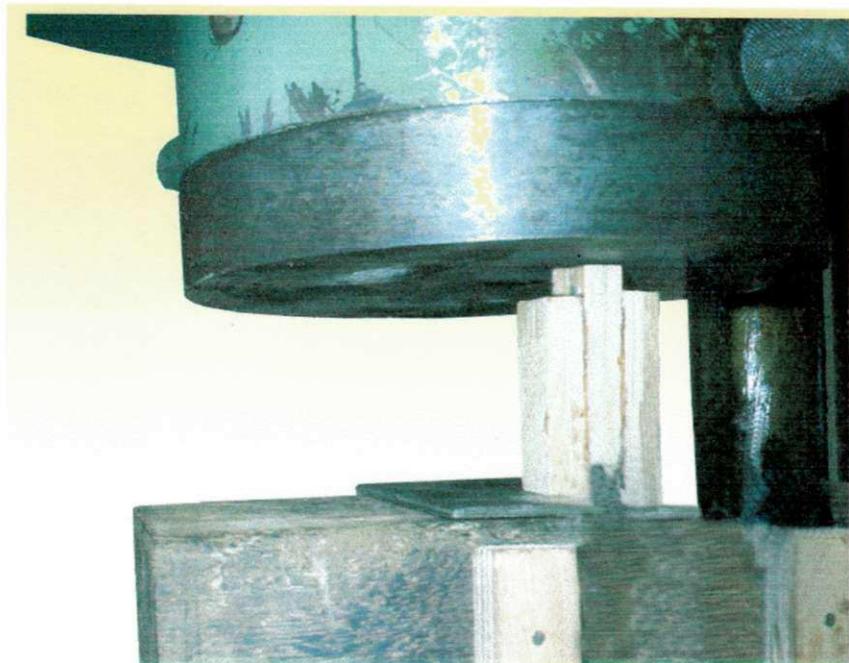


Figura 31 – Ensaio de cisalhamento na lâmina de cola.

3.10.7. Ensaio de resistência à abrasão

O ensaio resistência à abrasão foi executado conforme as recomendações do “Deustches Institut fur Normung” Norma DIN 53 516 (1987), e consiste em determinar a resistência do material ao desgaste, em um abrasímetro, para um percurso estimado de 40 m. Ou seja, este ensaio simula o arraste de um determinado objeto sobre um piso acabado.

O teste de abrasão foi realizado no Laboratório do Centro Tecnológico do Couro e Calçado “Albano Franco” – SENAI - PB, em Campina Grande – PB, com o emprego de um abrasímetro, da marca Firc, ao utilizar uma lixa (grânulos de areia), número 180, com índice de ataque de 219,73 mg (Figura 32).

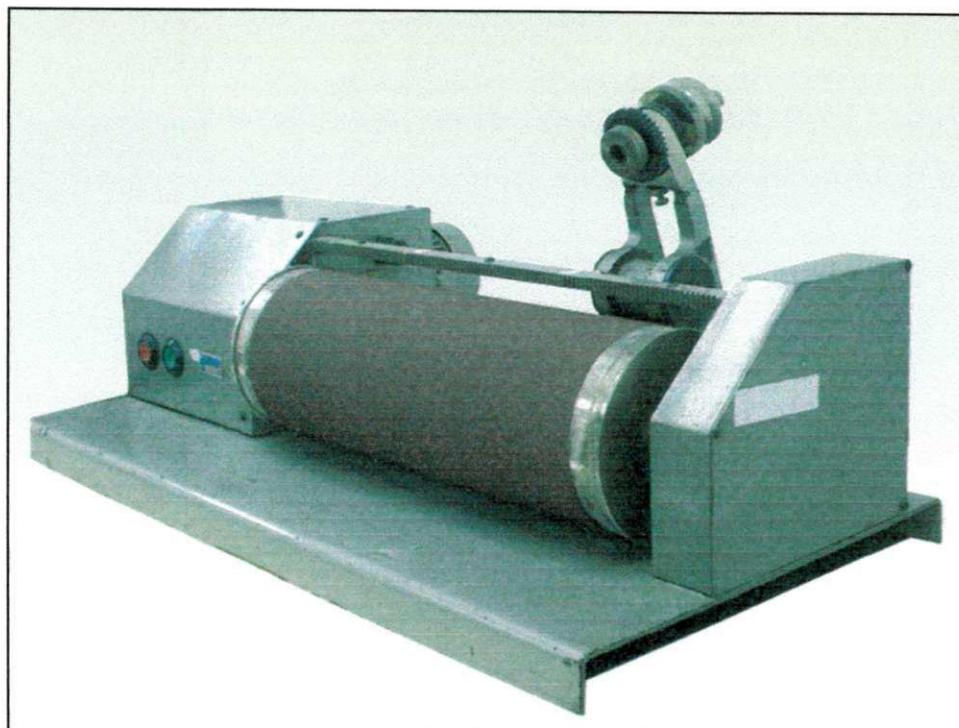


Figura 32 – Abrasímetro utilizado.

Para o ensaio, o bambu (*Dendrocalamus giganteus*) foi comparado às madeiras de sucupira (*Bowdichia nitida*), de jatobá (*Hymenaea courbaril*) e de ipê (*Tabebuia* sp.). Estas madeiras foram utilizadas por serem as mais indicadas para a confecção de pisos laminados. Neste ensaio, empregaram-se cinco repetições para cada material a ser ensaiado.

Para a confecção dos corpos-de-prova, os materiais foram cortados em blocos de 2 x 2 cm, e posteriormente lixados até atingirem a forma cilíndrica, com diâmetro de $16 \pm 0,2$ mm e altura de, no mínimo, 6 mm. Estas dimensões são as compatíveis com o abrasímetro utilizado.

As amostras de bambu destinadas ao ensaio de resistência à abrasão foram confeccionadas a partir de lâminas provenientes de bambu tratado com água. Como a espessura das lâminas de bambu era de 4 mm, os corpos-de-prova foram formados pela junção de duas lâminas, que foram aderidas com o adesivo à base de PVA. (Figura 33).

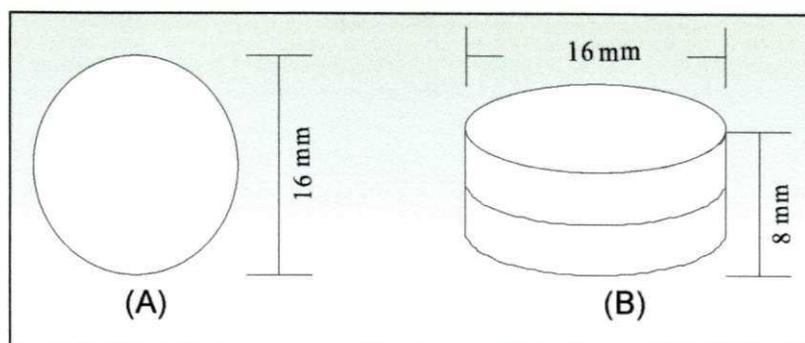


Figura 33 – Ilustração da confecção do corpo-de-prova de bambu utilizado no ensaio de resistência à abrasão.

A resistência foi calculada em função da perda de massa sofrida pelo material para um percurso de 20 a 40 metros, percursos mínimo e máximo respectivamente (Figura 34).

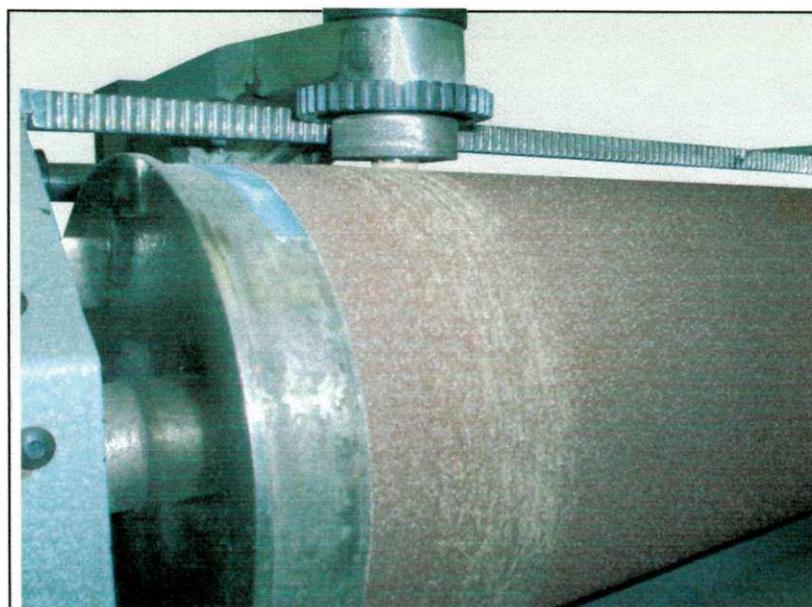


Figura 34 – Ensaio de resistência à abrasão.

O índice de ataque da lixa deve ser avaliado, com base no valor médio dos índices de ataque antes e após o ensaio. Depois disto, a densidade dos corpos-de-prova deve ser determinada, conforme recomendações da Norma ABNT – NBR 6230 (1985). De posse dos valores de densidade (Equação 1), realizam-se os cálculos da resistência à abrasão.

$$D = \frac{a}{(a - b + w) * d} \quad (1)$$

em que:

D = Densidade do material (g/cm³);

a = Massa inicial do corpo-de-prova (g);

b = Empuxo (g);

w = Massa da haste (g);

d = Constante = 0,99757 (ambiente com 23 °C).

Para cálculo da abrasão em mm³, a perda de massa é convertida para perda de volume, obtido da densidade do material; a perda de volume obtida é corrigida pela diferença entre índice de ataque da lixa teste e o índice de ataque teórico, com o emprego da Equação 2.

$$A = \frac{\Delta m * S_o}{\sigma * S} \quad (2)$$

em que:

A = Abrasão (mm³);

Δm = Perda de massa (mg);

σ = Densidade do material (g/cm³);

S_o = Índice de ataque teórico (mg); e

S = Índice de ataque real (mg).

Neste ensaio, o valor do índice de ataque real foi 219,73 mg, correspondente a abrasividade da lixa.

3.11. Projeto e identidade visual do piso de bambu laminado colado

Após a caracterização físico-mecânica do BLC, projetou-se um piso de bambu, para a observação das condições de encaixe e aplicação do produto em superfícies planas.

Antes da realização do projeto, foram observados os diversos estilos de pisos de madeira existentes no mercado brasileiro, os vários tipos de encaixe das tábuas ou parquetes, as modalidades de aplicação e os problemas apresentados na aplicação e uso de cada um deles. Depois de observadas as situações citadas, projetou-se um piso laminado (parquete) que apresenta facilidade de montagem, pouco desperdício de matéria-prima e de fabricação e manutenção simples.

Depois do piso projetado, elaborou-se uma logomarca que identifique o produto. Isto foi executado a fim de demonstrar a atividade do Desenhista Industrial (“Designer”) no processo produtivo e na distribuição de um dado produto no mercado. Pois, no caso do piso de BLC projetado vir a ser artigo de consumo é necessário sua identificação visual.

3.12. Análise dos resultados

Na interpretação dos resultados, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado (com arranjo fatorial) para comparar a resistência do BLC nos ensaios de estabilidade dimensional, flexão estática, compressão e cisalhamento na lâmina de cola. Para estes ensaios, foram testados os seguintes fatores: tratamento preservativo, com 2 níveis (CCB e água); adesivos, com 2 níveis (PVA e resorcinol) e 3 repetições para cada situação, totalizando 12 corpos-de-prova para cada ensaio, e (sem arranjo fatorial) para comparar a resistência à abrasão. Neste ensaio, o BLC confeccionado com as taliscas tratadas em água e aderidas com PVA foi comparado a três madeiras tradicionalmente utilizadas para pisos, ao ensaiar 5 amostras (repetições) para cada material.

Para possibilitar a análise estatística, os dados do ensaio de estabilidade dimensional foram transformados em \arcsen [raiz (variação dimensional/100)]. Esta transformação, sugerida por STEEL e TORRIE (1980), foi necessária para permitir a homogeneidade das variâncias.

Os resultados obtidos foram analisados ao empregar o Sistema de Análises Estatísticas e Genética (SAEG) desenvolvido pelo Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal de Viçosa.

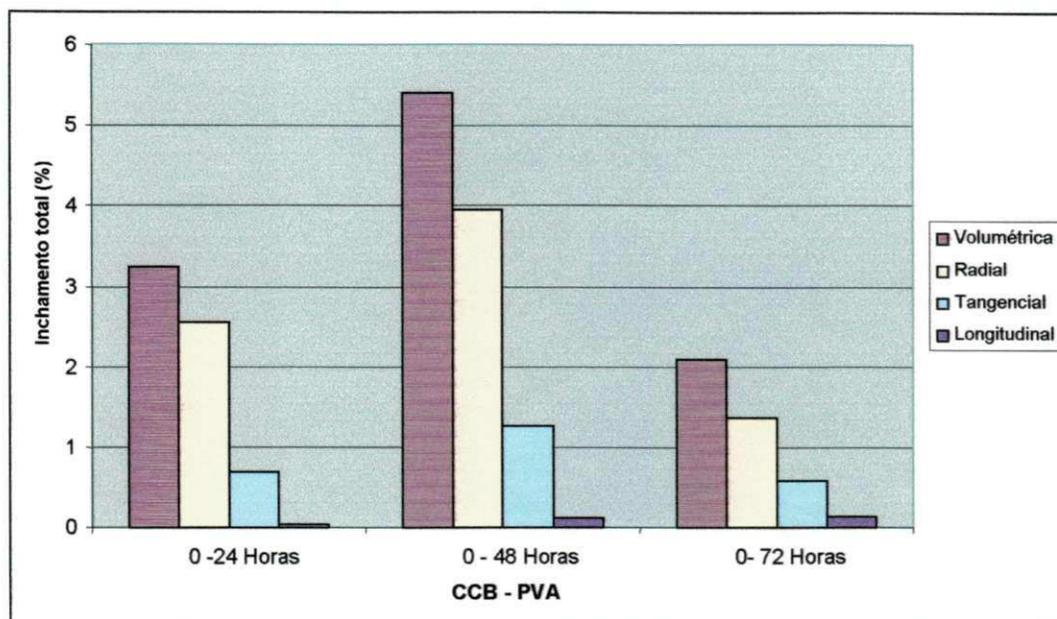
Na análise e avaliação dos ensaios foi empregado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para os fatores e interação detectados como significativos pelo teste de F.

Os valores de densidade aparente e básica e de teor de umidade dos materiais testados foram analisados em função da média aritmética. Para o encaixe e aparência do revestimento projetado foi empregada a análise visual (subjativa).

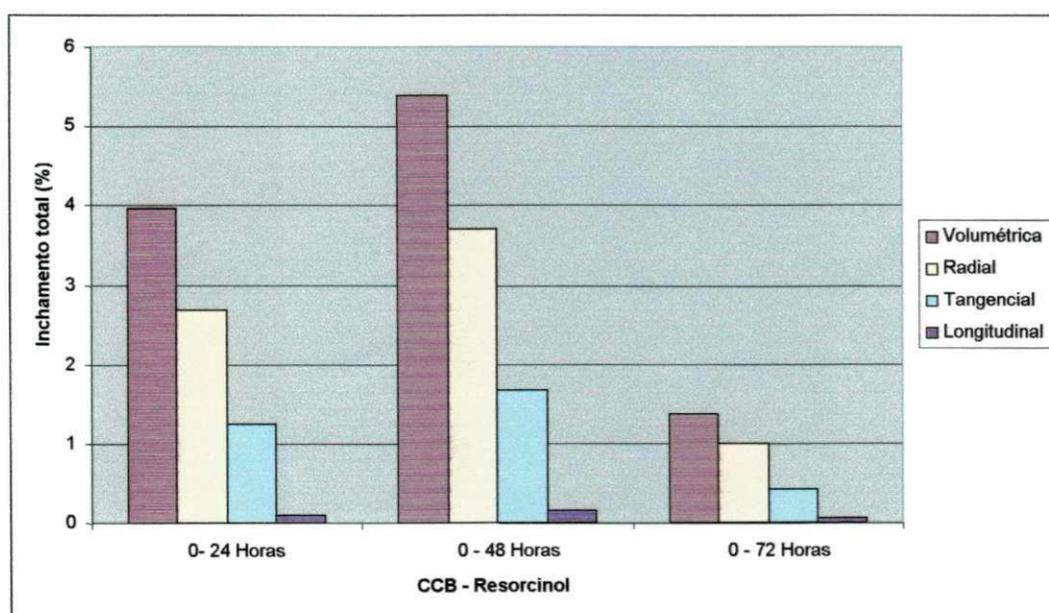
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variações dimensionais do BLC

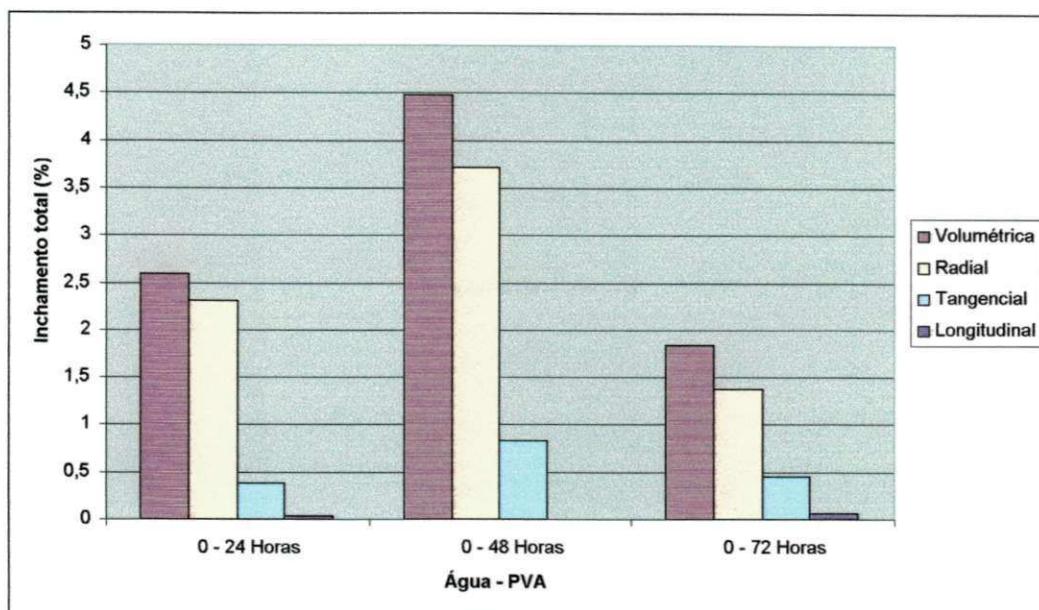
Os valores médios das variações volumétrica, radial, tangencial e longitudinal obtidos para os adesivos utilizados na colagem das lâminas de bambu e tratamentos preservativos testados, em função do tempo de imersão do bambu laminado colado (BLC) em água, são apresentados nas Figuras 35A, 35B, 35C e 35D.



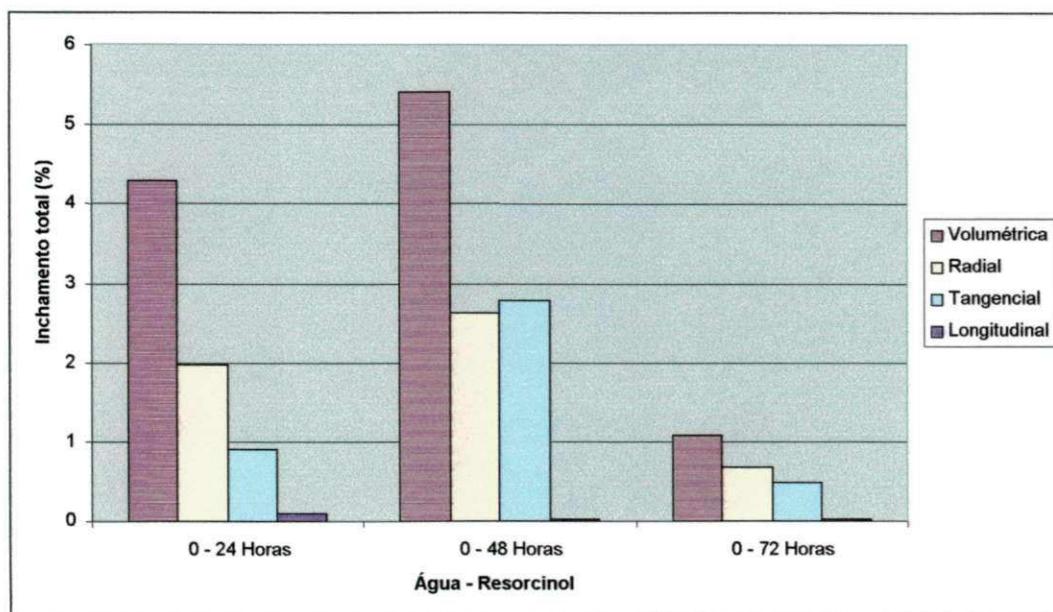
(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 35 – Inchamento total (%) do BLC, conforme tratamentos aplicados.

A variação dimensional, segundo o eixo longitudinal, é desprezível, da ordem de 0,5%, situação encontrada também por FREIRE e BERALDO (2003). Já as variações volumétrica, radial e tangencial apresentaram valores mais significativos, sendo a volumétrica o maior valor dentre os encontrados. A variação dimensional do BLC na direção radial (da ordem de 5%) foi superior à obtida na

direção tangencial (da ordem de 3%), sendo contrário em relação ao que, normalmente ocorre em madeiras, em que a variação na direção tangencial é superior à radial. Esta situação, também foi encontrada por RIVERO (2003).

Os dados do inchamento máximo (ocorrido após 72 horas de imersão) que geraram as Figuras 35A, 35B, 35C e 35D, foram analisados estatisticamente, a fim de se detectar que situação (tratamentos e adesivos testados) apresentou melhor estabilidade dimensional ao BLC.

As análises de variância realizadas para os valores de inchamento radial, tangencial e volumétrico são apresentadas nas Tabelas 1A, 2A e 3A (Inchamentos radial, tangencial e volumétrico, respectivamente), Anexo A. As análises revelaram a não existência de diferenças significativas (teste de F) entre as situações testadas, para as variações nas direções radial e tangencial (Tabelas 1A e 2A). No entanto, a variação volumétrica apresentou diferença significativa entre os tratamentos testados (imersão prolongada em água ou na solução de CCB). Estes efeitos foram analisados pelo teste de médias.

O teste de médias (Teste de Tukey) utilizado (Tabela 6) indicou que os corpos-de-prova confeccionados com o bambu tratado em água foram menos estáveis que os submetidos ao tratamento com CCB. Isto pode ter ocorrido em função dos sais, que compõem o CCB, terem ocupado sítios na matriz celulose-hemiceluloses-lignina, impedindo, assim, o acesso às moléculas de água, dando maior estabilidade ao BLC.

A maior variação nos corpos-de-prova foi observada nas primeiras 24 horas, tendendo o inchamento a se estabilizar após 72 horas.

Tabela 6 – Comparações entre médias, em porcentagem, pelo teste de Tukey, para a variação volumétrica total (0 a 72 horas)

Tratamentos	Médias Transformadas	Médias Verdadeiras (%)
2 - Água	0,47	20,76 a
1 - CCB	0,45	18,88 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Apesar da não existência de diferenças significativas entre os efeitos dos adesivos testados, observou-se o relaxamento e o descolamento das lâminas do BLC unidas com o adesivo polivinílico (PVA), após 48 horas de imersão dos corpos-de-prova. Isto inviabiliza o uso do mesmo para pisos, principalmente para aqueles sujeitos a umedecimentos.

Os valores das variações longitudinais, em função de sua pequena magnitude, o que pode gerar erros durante a tomada das medidas, fato também relatado por RIVERO (2003), não foram analisados estatisticamente.

Na Tabela 7 são apresentados os valores proporcionais das variações ocorridas nos corpos-de-prova em relação à variação total. Observam-se, nessa tabela, que as variações ocorridas nas primeiras 24 horas de imersão foram superiores às das demais períodos de tempo, tendo atingido valores da ordem de 67,13 a 77,40% (radial); 68,20 a 82,20% (tangencial); e 67,20 a 73,97% (volumétrica). Resultados semelhantes foram observados por RIVERO (2003).

Tabela 7 - Valores médios, em porcentagem, das variações tangencial, radial e volumétrica do BLC, para cada situação, em função do tempo de imersão em água

Tratamentos	Adesivos	Período (Horas)	Radial (%)	Tangencial (%)	Volumétrica (%)
1 - CCB	1 - PVA	0 - 24	67,13	74,95	68,19
		24 - 48	19,46	13,19	16,88
		48 - 72	10,50	10,90	10,94
	2 - Resorcinol	0 - 24	67,27	68,20	67,20
		24 - 48	22,01	22,79	21,50
		48 - 72	8,10	7,72	7,40
2 - Água	1 - PVA	0 - 24	73,05	82,80	73,97
		24 - 48	15,08	7,60	12,14
		48 - 72	8,98	8,80	8,62
	2 - Resorcinol	0 - 24	77,40	76,03	69,04
		24 - 48	15,43	15,00	21,77
		48 - 72	5,22	7,88	5,40

4.2. Densidades do bambu Laminado colado

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios das densidades aparente e básica do BLC, para as situações testadas.

A densidade aparente (determinada a $\approx 12\%$ de umidade) variou de 0,68 a 0,76 g/cm³. Estes valores estão próximos aos encontrados por RIVERO (2003), que situou na faixa de 0,58 a 0,79 g/cm³ e GONÇALVES et al. (2002), da ordem de 0,57 a 0,75 g/cm³. Porém, foram inferiores aos obtidos por GHAVAMI (1992) para o colmo de *D. giganteus*, que foi de 0,80 g/cm³ e para as taliscas usinadas por RIVERO (2003) da ordem de 0,88 g/cm³.

A densidade aparente do BLC, além de ser afetada pela idade e posição nos colmos, é muito influenciada pelo teor de umidade do material, que neste caso, situou-se em torno de 12%, enquanto os autores citados não informaram a que umidade a densidade aparente foi calculada.

Tabela 8 – Densidades aparente e básica (g/cm³) do BLC para as situações testadas

Tratamentos	Adesivos	Densidade aparente (g/cm ³)	Densidade Básica (g/cm ³)
1 - CCB	1 - PVA	0,72	0,53
	2 - Resorcinol	0,68	0,52
2 - Água	1 - PVA	0,76	0,56
	2 - Resorcinol	0,74	0,55

A densidade básica, muito utilizada em trabalhos científicos, principalmente por não sofrer a influência da umidade, não é citada pelos autores pesquisados, não permitindo, deste modo, comparação dos valores encontrados.

4.3. Teor de umidade do bambu laminado colado (BLC)

A umidade é um fator que afeta, sobremaneira, o comportamento da madeira e de outros materiais lignocelulósicos. Deste modo, a mesma foi determinada logo após a realização de cada ensaio a que foram submetidos os corpos-de-prova.

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios do teor de umidade (base seca) para cada situação e teste realizado.

Observa-se na Tabela 9 que, durante a realização do ensaio de flexão estática a umidade das amostras situou-se em torno de 12%, enquanto para os demais testes, esteve ao redor de 10%. Isto ocorreu, pois quando da realização do teste de flexão, os corpos-de-prova ficaram expostos, por maior período de tempo, às condições de temperatura e umidade relativa locais. Além disto, este ensaio foi conduzido em dia nublado, enquanto os demais, em dias ensolarados.

Tabela 9 – Valores médios, em porcentagem, do teor de umidade do BLC, para cada situação e ensaios realizados

Tratamentos	Adesivos	Teor de umidade (%) para cada ensaio			
		Flexão Estática	Compressão		Cisalhamento
			Paralela	Normal	
1 - CCB	1 - PVA	12,67	9,99	10,41	9,63
	2 - Resorcinol	11,63	9,86	9,81	10,20
2 - Água	1 - PVA	12,19	10,13	10,22	9,92
	2 - Resorcinol	12,44	10,61	10,25	10,22

O teor de umidade de 12% é considerado ótimo para a realização de testes físico-mecânicos em madeiras, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), e em outros materiais lignocelulósicos. A absorção de água pelo amostra seca deve-se, principalmente, à hidrofilia das substâncias contidas nas células de parênquima. Os testes realizados a umidade inferiores a 12%, forneceram valores de resistência mais elevados, porém, tais resultados podem ser comparados aos de outros autores, dentre eles RIVERO (2003), pois os teores de umidade médios foram de, aproximadamente 2%.

4.4. Ensaio de flexão estática

4.4.1. Resistência à flexão estática

Durante o ensaio, observou-se para todos os corpos-de-prova, que no início do carregamento, ocorria uma pequena deformação, a qual progredia até atingir o momento máximo, havendo então a ruptura.

Na Figura 36 são apresentados os valores médios do módulo de ruptura (MOR) do BLC para as diferentes situações testadas.

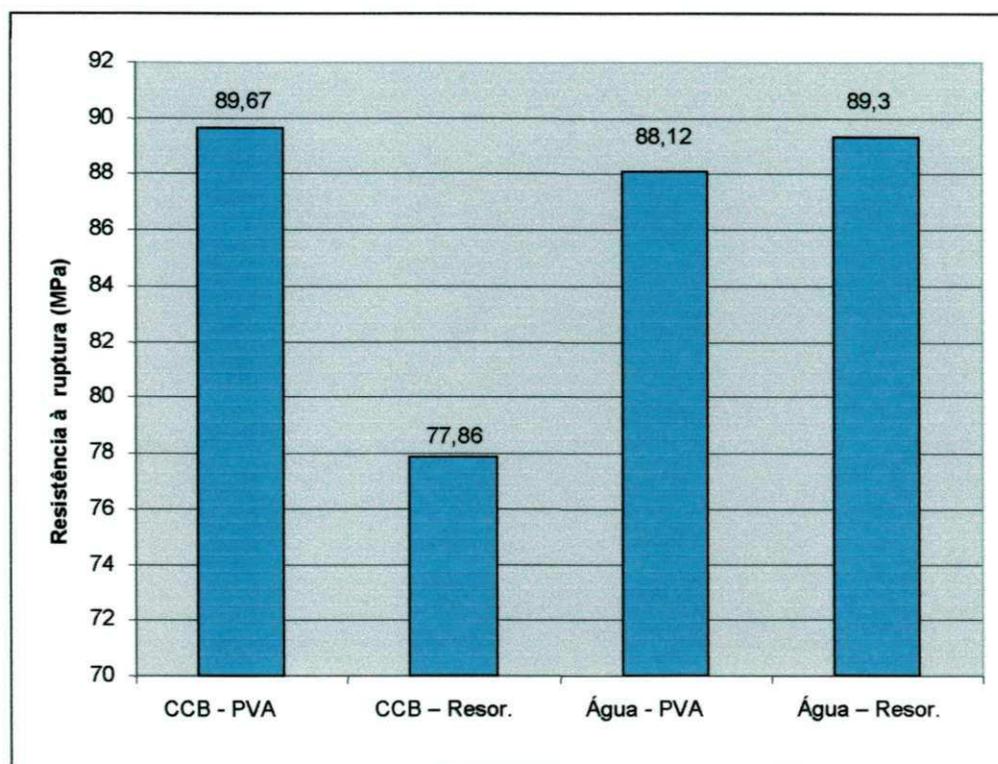


Figura 36 – Resistência à ruptura (MPa) do BLC à flexão estática.

Observa-se na Figura 36 que as amostras confeccionadas com o bambu tratado água e unido com o adesivo Resorcinol-formaldeído (“Cascofen”) forneceu média de módulo de ruptura (MOR) de 89,3 MPa. Este valor foi superior ao encontrado por RIVERO (2003), que obteve um valor médio de 72,57 MPa. O valor de MOR encontrado, provavelmente esteja relacionado à força aplicada no momento da prensagem do material, e ao fato de que na colagem das lâminas com o adesivo

“Cascophen”, não tenha sido feita diluição do mesmo em álcool, como procedido por aquele autor.

No entanto, as amostras provenientes do bambu tratado com CCB e aderidas com o adesivo “Cascorez Extra” forneceram uma média de MOR de 89,67 MPa, este resultado não pode ser comparado ao de RIVERO (2003), pois esse autor não testou tal adesivo.

Entretanto, os valores encontrados foram inferiores àqueles obtidos por GONÇALVES et al. (2002) e WETHYAVIVORN et al. (2002) que obtiveram valores de 166 e 94 MPa, respectivamente. Isto pode estar associado à espessura das lâminas utilizadas, à proporção de camada externa presente nas amostras, à quantidade de lâminas utilizada e à idade ou seção do colmo empregada na confecção das taliscas.

Durante o ensaio, foi observado o descolamento de lâminas, quando da utilização do adesivo “Cascophen”. Fato também observado por WETHYAVIVORN et al. (2002) e RIVERO (2003), sendo isto relacionado ao acúmulo de adesivo em uma lâmina com pequena flexibilidade, e, conseqüentemente, ao fato de o bambu e o adesivo trabalharem de forma diferente. O descolamento da lâmina é ilustrado na Figura 37.

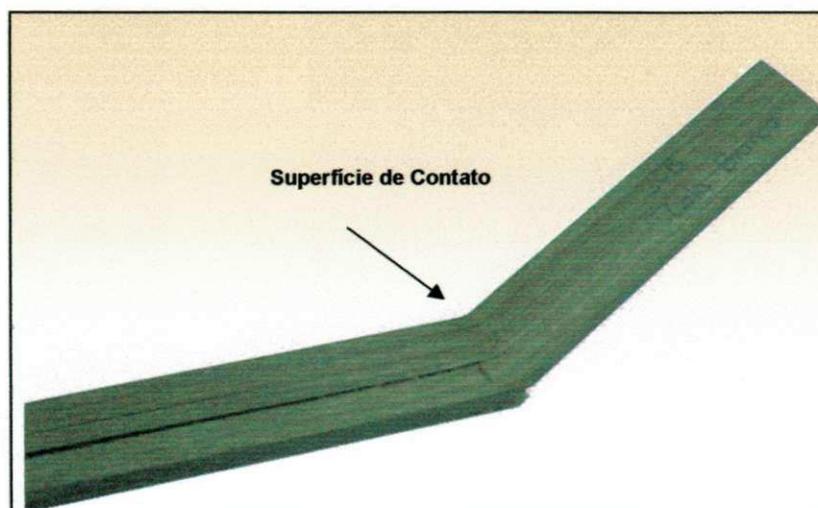


Figura 37 – Descolamento de lâminas na flexão estática.

Os valores obtidos no ensaio de flexão foram analisados estatisticamente (Tabela 1B, Anexo B), em que não foi observada diferença significativa pelo teste de F entre as situações analisadas. Este resultado indica que a resistência do BLC

esteve relacionada ao bambu e não, ao tratamento das taliscas ou ao adesivo empregado na função das mesmas.

4.4.2. Elasticidade na flexão estática

Os valores médios obtidos para o módulo de elasticidade (MOE) encontram-se na Figura 38. Conforme os dados apresentados nesta figura, os valores de rigidez (MOE) variaram de 4,30 a 9,60 GPa. Estes valores são superiores aos encontrados por WETHYAVIVORN et al. (2002) que situaram na faixa de 3 a 4 GPa.

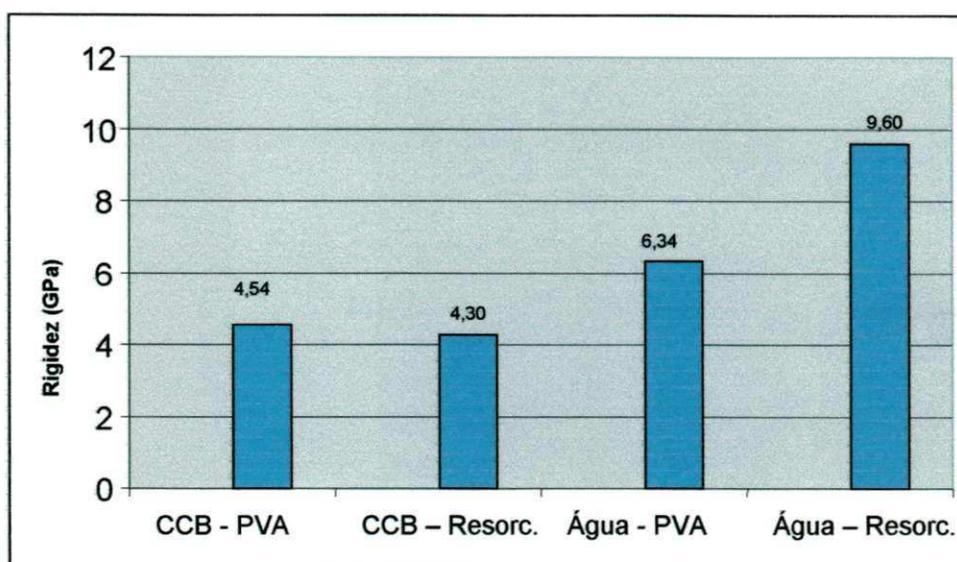


Figura 38 – Rigidez (GPa) do BLC na flexão estática.

Para os corpos-de-prova testados, apesar da ocorrência de deslocamento em algumas lâminas, o que também foi relatado por CARRASCO et al. (1995) e GONÇALVES et al. (2002), o BLC na maioria das vezes, atuou como um bloco único (adesivo e bambu).

Para os adesivos, embora o “Cascofen” seja utilizado para a fabricação da MLC (madeira laminada colada), no caso do bambu, em função de irregularidades em algumas lâminas, e o adesivo apresentar alta viscosidade (530 - 650 cP), o acúmulo de adesivo e a baixa penetração no bambu foram causadores de heterogeneidade nos resultados da elasticidade do BLC.

Os valores que deram origem às médias apresentadas na Figura 38 foram analisados estatisticamente (Tabela 2B, Anexo B). Os efeitos do tratamento e da interação entre adesivos e tratamentos foram significativos pelo teste de F.

O efeito da interação entre adesivos e tratamentos foi desdobrado e analisado pelo teste de Tukey (Tabela 10).

Observa-se na Tabela 10 que o tratamento com o CCB não apresentou efeito significativo na rigidez do BLC, enquanto para o tratamento com água, as médias obtidas para os corpos-de-prova aderidos com PVA foram inferiores àqueles aderidos com Resorcinol-formaldeído.

Tabela 10 - Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a elasticidade na flexão (GPa)

Efeito dos tratamentos e adesivos testados		
Adesivos Testados	Tratamento do bambu	
	1 - CCB	2 - Água
1 - PVA	4,54 Aa	6,34 Ab
2 - Resorcinol	4,30 Ba	9,60 Aa

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, ou maiúscula, na horizontal, não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos preservativos, a que as taliscas foram submetidas, quando as amostras foram aderidas com PVA. No entanto, para as amostras aderidas com Resorcinol-formol, o tratamento com água forneceu os melhores resultados. Estes resultados podem estar associados à melhor penetração do adesivo nos corpos-de-prova advindo desse tratamento, em que a remoção do amido do interior das células do bambu, facilitou a entrada do adesivo. Fato este, de certa forma, prejudicado pela imersão na solução de CCB, em que os sais que o compõe, podem ter obstruído alguns vazios existentes na estrutura anatômica do bambu, dificultando a infiltração do adesivo ou reagindo com seus componentes, afetando, negativamente, a qualidade da junta colada.

Isto também foi observado para o caso das amostras aderidas com PVA, embora em menor intensidade, não causando grande diferença, ao ponto de ser significativa, entre as médias dos tratamentos empregados.

4.5. Ensaio de compressão

4.5.1. Compressão paralela às fibras

Na Figura 39 são apresentados os valores médios da tensão de ruptura dos corpos-de-prova (MPa) submetidos ao ensaio de compressão paralela às fibras. Observa-se, nesta figura, que a maior resistência foi apresentada pelas amostras tratadas com água e aderidas com o adesivo à base de Resorcinol-formol (“Cascofen”), com média de 40,74 MPa e a menor obtida para aquelas submersas em CCB e unida com este mesmo adesivo.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por RIVERO (2003), que analisou o comportamento do laminado de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) e obteve os melhores resultados para o tratamento em água e adesivo Resorcinol-formol (“Cascofen”), com média de 37,14 MPa.

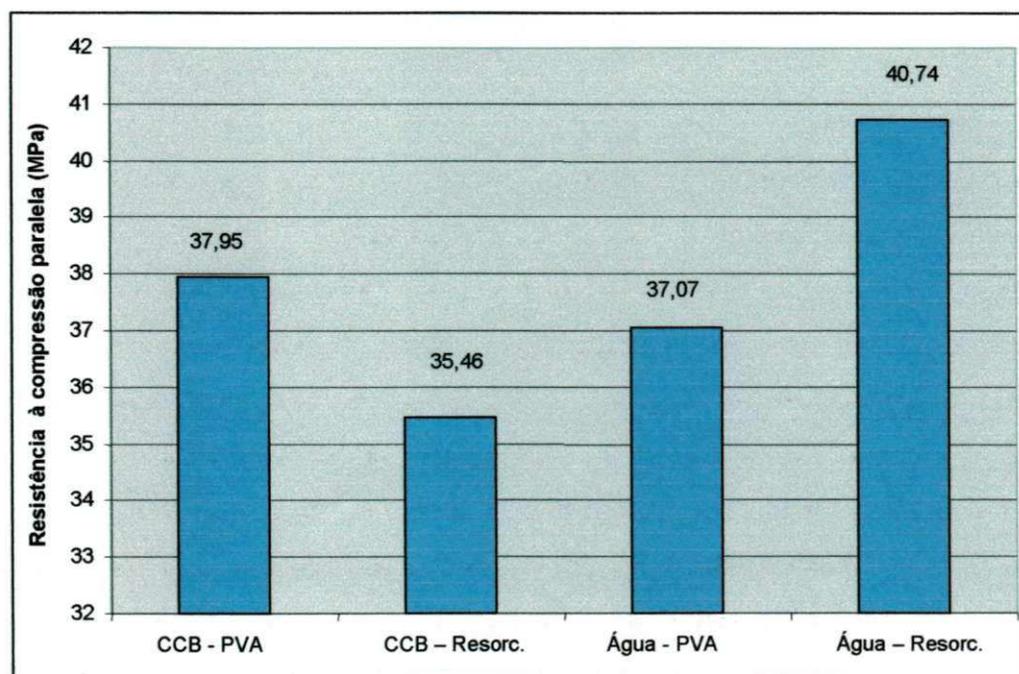


Figura 39 – Resistência do BLC (MPa) à compressão paralela às fibras.

Os valores encontrados para a compressão paralela às fibras foram inferiores àqueles obtidos por GARBINO et al. (2002), da ordem de 55 MPa. Porém, os autores não citaram o tipo de adesivo e a forma de colagem, nem a idade do bambu e a quantidade e espessura das lâminas utilizadas.

FREIRE e BERALDO (2003) indicam que a resistência à compressão paralela do bambu laminado situa-se na faixa de 20 a 120 MPa, porém não citam a idade dos colmos, a espécie trabalhada, a quantidade e a espessura de lâminas, a pressão de colagem e a proporção de camada externa presente nas amostras. De acordo com RIVERO (2003), estes fatores influenciam significativamente as propriedades do BLC.

Os valores que deram origem à Figura 40 foram analisados estatisticamente e indicaram diferenças significativas pelo teste de F, para a interação entre adesivos e tratamentos (Tabela 3B, Anexo B). Os efeitos da interação foram desdobrados e analisados pelo teste de Tukey (Tabela 11).

Tabela 11 - Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a compressão paralela às fibras (MPa)

Efeito dos tratamentos e adesivos testados		
Adesivos Testados	Tratamento do bambu	
	1 - CCB	2 - Água
1 - PVA	37,95 Aa	37,07 Aa
2 - Resorcinol	35,46 Ba	40,74 Aa

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, ou maiúscula, na horizontal, não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Os valores apresentados na Tabela 11 demonstram que não há diferenças significativas entre os adesivos testados, quando o bambu foi tratado com CCB ou água.

Para o efeito dos adesivos, observa-se que as amostras aderidas com o adesivo Resorcinol-formaldeído, provenientes do bambu tratado com água apresentaram um valor superior ao apresentado por aqueles tratadas com CCB. Isto ocorreu, provavelmente, em função do CCB ter afetado negativamente a qualidade

da linha de cola, proporcionando uma menor resistência à compressão paralela. Resultados semelhantes foram encontrados por RIVERO (2003).

4.5.2. Compressão normal às fibras

Os valores médios da resistência à compressão normal às fibras (rigidez) do bambu laminado colado (MPa) são apresentados na Figura 41.

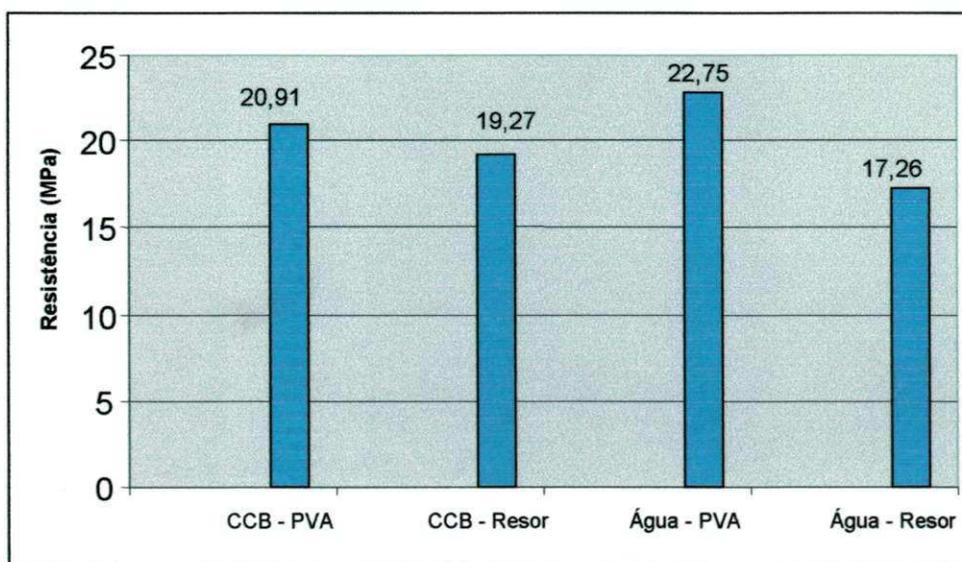


Figura 40 – Resistência (MPa) do BLC à compressão normal às fibras.

Observa-se na Figura 40, que as maiores médias foram encontradas para as amostras aderidas com adesivo à base de PVA (“Cascorez Extra”), proveniente do tratamento com CCB (20,91 MPa) ou com água (27,75 MPa), e as menores para as aderidas com Resorcinol-formaldeído (“Cascophen”), em que as amostras provenientes de taliscas tratadas em águas tiveram média de 17,26 MPa, e aquelas provenientes das tratadas com CCB, média de 19,27 MPa.

Os valores médios obtidos para a resistência à compressão normal às fibras estão próximos aos encontrados por GONÇALVES et al. (2002), que obtiveram valores da ordem de 18 MPa.

Os valores obtidos foram analisados estatisticamente (Tabela 4B, Anexo B) e não indicaram diferenças significativas pelo teste de F, para as situações testadas, indicando que a resistência à compressão normal às fibras não esteve relacionada aos tratamentos nem aos adesivos testados.

4.6. Ensaio de cisalhamento na linha de cola

Os valores médios da resistência ao esforço de cisalhamento na linha de cola são apresentados na Figura 41. Observa-se, nesta figura, que a maior resistência foi de 4,52 MPa, obtida para os corpos-de-prova confeccionados com o bambu tratado com CCB e colado com Resorcinol-formaldeído e a menor, foi de 1,93 MPa, obtida para as amostras provenientes do bambu tratado com Borato de Cobre Cromatado (CCB) e unidos com PVA.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por RIVERO (2003), que obteve um valor máximo de 4,60 MPa para o BLC confeccionado com bambu gigante, tratado com água e aderido com Resorcinol-formaldeído ("Cascofen"). Os valores obtidos, no entanto, foram inferiores aos apresentados por MANTILLA CARRASCO et al. (1995), GONÇALVES et al. (2002) e WETHYAVIVORN et al. (2003), que encontraram valores de 8,69, 10,00 e 7,50 MPa, respectivamente. Porém, estes autores não citam, entre outros fatores, a quantidade de lâminas utilizadas na confecção do BLC.

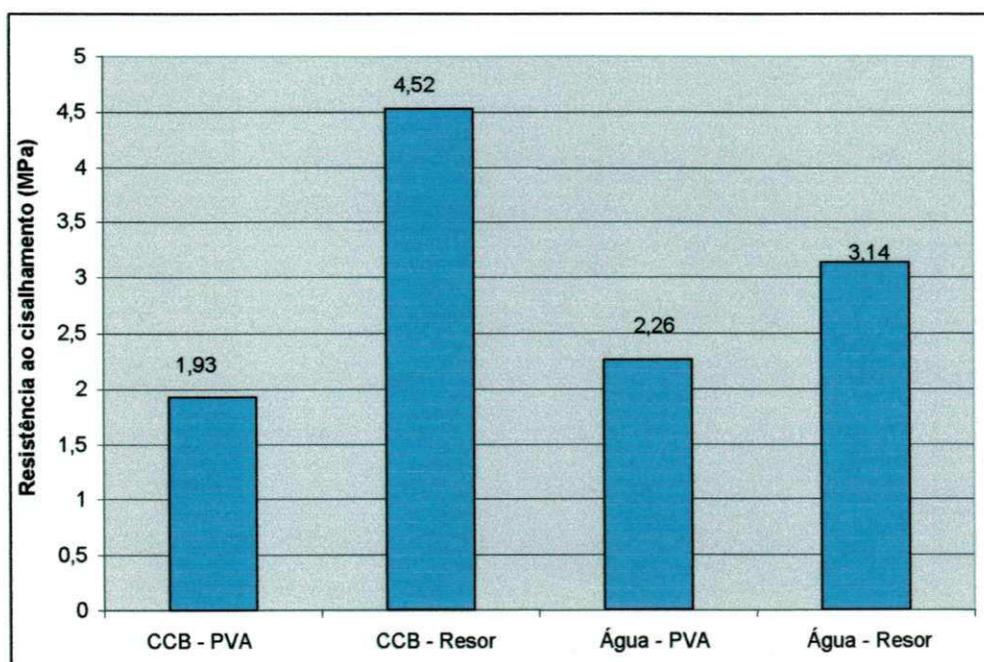


Figura 41 - Resistência (MPa) do BLC ao cisalhamento na linha de cola

Os valores que deram origem à Figura 41 foram analisados estatisticamente (Tabela 5B, Anexo B) e demonstraram que os efeitos do adesivo e da interação entre adesivos e tratamentos foram significativos pelo teste de F.

A interação entre adesivo e tratamento foi desdobrada e analisada pelo teste de Tukey (Tabela 12). Observa-se nesta tabela que no tratamento com CCB a resina Resorcinol-formaldeído apresentou resultados superiores àqueles da resina polivinílica (PVA), resultado semelhante foi observado para o tratamento com água.

Tabela 12 – Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a resistência ao cisalhamento na linha de cola (MPa)

Efeito dos tratamentos e adesivos testados no cisalhamento		
Adesivos Testados	Tratamento do bambu	
	1 - CCB	2 - Água
1 - PVA	1,94 Ab	2,26 Ab
2 - Resorcinol	4,52 Aa	3,14 Ba

As médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, ou maiúscula, na horizontal, não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Quanto ao efeito dos adesivos em cada tratamento, observa-se que os corpos-de-prova aderidos com Resorcinol-formaldeído e provenientes do bambu tratado com CCB apresentaram resultados superiores aos tratados com água. No entanto, para o PVA, o tratamento do bambu não afetou as características da linha de cola. Além disto, notou-se que os corpos-de-prova aderidos com Resorcinol-formaldeído romperam no bambu, enquanto os aderidos com PVA, sofreram ruptura na linha de cola, indicando que este adesivo é menos resistente que a resistência inerente ao substrato aderido (bambu). Ou ainda, que o mesmo não penetrou suficientemente na estrutura anatômica do bambu, a fim de garantir uma melhor aderência.

4.7. Ensaio de resistência à abrasão

Na Figura 42 observam-se os valores médios da densidade aparente (g/cm^3), determinada a 12% de umidade, do bambu e das madeiras ensaiadas.

Embora a densidade aparente do bambu ($0,78 \text{ g/cm}^3$) tenha sido menor que a do Jatobá ($0,97 \text{ g/cm}^3$), o bambu apresentou um menor desgaste (Figura 43). Isto pode ter ocorrido em função da presença sílica no bambu, que pode ter causado o

desgaste dos abrasivos da lixa, além disto, o bambu é composto basicamente de fibras e células parenquimáticas. As fibras são as responsáveis pela resistência mecânica do colmo. Assim, sua proporção nos corpos-de-prova pode ter contribuído para a resistência à abrasão do material. GHAVAMI e SOLORZANO (1995) afirmam que as camadas externas do colmo podem conter de 40 a 90% de fibras, contra apenas 15% nas camadas internas. Janssen, citado por SHINIEWIND (1989), destaca que o valor da resistência depende da proporção de fibras existentes no corpo-de-prova.

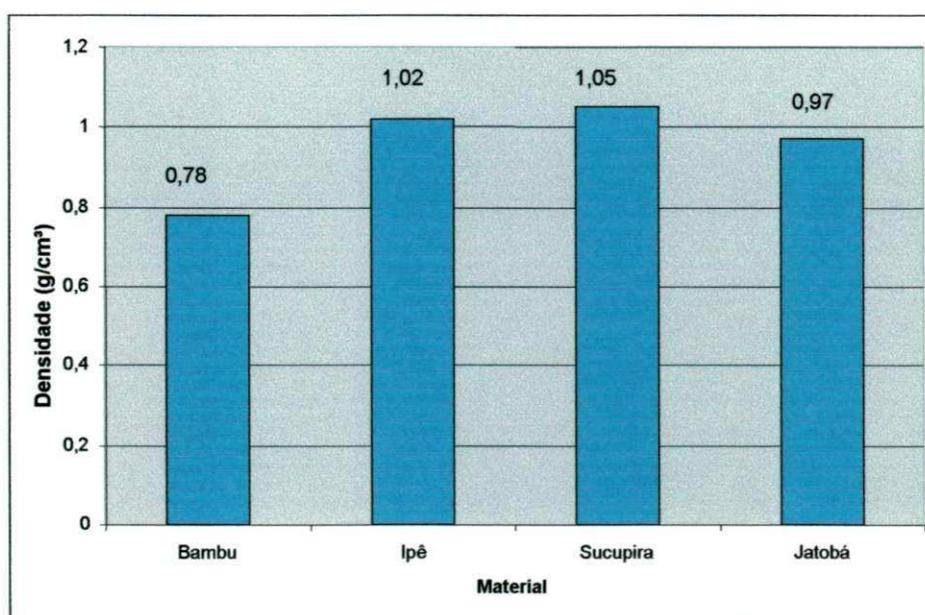


Figura 42 – Densidade aparente (g/cm^3) do bambu e das madeiras ensaiadas.

Os valores médios do desgaste em mm^3 do bambu e das três madeiras ensaiadas, para um percurso de 40m no abrasímetro são apresentados na Figura 43.

No teste de abrasão, para que um material seja considerado de resistência aceitável comercialmente para confecção de pisos (KOGA e BITTENCOURT, 2002), é necessário que o mesmo atinja, no abrasímetro, o percurso de 40m, com uma massa final de pelo menos 60% de sua massa inicial. Neste estudo, o bambu apresentou desgaste de 20,34%, o ipê de 12,63%, a sucupira de 15,68% e o jatobá de 23,67%. Neste caso, todos os materiais testados se enquadram neste quesito.

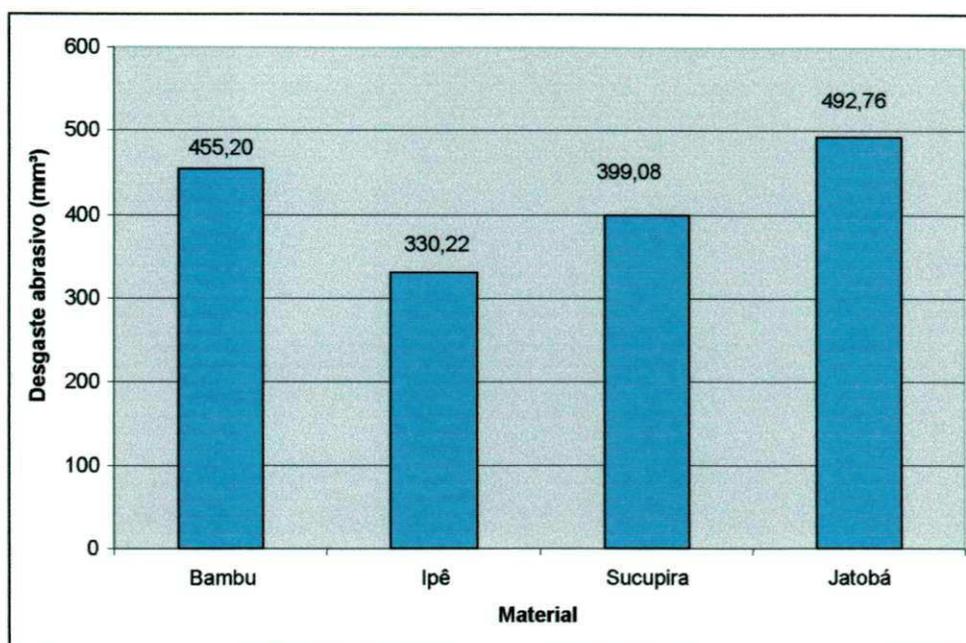


Figura 43 – Desgaste abrasivo (mm^3) do bambu e das madeiras ensaiadas.

Os resultados encontrados foram equiparados aos de SILVA e BITTENCOURT (2002) que comparou o laminado de bambu gigante com as madeiras de jatobá e eucalipto. Esses pesquisadores encontraram valores superiores para o bambu (250 mm^3) em relação à madeira de Jatobá (420 mm^3). Esta alta resistência do bambu pode ter sido causada pela idade dos colmos utilizados, bem como pela proporção de camada externa existente nos mesmos, o que aumentou a resistência do material. KOGA e BITTENCOURT (2002) encontraram valores de desempenho do bambu superiores em relação à madeira de maçaranduba, Ipê e peroba rosa e concluíram que o bambu gigante pode ser empregado como elemento de piso em edificações.

No ensaio de resistência à abrasão, em que o bambu foi comparado a três madeiras utilizadas na confecção de pisos (Figura 43), a análise de variância indicou diferença significativa, pelo teste de F, entre os materiais testados (Tabela 6B - Anexo B).

As médias obtidas no teste de abrasão foram analisadas pelo teste de Tukey (Tabela 13). Ao comparar os valores médios obtidos, observa-se que houve diferença significativa entre o bambu e as madeiras testadas, tendo o bambu apresentado resistência superior à madeira de jatobá.

Tabela 13 - Comparações entre médias, pelo teste de Tukey, para o desgaste abrasivo (mm^3)

Materiais Testados	Médias Obtidas (mm^3)
Jatobá	492.76 a
Bambu	455.20 b
Sucupira	399.08 c
Ipê	330.22 d

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade.

4.8. Aspecto do piso de bambu laminado colado

Diante dos problemas analisados (item 3.10) foi confeccionado um piso de bambu, com o uso de lâminas de 0,3 x 5 x 30 cm (maior dimensão na direção das fibras). As duas lâminas foram coladas, a fim de se obter um bloco de 6 mm de espessura, e formar um encaixe, de modo que a aplicação e a manutenção do piso apresentassem viabilidade técnica, para a empresa produtora e para o consumidor final. O adesivo utilizado para a confecção do revestimento para piso foi o Resorcinol-formaldeído ("Caschopen RS").

Na Figura 44, observa-se o encaixe e as dimensões do parquet produzido com o bambu laminado colado. O encaixe foi confeccionado de forma simples, pela união de duas lâminas de bambu de 3 mm de espessura. Na Figura 45, observa-se o modo de aplicação dos parquetes confeccionados.

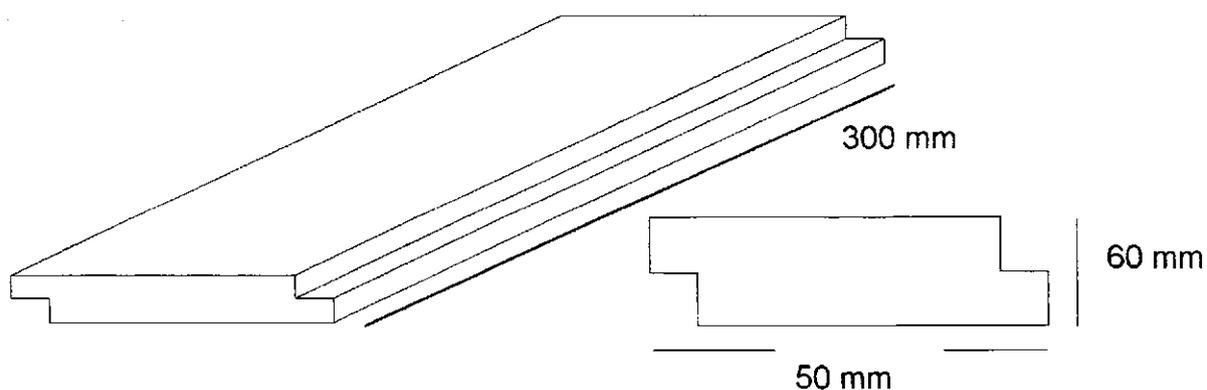


Figura 44 – Esquema do encaixe para o piso de BLC.

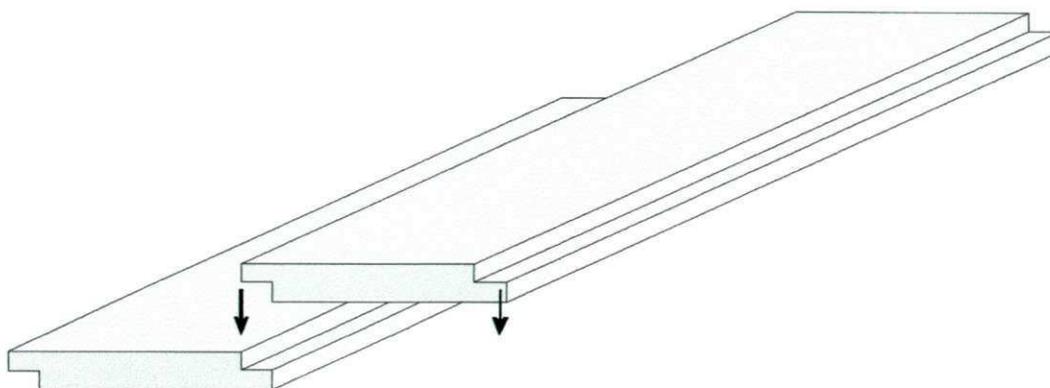


Figura 45 – Esquema do modo de aplicação dos parquetes de BLC.

4.9. Identidade visual para o piso de BLC

No desenvolvimento da logomarca foram tomados como referência visual, ícones, cores e fontes tipográficas representativas de recursos naturais renováveis.

A identidade visual para o piso confeccionado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) laminado colado pode ser observada na Figura 46.



Figura 46 – Identidade visual para o piso de bambu laminado colado.

Na confecção da logomarca apresentada na Figura 46 foram utilizados os padrões de cores apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Padrões de cores utilizados na confecção da logomarca para o piso de bambu laminado colado

Fonte Verdana Normal				
	C 20	M 00	Y 60	K 20
	C 20	M 00	Y 00	K 80
	C 20	M 00	Y 20	K 00

Um protótipo do revestimento para piso de bambu laminado colado (BLC) confeccionado com lâminas de *Dendrocalamus giganteus*, com o encaixe mostrado na Figura 44 é apresentado na Figura 48. Neste protótipo observa-se o perfeito encaixe das lâminas de bambu.



Figura 47 – Protótipo do piso confeccionado com lâminas de bambu.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

De acordo com os resultados obtidos, a espécie de bambu utilizada, *Dendrocalamus giganteus*, mostrou-se satisfatória para a confecção do BLC.

O adesivo à base de Resorcinol-formaldeído foi o mais indicado para a confecção do BLC, a ser utilizado em pisos por apresentar maior resistência à umidade, quando comparado àquele à base de Acetato Polivinílico.

A ligação adesiva bambu-bambu (com o adesivo resorcinol-formaldeído) é uma ligação estrutural pois a ruptura sempre ocorreu no bambu e não no adesivo.

O comportamento do bambu laminado colado nos ensaios de flexão e compressão apresentou rigidez adequada, confirmando sua eficiência.

Na análise da resistência à abrasão, segundo a norma DIN 53 516 (1987), verificou-se que a espécie de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) pode ser empregada como elemento de piso em edificações, em relação ao parâmetro da resistência abrasiva.

O BLC, confeccionado com o bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, demonstrou resultados adequados no ensaio de abrasão, que é o parâmetro no mercado nacional e internacional para classificação de madeiras para pisos.

As análises estatísticas indicaram a influência das variáveis testadas (tipos de tratamentos e tipos de adesivos) e suas interações nas propriedades do BLC.

Com base nos resultados, sugerem-se novos trabalhos de pesquisa que melhor caracterizem o bambu laminado colado para a confecção de pisos.

O desenvolvimento de técnicas e maquinários adequados para trabalhar com o bambu, é necessário, a fim de proporcionar um maior aproveitamento das potencialidades da planta como matéria-prima para a confecção de pisos.

A impermeabilização da superfície do BLC como revestimento para piso deve ser executada com o objetivo de proporcionar maior estabilidade às intempéries.

Realização de estudos que utilizem bambu com idade menor que três anos, a fim de testar suas potencialidades físico-mecânicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR 7190. **Projeto de estruturas de madeira**. Anexo B – Determinação das propriedades das madeiras para projeto de estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR 6230. **Métodos de ensaio para madeiras**. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 89 p.

AZEREDO, H.A. **O edifício e seu acabamento**. São Paulo: Edgar Blucher, 1990. 97p.

AZZINI, A.; BORGES, J.M.M.G.; CIARAMELO, D.; SALGADO, A.L.B. Avaliação quantitativa da massa fibrosa e vazios em colmos de bambu. **Bragantia**, Campinas, v. 49, 1990. p. 141 – 146,.

AZZINI, A.; BERALDO, A.L. **Métodos práticos para utilização do bambu**. Campinas: UNICAMP, 2001. 14p.

AZZINI, A.; CIARAMELO, D.; NAGAI, V. Propagação vegetativa do bambu gigante. **Bragantia**, Campinas, v. 37, 1999. p. 1-3.

AZZINI, A.; CIARAMELO, D.; NAGAI, V. Número de feixes vasculares em três espécies de bambu. **Bragantia**, Campinas, v. 36, 1992. p. 7-10.

AZZINI, A.; GONDIM TOMAZ, R.M.A. Extração de amido em cavacos de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad) tratados com solução diluída de hidróxido de sódio. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, 1996.p. 137 – 140.

BERALDO, A.L.; ZOULALIAN, A. Bambu: material alternativo para construções rurais. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5. Belo Horizonte, 1995. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, v. 2, 1995, p. 425 - 440.

BERALDO, A. L. **Materiais para construções rurais**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991. 148p.

BERALDO, A. L. **Relatório FAPESP**. 2001. 45p.

BERALDO, A. L. Bambucreto: o uso do bambu como reforço do concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16, 1997, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: SBEA, v. 2, 1997, p. 521-530.

BRASIL, SUDENE. **Levantamento Exploratório: Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: SUDENE, 1972. 683p. (Boletim, 15; Série,8).

CALLIA, V.W. **Madeira laminada e colada de pinho do paraná, seu emprego nas estruturas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1958. 60p (Publicao, 571).

Deutsches Institut fur Normung - DIN 53 516. **Teste da borracha, elastmeros: determinao da resistência a abrasão**. Berlin: DIN, 1987. 12p.

FERREIRA, C.E.M.; CARRASCO, E.V.; HELLMEISTER, J.C. Tecnologias de adesivos poliuretanos propriedades e aplicao em madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3. São Carlos, 1988. **Anais ...** São Carlos: EESC/USP, v. 6, 1988, p. 39 – 74.

FREIRE, W.J ; BERALDO, A.L. **Tecnologias e materiais alternativos de construo** / Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2003. 319p.

GARBINO, L. V.; GONÇALVES, M. T. T.; PEREIRA, M. A. R. Métodos de ensaio para amostras de bambu laminado. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA., 8. Uberlândia, 2002. **Anais ...** Uberlândia: UFU, 2002, Cd-rom.

GHAVAMI, K.; SOLORZANO, I.G. Comparison between microstructure of bamboo culm and wood. In: INTERAMERICAN CONFERENCE ON ELECTRON MICROSCOPY, 3., and MEETING OF THE BRAZILIAN SOCIETY FOR ELECTRON MICROSCOPY, 5. Caxambu, 1995. **Anais ...** Caxambu: Acta Microscpia, v.2 , n. 3 , p. 14, 1995.

GHAVAMI, K. Application of bamboo as a low-cost construction material. In: INTERNATIONAL BAMBOO WOKSHOP. Cochim, 1998, **Proceedings...** Cochim: , p.270 – 279, 1995.

GHAVAMI, K. **Propriedades dos bambus e suas aplicao nas obras de engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Rio de Janeiro: 1995. 201p.

GONÇALVES, M.T.T.; PEREIRA, M.A.R.; GARBINO, L.V. Métodos de ensaio de bambu laminado. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8. Uberlândia, 2002. **Anais ...** Uberlândia: UFU, 2002, Cd-rom.

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

KOGA, R.C.; BITTENCOURT, R.M. Resistência  abrasão do bambu gigante e espécies de madeiras para utilizao como elemento de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8. Uberlândia, 2002. **Anais ...** Uberlândia: UFU, 2002, Cd-rom.

LEE, A.W.C.; BAI, X.; PERALTA, P.N. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Caroline. **Forest Products Journal**, Madison, v. 44, n. 9, p. 40 – 46, 1994.

MANTILLA CARRASCO, E.V. **Ligações estruturais de madeira por adesivos**. 1984. 436 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1984 .

MANTILLA CARRASCO, E.V.; MOREIRA, L.E.; XAVIER, P.V. Bambu laminado colado. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5. Belo Horizonte, 1995. **Anais ...** Belo Horizonte: UFMG, 1995, p. 411–423.

MOREIRA, L.E. **Desenvolvimento de estruturas treliçadas espaciais de bambu**. 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

NATERRER, J. Quality criteria for timber design. In: INTERNATIONAL TIMBER ENGINEERING CONFERENCE LONDON, 2. London, 1991. **Proceedings ...** London: ITECL, v. 2, 1991, p. 19 - 26.

NOMURA, T.; TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Production and utilization of bamboo in Brazil. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 18. Yugoslavia, 1986. **Proceedings...** Kyoto: Wood Research Institute, 1986. p. 61 – 69.

REVISTA CASA CLÁUDIA. **Piso de madeira laminada**. Rev. Casa Cláudia, São Paulo n. 128, p. 23 - 24, 2001.

RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 2003, 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

ROCCO LAHR, F.A.R. Adesivos para madeira : visão geral dos produtos encontrados no mercado brasileiro. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4. São Carlos, 1992.. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 1992, p. 101-104.

ROCHA, Ivan. **Ciência, Tecnologia e Inovação: Conceitos Básicos**. Curso de especialização em agente de inovação e difusão tecnológica, SEBRAE, 1996.

SANTOS, R. L.; LOPES, J.D.S. **Construções com bambu: opção de baixo custo**. Viçosa: Centro de Produções Técnica, 1998. 40p. (Série Construções Rurais, 160).

SCHNIEWIND, A. P. Bamboo. In: **Concise encyclopedia of wood & wood-based materials**, Ed. Pergamon Press, Quioto, v.2,1989, p.19-27.

SILVA, F. D.; BITTENCOURT, R. M. Estudo do desgaste à abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante laminado utilizados como elemento de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8. Uberlândia, 2002. **Anais ...** Uberlândia: UFU, 2002, Cd-rom.

SKEIST, J. **Handbook of Adhesives**. 3.ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990, p.24-25.

SOBRAL FILHO, M. **Adesão e adesivos para madeira**. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1982. 18p. (Boletim Técnico, 5).

SPARKE, P. **Design in context**.. Londres: Quarto Publishing, 1987. 31p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.

TREVOPISOS. Disponível em: <<http://www.trevopisos.com.br>> Acesso em: 22 março. 2005.

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

WETHYAVIVORN, B. Behavior of the glue-laminated bamboo composite. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES,3. Vietnam , 2002. **Proceedings** ... Vietnam: Construction Publishing House, 2002, p. 446-451.

1000 THINGS OF BAMBOO. Disponível em: <<http://www.thingsofbamboo.com>> Acesso em: 17 janeiro. 2005.

ANEXOS

ANEXO A - Análises de variância para os ensaios de variação dimensional do BLC

Tabela 1A – Análise de variância para os valores de variação radial total (%) (0-72hs) do BLC. Dados transformados em arcsen [raiz (variação radial /100)]

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	$0,17 \times 10^{-2}$	$0,17 \times 10^{-2}$	$3,52^{NS}$
Tratamento	1	$0,13 \times 10^{-2}$	$0,13 \times 10^{-2}$	$2,57^{NS}$
Ades. x Trat.	1	$0,38 \times 10^{-2}$	$0,38 \times 10^{-3}$	$0,77^{NS}$
Resíduo	8	$0,39 \times 10^{-2}$	$0,49 \times 10^{-3}$	

NS – Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2A – Análise de variância para os valores de variação tangencial total (%) (0-72hs) do BLC. Dados transformados em arcsen [raiz (variação tangencial/100)]

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	$0,59 \times 10^{-3}$	$0,59 \times 10^{-3}$	$1,41^{NS}$
Tratamento	1	$0,57 \times 10^{-4}$	$0,57 \times 10^{-4}$	$0,14^{NS}$
Ades. x Trat.	1	$0,33 \times 10^{-3}$	$0,33 \times 10^{-3}$	$0,78^{NS}$
Resíduo	8	$0,34 \times 10^{-2}$	$0,42 \times 10^{-3}$	

NS – Não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 3A – Análise de variância para os valores de variação volumétrica total (0-72hs) do BLC. Dados transformados em arcsen [raiz (variação volumétrica/100)]

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	$0,62 \times 10^{-3}$	$0,62 \times 10^{-3}$	3,05 ^{NS}
Tratamento	1	$0,15 \times 10^{-2}$	$0,17 \times 10^{-2}$	8,19*
Ades. x Trat.	1	$0,56 \times 10^{-4}$	$0,56 \times 10^{-4}$	0,28 ^{NS}
Resíduo	8	$0,16 \times 10^{-2}$	$0,20 \times 10^{-3}$	

* Significativo a 5% de probabilidade.

NS – Não significativo a 5% de probabilidade.

ANEXO B - Análises de variância para os ensaios de Resistência e Rigidez do BLC

Tabela 1B – Análise de variância para os valores de Resistência à Flexão estática (MPa) do BLC

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	84,75	84,75	2,02 ^{NS}
Tratamento	1	73,26	73,26	1,75 ^{NS}
Ades. x Trat.	1	126,43	126,43	3,02 ^{NS}
Resíduo	8	335,04	335,04	

NS – Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2B – Análise de variância para os valores de Elasticidade na Flexão estática (GPa) do BLC

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	6,81	6,81	4,19 ^{NS}
Tratamento	1	37,74	37,74	23,25 ^{**}
Ades. x Trat.	1	9,19	9,19	5,66 [*]
Resíduo	8	12,99	1,62	

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

NS – Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3B – Análise de variância para os valores de Compressão Paralela às fibras (MPa) do BLC

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	1,05	1,05	0,23 ^{NS}
Tratamento	1	14,54	14,54	3,16 ^{NS}
Ades. x Trat.	1	28,43	28,43	6,17*
Resíduo	8	36,85	4,61	

* Significativo a 5% de probabilidade.

NS – Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4B – Análise de variância para os valores de elasticidade na Compressão Normal às fibras (MPa) do BLC

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	38,16	38,16	3,64 ^{NS}
Tratamento	1	0,23	0,23	0,0021 ^{NS}
Ades. x Trat.	1	11,14	11,14	1,06 ^{NS}
Resíduo	8	83,78	10,47	

NS – Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5B – Análise de variância para os valores de Cisalhamento na Linha de Cola (MPa) do BLC

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Adesivo	1	8,98	8,98	44,11**
Tratamento	1	0,84	0,84	4,14 ^{NS}
Ades. x Trat.	1	2,18	2,18	10,73*
Resíduo	8	1,63	0,20	

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

NS – Não-significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6B – Análise de variância para os valores de Resistência à Abrasão (mm³)

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Espécies	3	75146,37	25048,79	77,30**
Resíduo	16	5184,98	324,06	

** Significativo a 1% de probabilidade.