

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

ANDERSON LUIZ DA SILVA MICHELON

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS TIPOS DE PAINÉIS DE
MDP: COM ADIÇÃO DE PAPEL IMPREGNADO E LÂMINAS
DE BAMBU**

Itapeva - SP

2011

ANDERSON LUIZ DA SILVA MICHELON

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS TIPOS DE PAINÉIS DE
MDP: COM ADIÇÃO DE PAPEL IMPREGNADO E LÂMINAS
DE BAMBU**

Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Juliana Cortez Barbosa.

Itapeva - SP

2011

Michelon, Anderson Luiz da Silva

M623e Estudo comparativo de dois tipos de painéis de MDP: com adição de papel impregnado e lâminas de bambu / Anderson Luiz da Silva
Michelon - - Itapeva 2011.
119 f.: il. 30 cm

Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial
Madeireira apresentado ao Campus Experimental de Itapeva –
UNESP, 2011

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Juliana Cortez Barbosa

Banca examinadora: Prof^a. Dra. Elen Aparecida Martines Morales
e Profa. Dra. Maristela Gava.
Inclui bibliografia

1. Painéis de madeira. 2. Resíduos sólidos 3. Bambu. I. Título. II.
Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 674.836

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP – Campus Experimental de Itapeva.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

**ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS TIPOS DE PAINÉIS DE
MDP: COM ADIÇÃO DE PAPEL IMPREGNADO E LÂMINAS
DE BAMBU**

ANDERSON LUIZ DA SILVA MICHELON

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

Prof. Dr. José Cláudio Caraschi
Coordenador de Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Juliana Cortez Barbosa.

Orientador – Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof^a. Dr^a. Elen Aparecida Martines Morales.

Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof^a. Dr^a. Maristela Gava.

Campus Experimental de Itapeva/UNESP

A Deus por me abençoar nestes 5 anos de graduação.

A minha família pelo apoio e dedicação nos momentos mais difíceis.

“E especialmente à memória de meu pai: exemplo de honra, caráter e responsabilidade.”

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela dádiva da vida e por ter me apoiado em todos os momentos de dificuldade, que hoje são lembranças dignas de auto-respeito e superação.

A minha família, em especial a minha mãe, que com muito sacrifício, me apoiou nesta jornada.

A Prof^a. Dr^a. Juliana Cortez Barbosa pelo apoio e confiança durante esta longa caminhada.

A Amanda Laís Colasan, minha grande companheira nesta caminhada.

Aos técnicos de laboratório e alunos graduandos da Unesp Campus Itapeva em especial aos Sr(a)s. Juliano Rodrigo de Brito, Karina Arakaki Higuti e Vinicius Hebert Rosolem que contribuíram para a realização dos ensaios voltados ao uso de bambu.

Aos meus amigos que dividiram esta experiência comigo, em especial a Bruno Cezar, Fábio Piva, Marcellus Silveira, Ulysses Zaia, Kenzo Kondo e Yuzo Kondo, companheiros tanto nas horas alegres, como também nos momentos de tristeza.

Também em especial aos meus amigos Sr(a)s. Davidson José de Melo, André Cristian Keinert e Jéssica Pereira, pelo envolvimento e comprometimento com os ensaios e resultados voltados ao uso de papel impregnado, o qual, sem a colaboração de cada um, não seria possível de ser realizado..

E a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento e realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho consiste na produção de dois tipos de painéis de partículas reconstituídas MDP (*Medium Density Particleboard*), sendo o primeiro com adição, na camada interna, de partículas de papel impregnado, nas proporções de 0%, 1%, 5% e 20%. Na segunda tipologia de painel de MDP foi inserido o uso de lâminas de bambu da espécie *Dendrocalumus giganteus* como revestimento e reforço estrutural. O painel MDP, utilizado como base para ambos os casos, tem como composição três camadas, sendo duas externas com partículas de granulometrias menores e uma camada interna composta de partículas de granulometrias maiores. Foram realizados ensaios físicos e mecânicos baseados na norma NBR 14.810/2006 para a determinação da densidade do painel, inchamento em espessura, absorção de água, teor de umidade, flexão estática, tração perpendicular e paralela, além do ensaio de granulometria das partículas não existente na norma citada. Os resultados obtidos foram analisados e comparados aos resultados dos painéis comerciais produzidos com 100% de Eucalipto, com base nos limites especificados pela norma ABNT NBR 14.810/2006. Os valores dos ensaios apresentaram resultados próximos as especificações normativas indicando, de forma positiva, a possibilidade de produção de MDP com o aproveitamento de resíduos de papel impregnado. Já para o painel com lâminas de bambu, os ensaios apresentaram um desempenho mecânico muito superior ao MDP de mercado, justificando o estudo e a possibilidade de implementação do bambu para usos aonde o MDP venha a sofrer maior esforço mecânico, como portas, tampos de bancadas e mesas.

Palavras-chave: Painéis de madeira, MDP, Papel Impregnado, Bambu.

ABSTRACT

This work is the production of two types of particle boards reconstructed MDP (Medium Density Particleboard), the first with the addition, in the inner layer of particles of impregnated paper, the ratios of 0%, 1%, 5% and 20 %. In the second type of panel MDP was inserted with blades of bamboo species *Dendrocalumus giganteus* as coatings and structural reinforcement. The MDP panel, used as a basis for both cases has the composition of three layers, two external particles with smaller particle size and an inner layer composed of particles of larger particle sizes. Assays were performed based on physical and mechanical NBR 14.810/2006 for the determination of the board density, thickness swelling, water absorption, moisture content, bending, tension parallel and perpendicular, and testing of particle sizes of the particles did not exists in standard references. The results were analyzed and compared the results of the commercial boards made from 100% eucalyptus, based on the limits specified by the ABNT NBR 14.810/2006. The values of the tests showed similar results indicating normative specifications in a positive way, the possibility of production of MDP with the use of waste paper impregnated. As for the panel with bamboo blades, the tests showed a mechanical performance far superior to MDP market, explaining the study and possible implementation of the bamboo for use where the MDP will suffer greater mechanical stress, such as doors, tops and benches tables.

.

Keywords: Wood panels, MDP, Impregnated Paper. Bamboo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação dos painéis particulados e de fibras no cenário brasileiro. ..	23
Tabela 2 - Distribuição geofísica dos pólos moveleiros no Brasil.....	24
Tabela 3 - Localização das maiores empresas fabricantes de painel reconstituído de madeira.	27
Tabela 4 - Demanda mundial de painéis de madeira	28
Tabela 5 - Capacidade instalada para produção de painéis de madeira reconstituída no Brasil (2008).	30
Tabela 6 - Composição do papel decorativo impregnado.	51
Tabela 7 - Propriedades dos painéis de partículas com adição de papel impregnado.	52
Tabela 8 - Propriedades dos painéis de partículas com adição de papel impregnado.	53
Tabela 9 - Comparativo dos constituintes químicos do bambu e da madeira de fibra longa.	58
Tabela 10 - Composição camada interna.....	65
Tabela 11 - Dosagens e resina utilizada na encolagem das partículas.....	69
Tabela 12 - Análise granulométrica do papel.	86
Tabela 13 - Granulometria por peneira para cada condição estudada.....	87
Tabela 14 - Valor final de densidade (Kg/m^3)	88
Tabela 15 - Resultados para Tração Perpendicular (Kgf/cm^2).	90
Tabela 16 - Resultados do teste de Flexão Estática (Kgf/cm^2).	91
Tabela 17 - Resultado do teste de Tração Paralela (Kgf/cm^2).....	93
Tabela 18 - Resultados do teste de inchamento em espessura e absorção.	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação do painel MDP nos diferentes segmentos de mercado.	23
Figura 2 - Localização dos principais produtores de painéis de madeira reconstituída.	25
Figura 3 - Participação das regiões produtoras de MDP em 1995.	26
Figura 4 - Participação das regiões produtoras de MDP (2005).....	26
Figura 5 - Principais regiões consumidoras de MDP (2005).	28
Figura 6 - Participação do Brasil na produção de MDP de 1990 a julho de 1999.	29
Figura 7 - Consumo per capita do MDP dos principais países em 2006.....	31
Figura 8 - Consumo per capita do MDP dos principais países em 2009.....	31
Figura 9 - Evolutivo de preços dos painéis de madeira reconstituída.	32
Figura 10 - Curvas de demanda x ofertas do MDP para os próximos anos	33
Figura 11 - Processo Produtivo do aglomerado/MDP.	34
Figura 12 - Equipamentos para redução das partículas.....	36
Figura 13 - Partículas de papel impregnado.....	48
Figura 14 - Distribuição de painéis de madeira segundo os principais tipos de revestimento.....	50
Figura 15 - Tipos de rizoma.....	56
Figura 16 - Vista em corte dos constituintes do colmo do bambu.	57
Figura 17 – Distorção dos feixes fibrovasculares na região nodal	57
Figura 18 - Seleção da matéria-prima para os testes.....	66
Figura 19 - Processamento do papel impregnado em partículas	67
Figura 20 - Balança laboratorial Metler	68
Figura 21 - Pesagem de partículas de papel impregnado e Eucalipto na camada interna.	68
Figura 22 - Processo de encolagem das partículas.	69
Figura 23 - Teste de “gel time”.	70
Figura 24 - Aspersor adicionando resina às partículas presentes na encoladeira. ...	70
Figura 25 - Formação do colchão com papel impregnado na camada interna.....	71
Figura 26 - Pré-prensagem manual do colchão.	72
Figura 27 - Colchão após a pré-prensagem.....	72
Figura 28 - Prensagem do colchão.	73

Figura 29 - Corpos de prova para os testes	74
Figura 30 - Corpos de prova para os testes	75
Figura 31 - Medição de corpos de prova para teste de densidade.....	75
Figura 32 - Máquina Universal de Ensaaios – Marca Emic.....	76
Figura 33 - Ensaio de tração perpendicular.	76
Figura 34 - Ensaio de flexão estática para determinação do módulo de ruptura e elasticidade.	77
Figura 35 - Ensaio de inchamento.....	78
Figura 36 - Processo Produtivo para obtenção das lâminas de bambu.	81
Figura 37 - Prensagem das taliscas de bambu no painel MDP.....	81
Figura 38 - Esquematização de corte e painéis prontos.	82
Figura 39 - Usinagem dos corpos de prova.....	83
Figura 40 - Máquina Universal de Ensaaios.....	84
Figura 41 - Corpos de prova para flexão e tração.....	85
Figura 42 - Granulometria das partículas para cada condição estudada.	87
Figura 43 - Valores obtidos de Densidade.	89
Figura 44 - Resultados: Tração Perpendicular.....	91
Figura 45 - Resultados: Flexão Estática.....	92
Figura 46 - Resultados: Tração Paralela.....	94
Figura 47 - Resultados: Inchamento 2hr.	96
Figura 48 - Resultados: Absorção 2hr.....	96

APÊNDICE A

Figura A 1 - Ensaio de flexão estática (revestimento com bambu).	109
Figura A 2 - Ensaio de tração paralela (revestimento com bambu – prova em branco).	110
Figura A 3 - Ensaio de tração paralela (revestimento com bambu).....	111
Figura A 4 - Ensaio de flexão estática (condição 1 para papel impregnado)	112
Figura A 5 - Ensaio de flexão estática (condição 2 para papel impregnado).	113
Figura A 6 - Ensaio de flexão estática (condição 3 para papel impregnado).	114
Figura A 7 - Ensaio de flexão estática (condição 4 para papel impregnado).	115
Figura A 8 - Ensaio de tração perpendicular (condição 1 para papel impregnado).	116
Figura A 9 - Ensaio de tração perpendicular (condição 2 para papel impregnado).	117
Figura A 10 - Ensaio de tração perpendicular (condição 3 para papel impregnado).	118
Figura A 11 - Ensaio de tração perpendicular (condição 4 para papel impregnado).	119

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivos Gerais.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Painéis MDP (Medium Density Particleboard)	18
3.1.1 O Surgimento do Painel Aglomerado.....	18
3.1.2 Um Novo Conceito de Painel.....	21
3.1.3 Aplicação do Painel MDP	22
3.1.4 Participação do MDP no Mercado de Painéis.....	25
3.1.4.1 Panorama Geral	25
3.1.4.2 Panorama Nacional	29
3.1.4.3 Tendências de Mercado	32
3.1.5 Processo Produtivo do MDP	33
3.1.5.1 Colheita e Replântio da Madeira	34
3.1.5.2 Descascamento.....	35
3.1.5.3 Picador e Estocagem de Cavacos.....	35
3.1.5.4 Moinho Martelo / Ring Flakers.....	36
3.1.5.5 Secagem das Partículas.....	36
3.1.5.6 Classificação das Partículas.....	37
3.1.5.7 Aplicação de Adesivo	37
3.1.5.8 Formação do Colchão	38
3.1.5.9 Pré-prensagem e Prensagem	38
3.1.5.10 Corte Transversal	39
3.1.5.11 Resfriamento e Acondicionamento.....	39
3.1.5.12 Lixamento e Corte	39
3.1.6 Características e Propriedades do Painel MDP	40

3.1.6.1 Tração Paralela	40
3.1.6.2 Tração Perpendicular	40
3.1.6.3 Absorção de Água e Inchamento em Espessura.....	41
3.1.6.4 Flexão Estática.....	41
3.1.6.5 Umidade	42
3.1.6.6 Espessura Final.....	42
3.1.6.7 Granulometria e Razão de Esbeltez.....	43
3.1.6.8 Densidade e Razão de Compactação	43
3.1.7 Matérias-primas Utilizadas.....	44
3.2 Papel Impregnado.....	45
3.2.1 Resíduos Sólidos Industriais.....	46
3.2.2 Definição de Papel Impregnado.....	46
3.2.3 Composição do Papel Impregnado.....	48
3.2.4 Mercado de Painéis Revestidos.....	49
3.2.5 Características Tecnológicas do Uso do Papel Impregnado no MDP.....	51
3.2.6 Padrões Utilizados	53
3.3 Bambu.....	54
3.3.1 Bambu: Conceitos Gerais	55
3.3.2 Características Físico-mecânicas do Bambu.....	59
3.3.3 Espécies quanto ao Uso	60
3.3.4 Principais Etapas na Produção de Lâminas de Bambu	62
3.3.4.1 Corte.....	62
3.3.4.2 Cura e Secagem.....	63
3.3.4.3. Durabilidade	63
3.3.4.4 Processamento do Colmo e Obtenção das Taliscas de Bambu.....	64
4 MATERIAIS E MÉTODO	65
4.1 Teste 1	65
4.1.1 Papel impregnado na Camada Interna	65
4.1.1.1 Redução do Papel Impregnado em Partículas Menores	66

4.1.1.2 Teor de Umidade.....	67
4.1.1.3 Encolagem das Partículas.....	68
4.1.1.4 Formação do Colchão	71
4.1.1.5 Pré-prensagem do Colchão.....	71
4.1.1.6 Prensagem do Colchão	73
4.1.2 Ensaio Realizados	73
4.1.2.1 Granulometria e Densidade.....	74
4.1.2.2 Tração Perpendicular	76
4.1.2.3 Flexão Estática.....	77
4.1.2.4 Inchamento em Espessura.....	78
4.1.2.5 Absorção de Água.....	79
4.2 Teste 2	79
4.2.1 Utilização do Bambu como Revestimento	79
4.2.1.1 Usinagem do bambu	80
4.2.1.2 Revestimento dos Painéis MDP com Lâminas de Bambu.....	81
4.2.1.3 Preparação dos Corpos de Prova	82
4.2.2 Ensaio	83
4.2.2.1 Tração Paralela	83
4.2.2.2 Flexão Estática.....	84
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
5.1 Granulometria e Densidade	86
5.2 Tração Perpendicular	89
5.3 Flexão Estática.....	91
5.4 Tração Paralela.....	93
5.5 Inchamento e Absorção	95
5.6 Teor de Umidade	97
6 CONCLUSÕES	98
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
8 APÊNDICE A - GRÁFICOS DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	108

1 INTRODUÇÃO

Em um futuro próximo, madeiras provenientes de espécies com rápido crescimento e pequeno porte tenderão a compor o mercado mundial, devido à alta necessidade e pressões econômicas por resultados imediatos.

Consequentemente, a aceitação de novos produtos à base de matéria-prima modificada, vem crescendo constantemente no cenário global. Em resposta a isto, diversas empresas incentivam pesquisas a fim de obter seu produto a partir de um baixo custo, sem prejuízo da qualidade, além de com isso preservar o meio ambiente.

Um exemplo amplamente conhecido e difundido neste contexto são os painéis de madeira reconstituída, dentre eles o MDP (*Medium Density Particleboard*), que foram desenvolvidos como novas alternativas para o consumo de madeira no Brasil, devido à sua exploração indiscriminada, principalmente nas fronteiras, onde a fiscalização se torna ineficiente devido a sua vasta extensão de aproximadamente 15.000 km.

O consumo desses painéis cresceu exponencialmente a partir da década de 90, pois além de suprimir o uso de madeira de lei a um menor custo sem perder algumas de suas qualidades, também proporcionou opções decorativas, fornecidas através do seu revestimento superficial, com diversos tipos de tonalidades, sendo processados pelos sistemas FF (*Finish Foil*), BP (*Baixa Pressão*) ou AP (*Alta Pressão*).

Como em qualquer linha de produção, durante o processo de revestimento MDP, a geração de resíduos torna-se inevitável, sendo necessário que sejam realizados estudos para sua minimização ou reaproveitamento. Durante esta etapa de revestimento, considerável quantidade de papel impregnado com resina é removida e descartada, sendo que este resíduo poderia ser quantificado e analisado para verificar um possível reaproveitamento, contribuindo com o meio ambiente, além de representar um significativo retorno financeiro à indústria.

Cabe salientar que além de se garantir um painel MDP ecologicamente correto e economicamente viável, deve-se buscar melhorar suas propriedades tanto físicas como mecânicas, através de inovações tecnológicas empregadas nas linhas

de produção, ou então pela inserção de novos materiais que venham a contribuir com este propósito, verificando sempre a relação custo benefício.

O uso do bambu poderia atender facilmente estes requisitos, por possuir um ciclo de crescimento rápido, além de oferecer alta resistência mecânica e módulo de elasticidade em flexão estática e paralela às fibras.

Apesar de possuir excelentes propriedades mecânicas, o bambu não é muito utilizado devido à geometria do seu colmo, e também por não existir normas que avaliem seu comportamento físico-mecânico para se realizar comparações, sendo para isso adaptado às normas utilizadas com a madeira.

Partindo dessas premissas, a necessidade de aproveitamento de resíduos e ou a melhoria nas propriedades dos painéis, o presente estudo avaliou o comportamento físico-mecânico do painel MDP de acordo com duas composições: particulado de Eucalipto com adição de resíduos sólidos em sua camada interna; e particulado de Eucalipto com a utilização de lâminas de bambu como revestimento superficial.

No primeiro compósito, o resíduo sólido utilizado, visa além do aproveitamento de rejeito industrial, aumentar as propriedades do material através do papel impregnado proveniente das linhas de produção de uma empresa do Estado de São Paulo. No segundo, o bambu foi utilizado como reforço visando elevar a resistência mecânica do painel, ao mesmo tempo em que possibilita o desenvolvimento de um novo tipo de revestimento por meio de lâminas da espécie *Dendrocalumus giganteus*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades físico-mecânicas de painéis MDP de *Eucalyptus sp*, produzidos com papel impregnado em função de sua dimensão e quantidade de partículas na camada interna, e também com lâminas de bambu (*Dendrocalumus giganteus*) como revestimento em sua camada externa, tendo como meta avaliar as propriedades físico-mecânicas do painel MDP através de reutilização de resíduos e utilização de novas fontes de matéria-prima.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos quanto à adição de papel impregnado na camada interna são:

- Estudar a caracterização física e mecânica do painel MDP;
- Avaliar possível melhoria nas propriedades físico-mecânicas do painel, comparando com painéis já produzidos comercialmente.

Os objetivos específicos quanto à utilização de lâminas de bambu como revestimento são:

- Estudar processo de produção de lâminas de bambu;
- Definir metodologia para realização dos testes do painel MDP com adição de lâminas de bambu como revestimento;
- Definir metodologia par analisar a colagem das lâminas nos painéis;
- Caracterização física e mecânica do painel MDP;
- Análise dos resultados de caracterização e avaliação preliminar do acabamento superficial;
- Estudar a utilização de materiais renováveis originários do Brasil para usos industriais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir se encontra a revisão bibliográfica com o objetivo de introduzir ao leitor os conceitos pertinentes sobre o assunto a ser tratado neste trabalho, bem como contextualizá-lo com as literaturas voltadas a este ramo da engenharia.

3.1 Painéis MDP (Medium Density Particleboard)

Os itens abaixo trazem alguns dados sobre o painel MDP, como um breve histórico de seu surgimento, dados de mercado nacional e mundial, bem como uma simplificada explicação de seu processo produtivo.

3.1.1 O Surgimento do Painel Aglomerado

Segundo Valença et al. (1999), as partículas de madeira ou de outros materiais, aglutinados por meio de resina a alta temperatura e pressão, são definidas como chapas de madeira aglomerada ou simplesmente aglomerado, sendo que em seu processo produtivo podem ser adicionados diversos agentes químicos para evitar mofo, umidade, ataque de insetos e retardantes de fogo.

Já para Macedo e Roque (2002), o painel aglomerado é formado a partir da redução da madeira em partículas, sendo que após sua obtenção, estas são impregnadas com resina sintética e, arranjadas de maneira consistente e uniforme, formando um colchão, que por sua vez, pela ação controlada do calor, pressão e umidade, adquire a forma definitiva e estável.

Mas independente da definição, o fato é que para a indústria chegar a esse atual patamar de produção, diversos estudos foram elaborados ao longo da história do painel MDP. Os relatos mais detalhados sobre o desenvolvimento da indústria de chapas de madeira aglomerada foram feitos pelo Dr. Wilhem Klauditz,

diretor do Instituto de Pesquisas Madeireiras, na Escola Técnica Superior de Braunschweig, com a cooperação do professor F. Kollm, técnico madeireiro de fama mundial (CARNOS, 1976).

Em 1933 nos EUA, Nevin sugeriu a mistura de maravalhas com serragem grossa para que, junto a adesivos, o colchão fosse formado com prensagem e calor (MALONEY 1993). Uma série de patentes relacionadas com a fabricação de painéis particulados e resinas termofixas foram desenvolvidas ao longo da década de 30, mas não houve produção comercial de painéis de partículas até 1941. Havia uma produção em pequena escala e desenvolvimento na Alemanha e na Suíça durante a Segunda Guerra Mundial e logo ficou evidente a criação de uma sólida indústria com forte base econômica e tecnológica. Isto significava que a disposição dos resíduos de madeira e resinas fenólicas juntos, foram aceitos através de suas propriedades mecânicas para várias aplicações (MITLIN, 1968).

Em 1941, eram fabricadas na Alemanha as primeiras chapas reconstituídas utilizando lascas de madeira e restos de compensado triturados. Os americanos foram os pioneiros em desenvolver uma técnica para a fabricação de uma tábua que utilizava madeira desfibrada com posterior compressão para uni-las novamente por meio de um aglomerante, fazendo frente ao compensado da época. Já na Europa, o método foi desenvolvido pela família Fahrni e o alemão Himmelheber. Fahrni criou a primeira chapa de três camadas em forma prática, usável e que foi produzida industrialmente. Himmelheber desenvolveu interpretações sobre o desenvolvimento das resinas a base de uréia formol sob o ponto de vista técnico e econômico, para a produção de aglomerados. A revista *“A valorização dos restos de madeira”*, publicada no ano de 1887, trouxe uma das primeiras sugestões sobre a fabricação de madeira artificial utilizando lascas de serragem e albumina de sangue com o auxílio de pressão e temperatura (CARNOS, 1976).

Em 1937, Chappuis descreve a produção de chapas de partículas secas aglutinadas com adesivo em pó, bakelite. Nos anos de 1938 a 1940, Torfitwerke G.A. Haseke obteve patente sobre os métodos de produção de chapas de partículas. A primeira tratava do uso de adesivos líquidos e secagem após a aplicação do adesivo como forma de diminuição da umidade. A segunda tratava da colagem na prensa antes da remoção das chapas como forma de prevenir a explosão em chapas de alta densidade. Esta empresa construiu em Bremen na Alemanha, no ano de 1941, uma indústria de chapas de partículas comercial que é

considerada a primeira planta operacional. Questiona-se, entretanto se a indústria americana Farley & Loetscher MFG. Corp. foi a primeira seguida pela planta da Dyas, porém não há um consenso internacional a esse respeito. A indústria Bremen produzia 10t dia usando a cola fenólica como adesivo (MALONEY 1993).

As usinas pioneiras, segundo os planos traçados por Fahrni, foram montadas nos anos de 1943 e 1944, sendo que durante o ano de 1942 foram produzidos industrialmente cerca de 500.000m² chapas de madeira aglomerada. A fabricação de chapas de aglomerado sofreu intensa estagnação após o término da Segunda Guerra Mundial, sendo reflexo da grande dificuldade em obter aglomerante e madeira. Mas em 1949, com o desenvolvimento das resinas sintéticas apropriadas, a produção foi reativada, estimulando os fabricantes de máquinas que passaram a desenvolver cortadores de biruta, peneiras, secadores, prensas hidráulicas com dispositivos especiais de carga e descarga, com capacidade de produção crescente. As primeiras chapas para a fabricação de móveis chegaram aos usuários da Alemanha no ano de 1952. A partir de então, o desenvolvimento de novas indústrias e a demanda do produto obteve um rápido crescimento em todo o mundo (CARNOS, 1976).

Segundo MITLIN (1968), um dos fatores que ajudou o crescimento da indústria consideravelmente foi à introdução de normas e controle de qualidade. Um ponto interessante aqui é que a Grã Bretanha, que ainda hoje é um dos mais baixos consumos per capita das chapas de aglomerado no oeste da Europa, não só publicou normas para a fabricação deste produto antes da Alemanha, onde o produto foi desenvolvido; mas foi também o primeiro a sugerir o controle estatístico da qualidade, que hoje é empregada em todas as grandes plantas fabris de produção de MDP.

No Brasil o pioneirismo na produção de madeira aglomerada coube à MADEQUÍMICA S/A, uma das empresas do GRUPO PEIXOTO DE CASTRO, com uma produção média de 160 t/dia, sendo também fabricado posteriormente na ALPLAN S.A. com uma produção de 60 t/dia, valores estes considerados altos para o ano de 1976. (CARNOS, 1976).

Segundo MATTOS et al. (2008), o aglomerado começou a ser fabricado no Brasil na segunda metade da década de 1960, quando o grupo francês Louis Dreiffus construiu a primeira fábrica, Placas do Paraná, em Curitiba. Posteriormente, surgiu a fábrica da Satipel, em 1970, localizada em Taquari (RS). Em seguida, foram

instaladas as fábricas do grupo nacional Peixoto de Castro (Madeplan e Alplan) e a do grupo alemão Freundenberg, que em 1984 foram compradas pela Duratex.

3.1.2 Um Novo Conceito de Painel

Com a consolidação da indústria do painel de partículas no cenário mundial, diversas empresas investiram em equipamentos para densificar a sua produção. Como resultado, a evolução da qualidade do painel de partículas se tornou um fator inerente ao seu próprio sucesso. Segundo Berneck (2007) o avanço deste setor é explicado pela nova tecnologia empregada na linha de produção, deixando para trás o conceito de “painel aglomerado”, sendo intitulada atualmente de painel MDP, considerado a evolução dos painéis de partículas. O autor afirma ainda que a substituição da prensa de ciclo pela contínua e a utilização de classificadores e softwares de controle deram origem a um novo produto, de maior qualidade, durabilidade e resistência.

Berneck (2007) relata que muitas empresas já se instalaram com as novas linhas de MDP, pois querem deixar para trás a imagem negativa deixada pelo aglomerado, que no passado ficou conhecido como painel de segunda linha, que com o tempo esfarelava e deformava com a ação do calor e da umidade, fazendo com que perdesse espaço e mercado para o painel MDF.

A partir de 1990 as novas tecnologias quanto à fabricação do MDP vieram para o Brasil, para se somar às antigas tecnologias de fabricação do velho aglomerado que exigia um laminado de madeira para o acabamento final da superfície. Hoje as chapas modernas de MDP já são as mais utilizadas no setor moveleiro, havendo grandes perspectivas de aumento de produção, tanto para consumo no mercado interno quanto para a exportação devido ao aumento de sua qualidade e também pela conscientização dos consumidores em adquirir um produto originário de reflorestamentos certificados de Pínus e Eucalipto. Há um aproveitamento quase que total da madeira das árvores, o que faz com que o custo de produção seja competitivo e o preço e qualidade do produto altamente atrativo (FOELKEL, 2008).

Algumas características que resultaram na evolução do painel aglomerado para o MDP de acordo com a revista REMADE (2006) são:

- Alta densidade na camada externa, assegurando melhores resultados em pinturas, impressões e revestimentos melamínicos;
- Conceito de produção em três camadas, sendo disposto um colchão de partículas no miolo e camadas mais finas na superfície;
- Maior homogeneidade e uniformidade das partículas tanto na camada externa como na interna;
- Propriedades mecânicas superiores principalmente quanto aos testes de arrancamento de parafuso, com menor absorção de umidade e empenamento;
- Utilização de resinas de última geração;
- Utilização de madeiras provenientes de florestas manejadas; ecologicamente e economicamente sustentáveis, resultando em um menor custo de aquisição do produto, colocando-o em crescente ascensão no mercado.

3.1.3 Aplicação do Painel MDP

As primeiras chapas de MDP (aglomerado) produzidas no Brasil, já eram apropriadas para fabricação de diversos tipos de móveis, fazendo com que sua produção viesse a se tornar um forte potencial para o setor moveleiro, sendo caracterizada em geral por conter peso bruto médio; superfície plana, regular e fechada com boa firmeza para pregos e parafusos e boa capacidade e estabilidade em uso vertical (CARNOS, 1976).

Após a estruturação das empresas para sua produção, o MDP ganhou espaço, atendendo a diferentes segmentos no mercado nacional e mundial, consolidando-se cada vez mais no setor moveleiro (Figura 1). De acordo com Mattos et. al (2008), o MDP é amplamente utilizado na fabricação de móveis retilíneos como tampos de mesa, laterais de armários, estantes e divisórias, podendo ser empregado de forma secundária na construção civil.

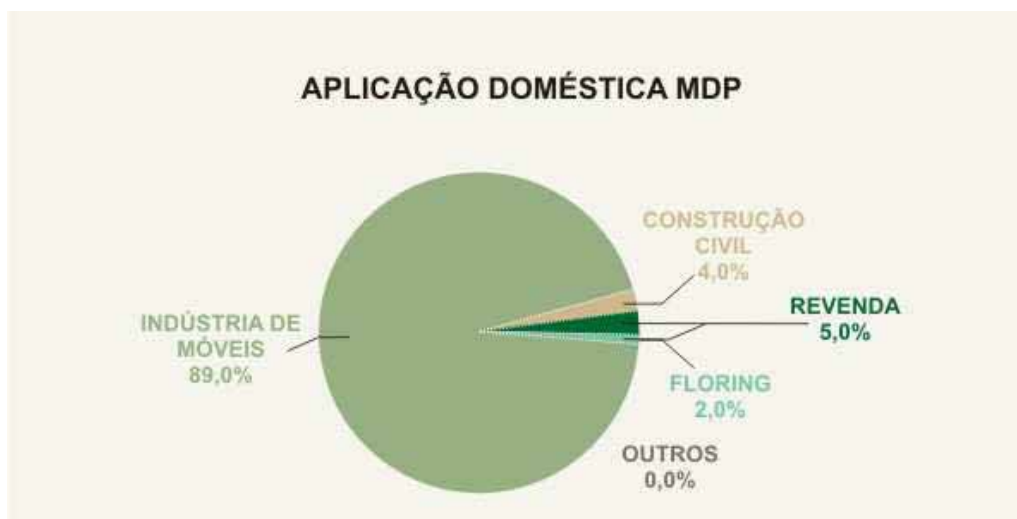


Figura 1 - Participação do painel MDP nos diferentes segmentos de mercado.
Fonte: ABIPA (2010).

Segundo Biazus et al. (2010), no Brasil, pelo menos 73% do consumo dos painéis de madeira reconstituída provém da indústria de móveis (comercialização direta), sendo uma pequena parcela não desprezível comercializada por revendedores (18%), que atendem tanto a pequenos fabricantes de móveis quanto à indústria da construção civil. Em geral, a indústria moveleira configura-se, direta ou indiretamente e com ampla vantagem, como a principal consumidora de painéis de madeira no país (Tabela 1).

Tabela 1 - Participação dos painéis particulados e de fibras no cenário brasileiro.

Segmento	MDP		MDF		Total	
	mil m ³	%	mil m ³	%	mil m ³	%
Indústria de móveis	2.343	89	1.245	55	3.588	73
Revenda	132	5	747	33	878	18
Construção civil	105	4	181	8	286	6
Piso laminado	53	2	91	4	143	3
Total	2.633	100	2.263	100	4.896	100

Fonte: ABIPA (2008).

Macedo e Roque (2002) confirmam esta demanda do setor moveleiro, devido à grande gama de acabamentos possíveis através da utilização de revestimentos com papéis impregnados com resinas melamínicas, pinturas, papéis envernizáveis ou até mesmo folhas de madeira natural.

Essas indústrias em sua grande parte se localizam nas regiões sul e sudeste do país. Por consequência as empresas produtoras de MDP também se concentram nestas regiões por questões estratégicas visando diminuir custos de transporte (Tabela 2). Já na região nordeste, os custos com frete e transporte encarecem os produtos a base de chapas de madeiras reconstituídas, apesar de estas regiões serem grandes consumidoras destes produtos (VALENÇA et al., 1999).

Tabela 2 - Distribuição geofísica dos pólos moveleiros no Brasil

Pólos moveleiros no país por região (2006)								
Sul			Sudeste		Norte, Nordeste e Centro-Oeste			
	Principais pólos	Número aproximado de empresas		Principais pólos	Número aproximado de empresas	Principais pólos		Número aproximado de empresas
PR	Arapongas Cascavel Curitiba Francisco Beltrão Londrina	2.133	MG	Uberlândia Uberaba	2.126	PE, CE, BA, AM e MA	Fortaleza Imperatriz Mauá Recife Salvador	1.102
RS	Bento Gonçalves Canela Caxias do Sul Erechim Gramado Lagoa Vermelha Passo Fundo Restinga Seca Santa Maria	2.443	SP	Jacaré Mirassol São Paulo Votuporanga	3.754	Demais	-	1.630
SC	Chapecó Pinhalzinho Rio Negrinho São Bento do Sul São Lourenço do Oeste	2.020	ES	Colatina Linhares Vitória	313			
			RJ	-	583			
Total		6.596	Total		6.776	Total		2.732

Fonte: ABIPA (2006).

Podemos ver pela Tabela 2 que o número de empresas moveleiras nas regiões sul/sudeste do Brasil correspondem a 82,9%, justificando assim a localização dos maiores produtores de painéis reconstituídos de madeira neste cenário, como ilustrado na Figura 2 abaixo.

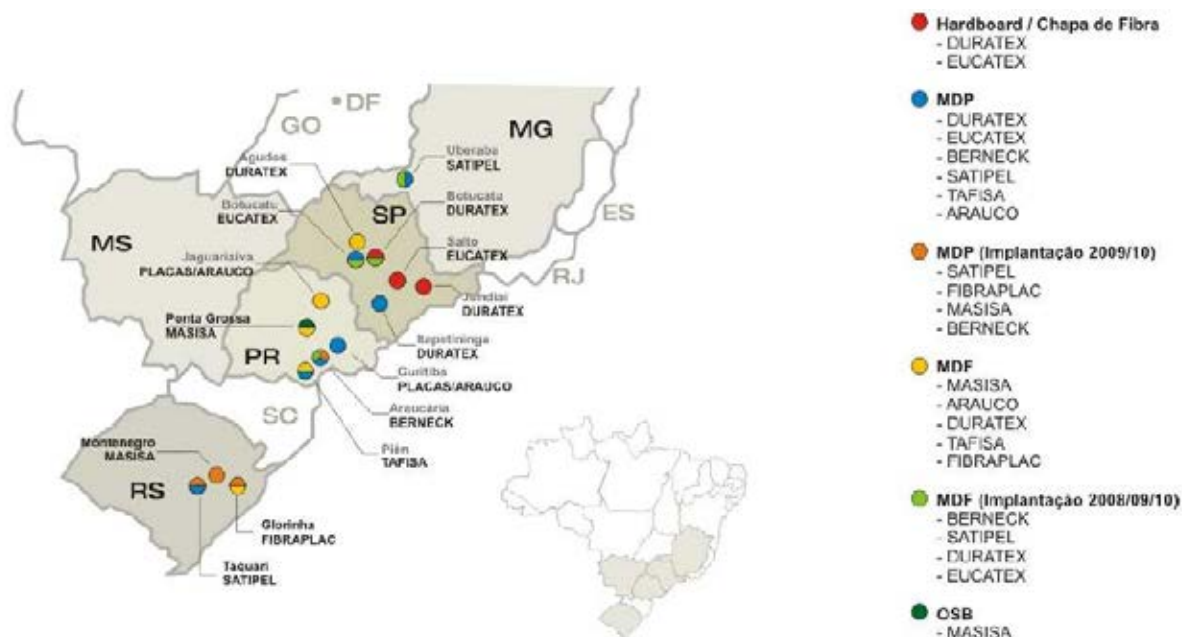


Figura 2 - Localização dos principais produtores de painéis de madeira reconstituída. Fonte: ABIPA (2010).

3.1.4 Participação do MDP no Mercado de Painéis

Durante o período de transição no mundo e no mercado brasileiro quanto à produção e aceitação dos painéis de madeira reconstituída, os números referentes à produção e demanda vem crescendo no âmbito do cenário mundial. A seguir estão às informações pertinentes a essa visão, trazendo um breve histórico dessa evolução focando o MDP, bem como a situação atual e a projeção de mercado.

3.1.4.1 Panorama Geral

Segundo Macedo e Roque (2002), a produção mundial do MDP evoluiu de 43 milhões de m³ em 1985, para cerca de 55 milhões de m³ em 1995, resultando em um crescimento médio anual de 2,5%. Essa taxa, entretanto, é bastante diferenciada quando se compara o desempenho de diversas regiões ou países, pois enquanto China, Coreia, Japão, Indonésia e Tailândia tiveram, conjuntamente, naquele mesmo período, um crescimento da produção próximo de 10% a.a., a taxa

relativa do aumento da produção dos dois maiores produtores - Alemanha e Estados Unidos foi praticamente igual à da média mundial, 2,5% a.a. (Figura 3).

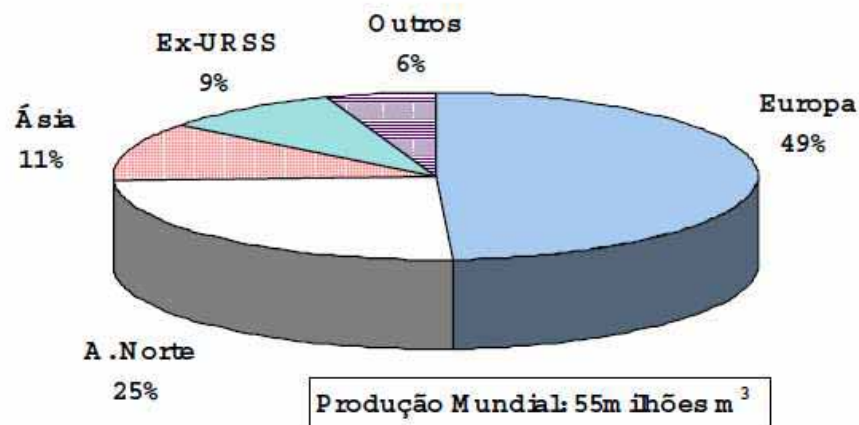


Figura 3 - Participação das regiões produtoras de MDP em 1995.
Fonte: Macedo e Roque (2002).

Em 2005, a produção mundial de aglomerado alcançou 99,7 milhões de m³ (Figura 4), destacando-se como maior produtor os Estados Unidos, responsável por 21% deste volume.

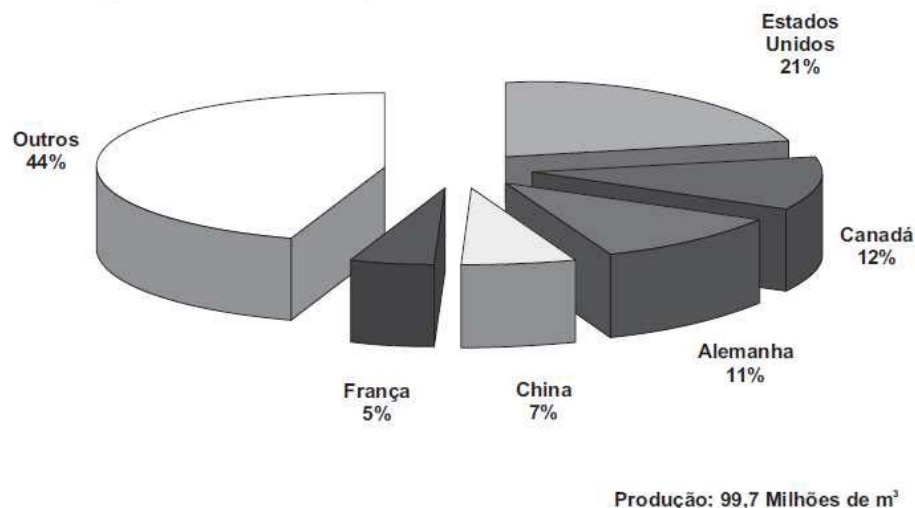


Figura 4 - Participação das regiões produtoras de MDP (2005).
Fonte: MATTOS et. al. (2008).

A produção do MDP chegou em nível mundial, ao primeiro lugar do ranking quando comparado à fabricação de outros painéis. Na Tabela 3, estão listadas a localização das maiores empresas de painéis de madeira reconstituída,

com o Brasil ocupando o 6º lugar. A participação de stas empresas na produção total do MDP no mundo chega a 67% (BIAZUS, 2010).

Tabela 3 - Localização das maiores empresas fabricantes de painel reconstituído de madeira.

Posição/país	Painéis de madeira				Total (m³)
	Reconstituída			Processada mecanicamente	
	MDP (m³)	MDF (m³)	Chapa dura (m³)	Compensado (m³)	
1ª China	11.505.000	27.405.000	1.436.000	36.220.000	76.566.000
2ª EUA	18.164.320	3.021.390	860.000	10.375.740	32.421.450
3ª Alemanha	10.193.000	4.602.525	1.939.850	204.300	16.939.675
4ª Canadá	7.962.000	1.207.000	103.000	2.225.000	11.497.000
5ª Rússia	5.750.000	1.170.000	510.000	2.583.000	10.013.000
6ª Brasil	2.617.070	2.073.800	510.660	2.631.000	7.832.530
7ª Polônia	5.087.994	1.760.402	215.602	395.326	7.459.324
8ª Malásia	222.000	1.274.000	120.000	5.601.000	7.217.000
9ª França	4.525.049	1.016.584	126.681	360.000	6.028.314
10ª Turquia	3.181.000	1.921.000	250.000	111.000	5.463.000
Total (10 maiores)	69.207.433	45.451.701	6.071.793	60.706.366	181.437.293
Total (mundo)	103.534.985	57.313.163	8.653.460	77.356.105	246.857.713
% 10 maiores	67%	79%	70%	78%	73%

Fonte: Biazus et al. (2010).

Com relação à demanda, no período entre 1995 e 2005, o consumo mundial de aglomerado/MDP cresceu a uma taxa média anual de 4,2% (Figura 5), resultando em 100,3 milhões de m³ (MATTOS et al., 2008).

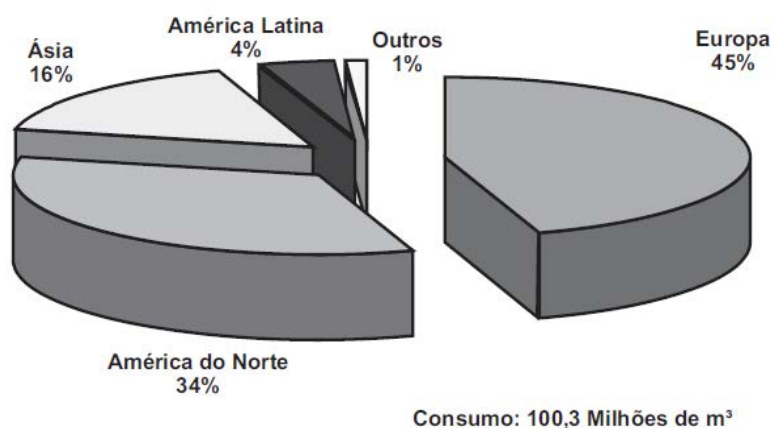


Figura 5 - Principais regiões consumidoras de MDP (2005).

Fonte: MATTOS et. al. (2008).

Segundo Biazus et. al. (2010), em 2008, o consumo mundial de painéis de madeira reconstituída chegou à casa dos 169,3 milhões de m³, sendo China e Estados Unidos os maiores consumidores. Deste total, o MDP teve participação de 59,7% (Tabela 4).

Tabela 4 - Demanda mundial de painéis de madeira

Posição/país	Painéis de madeira				Total (m³)	População (mil hab.)	Consumo per capita (m³/mil hab.)
	Reconstituída			Processada mecanicamente			
	MDP (m³)	MDF (m³)	Chapa dura (m³)	Compensado (m³)			
1ª China	11.992.379	25.628.036	1.106.987	30.046.976	68.774.378	1.353.311	50,8
2ª EUA	21.399.320	3.390.480	1.236.782	12.928.938	38.955.520	314.659	123,8
3ª Alemanha	9.356.000	2.063.006	1.109.982	1.158.544	13.687.532	82.167	166,6
4ª Canadá	6.108.000	1.703.000	688.000	1.372.000	9.871.000	140.874	70,1
5ª Rússia	1.523.000	951.000	85.000	6.159.000	8.718.000	127.156	68,6
6ª Brasil	5.398.563	1.612.970	129.881	418.711	7.560.125	38.074	198,6
7ª Polónia	2.880.997	1.153.000	9.000	3.501.000	7.543.997	33.573	224,7
8ª Malásia	2.632.950	2.262.900	361.390	656.000	5.913.240	193.734	30,5
9ª França	3.702.308	1.246.494	104.112	766.618	5.819.532	59.870	97,2
10ª Turquia	3.100.000	1.793.000	460.000	271.000	5.624.000	74.816	75,2
Total (10 maiores)	68.093.517	41.803.886	5.291.134	57.278.787	172.467.324	2.418.234	71,3
Total (mundo)	101.378.242	53.701.697	8.826.712	73.095.569	237.002.220	6.829.362	34,7
% 10 maiores	67%	78%	60%	78%	73%	35%	-

Fonte: Biazus et. al. (2010).

3.1.4.2 Panorama Nacional

Com a intensa e crescente demanda de matéria-prima pelo setor moveleiro, paralelamente às questões ambientais pelos extensos desmatamentos de florestas nativas, incentivos a reflorestamentos foram intensificados. Isto favoreceu o aumento da produção de painéis de madeira reconstituída.

Segundo Valença et al. (1999), a participação brasileira de produção de MDP, em 1990, foi de 494 mil m³, aumentando para 1313 mil m³ em 1998, conforme podemos verificar na Figura 6.



Figura 6 - Participação do Brasil na produção de MDP de 1990 a julho de 1999.
Fonte: Adaptado de Valença et. al. (1999).

Já em 2008, a produção brasileira atingiu cerca de 2,54 milhões de m³, demonstrando um aumento significativo em relação a meados da década de 90, (perdendo apenas para o compensado, mas sem se esquecer que grande parte do compensado produzido é voltada para exportação e não ao mercado interno). Para sua produção, em 2008, destacavam-se 5 grandes empresas chegando a uma produção de 3,1 milhões de m³/ano, sendo elas a Duratex, Arauco do Brasil, Berneck, Eucatex e Bonet, com destaque para Duratex e Berneck detentoras de 68% da capacidade total. Na Tabela 5, estão às maiores fábricas do Brasil quanto à fabricação de painéis de madeira reconstituída, bem como sua capacidade instalada (BIAZUS et al., 2010).

Tabela 5 - Capacidade instalada para produção de painéis de madeira reconstituída no Brasil (2008).

Painéis de madeira	Localização das fábricas	MDP		MDF		Chapa		Total	
		mil m ³	%	mil m ³	%	mil m ³	%	mil m ³	%
	RS, SP e								
Duralex	MG	1.500	48,2	1.000	36,1	360	60,0	2.860	44,1
Arauco do Brasil	PR	590	19,0	680	24,5	-	-	1.270	19,6
Berneck	PR	600	19,3	340	12,3	-	-	940	14,5
Eucatex	SP	360	11,6	-	-	240	40,0	600	9,3
Fibraplac	RS	-	-	450	16,2	-	-	450	6,9
Masisa do Brasil	RS	-	-	300	10,8	-	-	300	4,6
Bonet	SC	60	1,9	-	-	-	-	60	0,9
Total		3.110	100,0	2.770	100,0	600	100,0	6.480	100,0

Fonte: Biazus et al. (2010).

A participação do Brasil em relação ao consumo é ínfima estando abaixo tanto da média dos 10 maiores, como da média mundial conforme se pode ver na Tabela 4, isto devido à errônea entrada do MDP no mercado, pois era tido como produto de baixa qualidade (antigo aglomerado), e a produção de compensado que como dito anteriormente é voltado para o mercado externo. Mas a aceitação do MDP ganha status de ascensão permitindo otimismo quanto a sua demanda (BIAZUS et. al., 2010).

Esta aceitação pode ser considerada como reflexo da tecnologia empregada em seu processo produtivo, contribuindo com a melhora de sua qualidade como produto.

De acordo com ABIPA, o Brasil, em 2006, tinha um consumo per capita em torno de 3% do consumo mundial (Figura 7), sendo que, em 2009, este valor passou a 5%, consolidando seu crescimento no cenário nacional (Figura 8).

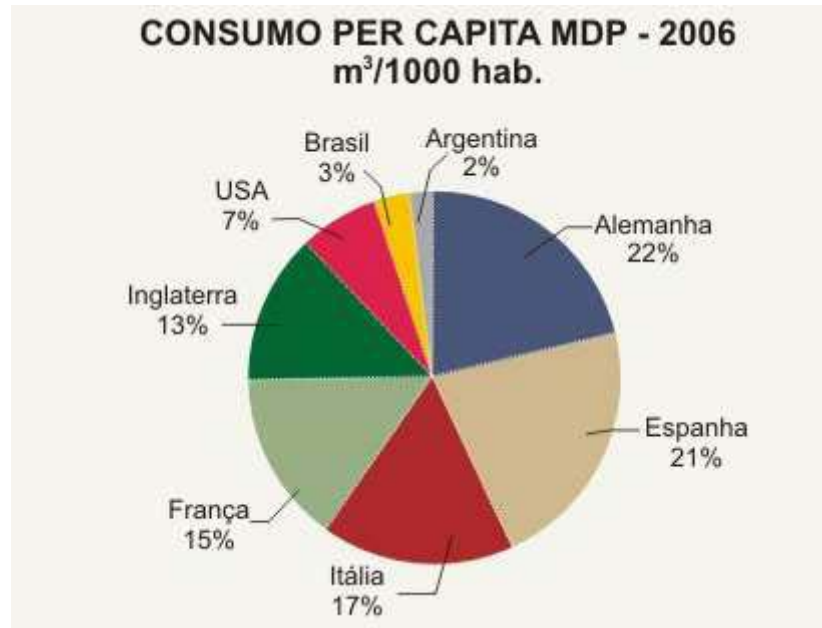


Figura 7 - Consumo per capita do MDP dos principais países em 2006
Fonte: ABIPA (2010).

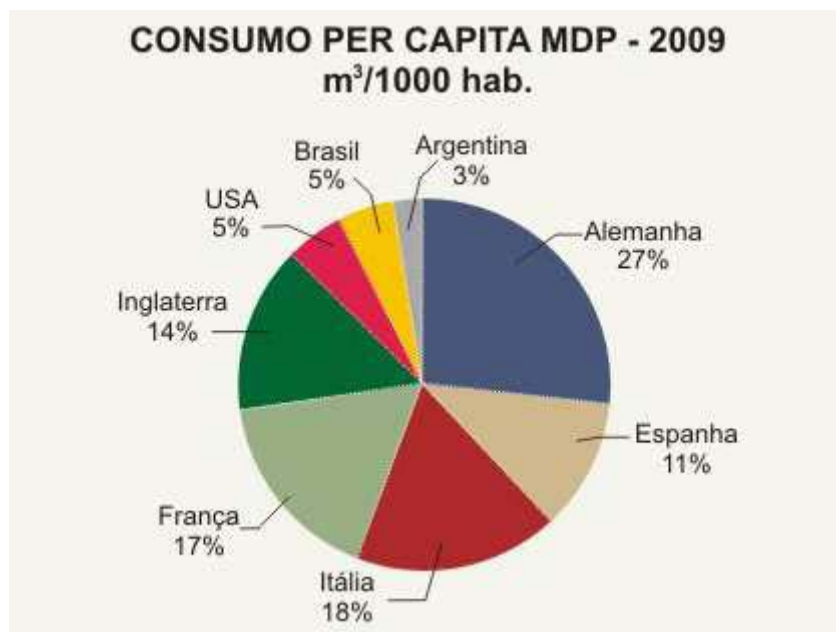


Figura 8 - Consumo per capita do MDP dos principais países em 2009.
Fonte: ABIPA (2010).

3.1.4.3 Tendências de Mercado

Quanto à questão de consumo, o MDP por ser um painel de menor valor agregado (Figura 9), ainda por questões econômicas, continuará movimentando pouco o mercado de exportação, pois o valor de transporte ainda não é compensatório. Já para o mercado interno as expectativas são as melhores.

Segundo a ABIPA (2007), a situação produtiva brasileira de painéis de madeira reconstituída é classificada como em constante crescimento. *“O Brasil está entre os mais avançados do mundo na fabricação de painéis de madeira reconstituída. É também o país com o maior número de fábricas de última geração. Com investimentos contínuos em tecnologia e automação, as empresas construíram versáteis e modernos parques industriais destinados à instalação de novas unidades, à atualização tecnológica das plantas já existentes, à implantação de linhas contínuas de produção e aos novos processos de impressão, de impregnação, de revestimento e de pintura”.*

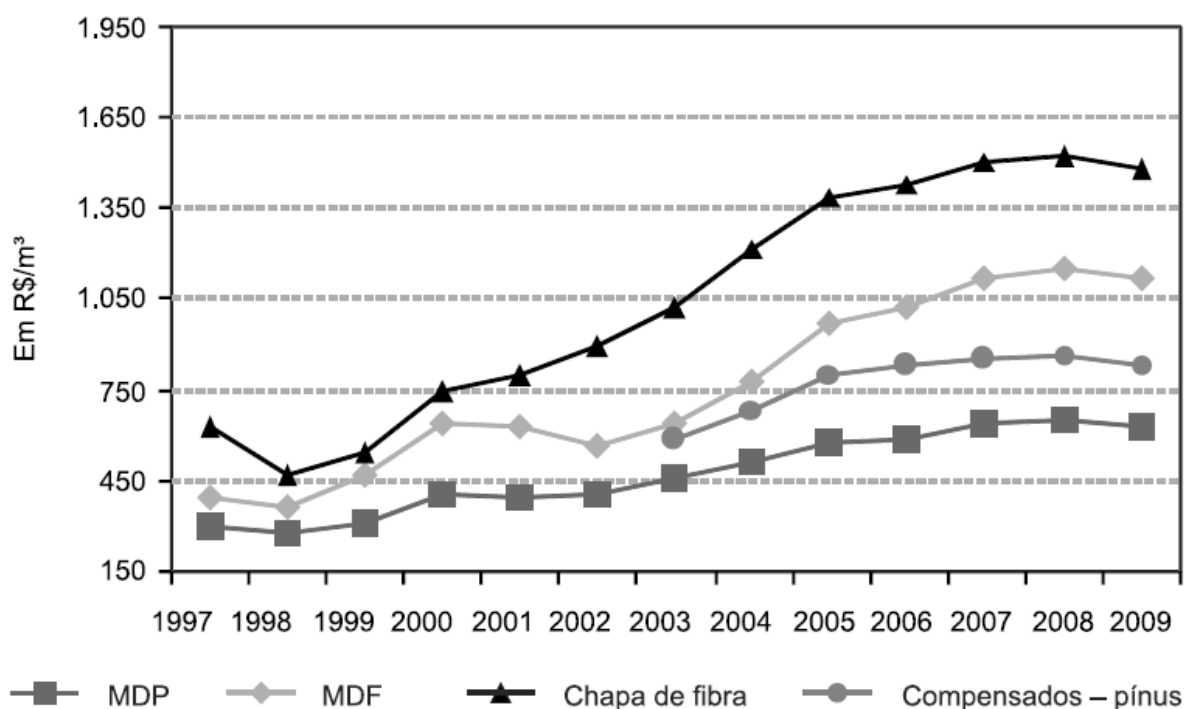


Figura 9 - Evolutivo de preços dos painéis de madeira reconstituída.

Fonte: BIAZUS et. al. (2010).

Com base nestas informações, Biazus et al. (2010), manifestou um forte otimismo para o ano e 2010 devido às condições de mercado que se apresentaram bastante favoráveis diante do cenário de recuperação vivido em 2009, consequência de uma das maiores crises internacionais de que se tem notícia. A ABIPA (2010) espera que a demanda por painéis de madeira reconstituída cresça, em média, 14,1% a.a. entre 2009 e 2013, sendo 15,7% a.a. deste total relativo ao MDP (Figura 10). Ainda nesse cenário, analisando o mercado de MDP, haveria espaço para projetos como a ampliação de Taquari (RS), com mais 200 mil t/ano em 2012, e a nova fábrica de Itapetininga (SP), com mais 1 milhão t/ano em 2013/14, uma vez que o patamar que aciona o gatilho para novos investimentos seria alcançado em 2012.

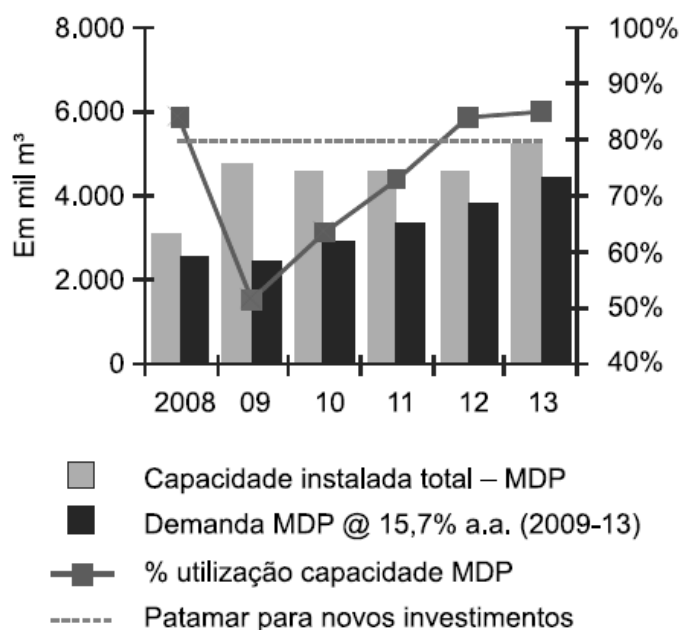


Figura 10 - Curvas de demanda x ofertas do MDP para os próximos anos
 Fonte: BIAZUS et. al. (2010).

3.1.5 Processo Produtivo do MDP

Com as restrições ambientais junto ao alto custo da madeira de lei, os painéis de madeira reconstituída tendem a cada vez mais ganhar mercado neste setor, pois tem a vantagem de utilizar como matéria-prima, resíduos de serraria,

plantios e manejos silviculturais. Dentro deste contexto, a indústria de painéis de madeira é conhecida atualmente por conter extensas áreas industriais e investimentos altíssimos, possuindo em contrapartida, alta produtividade com elevados índices de automação, empregando a madeira da melhor e mais eficiente forma possível, visando a diminuição de desperdícios, aumento da qualidade e redução de custos (ALBUQUERQUE, 2003).

Para obtenção destas metas, em 2002 foi criada pela ABNT, a primeira norma para chapas de madeira aglomerada/MDP, a NBR 14.810. Nela estão contidas, entre outras informações, as especificações quanto à produção e testes de qualidade das chapas de MDP.

Na Figura 11, encontra-se esquematizado o processo produtivo do MDP.

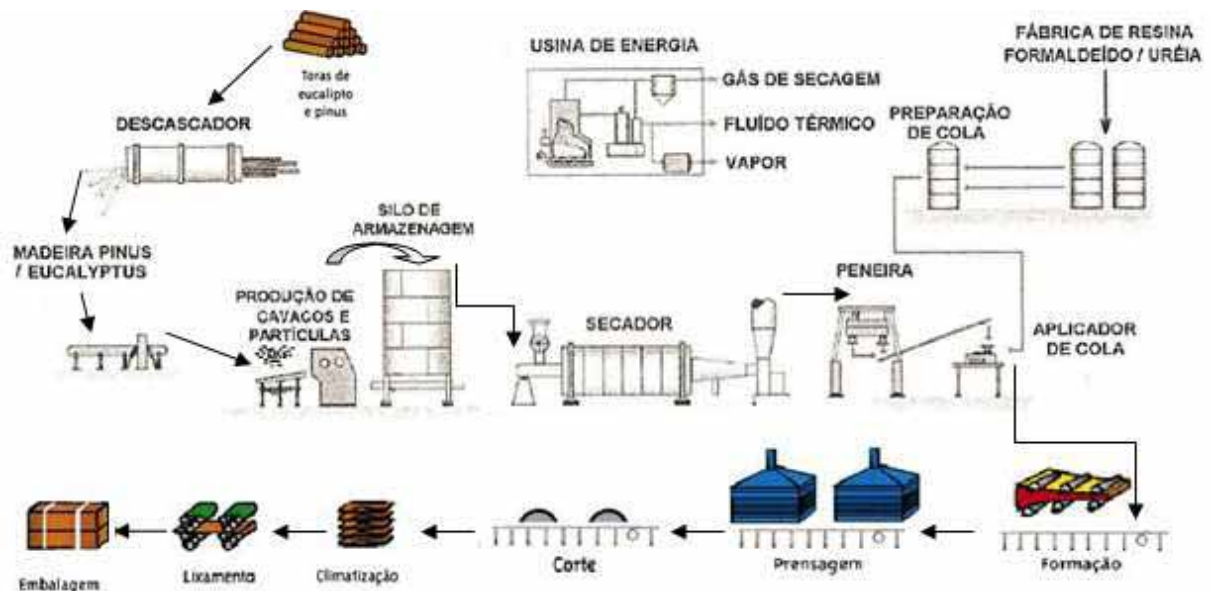


Figura 11 - Processo Produtivo do aglomerado/MDP.

Fonte: Adaptado de Iwakiri (2005) e SantosAndirá Indústrias de Móveis (2009).

De acordo com a empresa Duratex (2009), o processo de produção das chapas de aglomerado/MDP envolve as etapas descritas a seguir.

3.1.5.1 Colheita e Replanteio da Madeira

Dentre as madeiras mais utilizadas para a produção do painel MDP, o *Pínus sp* e o *Eucalyptus sp* são as espécies predominantes como matéria-prima, sendo sua operação de colheita realizada com modernos equipamentos que

trabalham 24 horas por dia, 7 dias por semana. O transporte das toras é feito por caminhões próprios para este fim, obedecendo às especificações de trânsito de toras. As áreas liberadas pós colheita são replantadas com mudas de Eucalipto clonadas com um ciclo de corte em torno de 7 anos (DURATEX, 2009).

3.1.5.2 Descascamento

O sistema de toras longas é utilizado, gerando toras de 6 metros que chegam à fábrica e alimentam o tambor descascador, que através do atrito entre as toras, movimentadas pelas aletas presentes no interior do tambor, removem as suas cascas. Após isso, esse material é retirado do processo, tendo como destino o silo de cascas que posteriormente as encaminhará para a caldeira para geração de energia, sendo as toras já descascadas, conduzidas para o picador (DURATEX, 2009).

3.1.5.3 Picador e Estocagem de Cavacos

Os picadores são equipamentos utilizados para conversão das toras em cavacos. Existem 2 tipos de picadores: os responsáveis pela redução primária da tora em cavacos (*chips*) sendo mais utilizados os picadores de cilindro ou de disco (Figura 12a), e os responsáveis pela redução secundária transformando os cavacos em partículas menores (*flakes*), utilizando o moinho martelo (Figura 12b). Para resíduos provenientes de outras indústrias o picador mais utilizado é o de anel (Figura 12c) (BARROS FILHO, 2009).



(a) - Picador de Anel

(b) - Moinho Martelo

(c) - Picador de Disco

Figura 12 - Equipamentos para redução das partículas.

Fontes: Demuth (2008); Becker (2010) e Pallmann Industries (2009) respectivamente.

Após a redução primária, as partículas são remanejadas para grandes silos de estocagem que funcionam como pulmões para as linhas de produção (DURATEX, 2009).

3.1.5.4 Moinho Martelo / Ring Flakers

Saindo do silo de armazenamento, os cavacos (*chips*) são direcionados para os equipamentos de redução secundária, os moinhos martelo (*ring flakers*), que convertem os cavacos em partículas menores (*flakers*) (DURATEX, 2009).

3.1.5.5 Secagem das Partículas

A secagem das partículas é uma etapa muito importante dentro da cadeia produtiva do MDP. De acordo com Olmos (1992) apud Dias (2005), o crescimento da exigência da qualidade dos painéis aglomerados/MDP é uma das razões para se manter um rígido controle sobre esta variável.

Segundo Iwakiri et al. (2005), o teor de umidade é um fator decisivo na cura da resina, no tempo de prensagem e na pressão necessária para consolidação

do painel até sua espessura final desejada, sendo que o tempo de secagem será maior quanto maior for a densidade da madeira, espessura das partículas, umidade inicial e menor umidade final. Outras variáveis pertinentes ao tempo de secagem são a temperatura, a velocidade do ar e o volume de partículas no interior do secador.

Na etapa de secagem pode ser utilizado ar quente proveniente da geração de biomassa (cascas) da própria planta fabril. São utilizados secadores projetados especificamente para esta finalidade. Valores de umidade natural da madeira são reduzidos de 2 a 3% na saída do secador (DURATEX, 2009).

3.1.5.6 Classificação das Partículas

Segundo Youngquist (1999) apud Dias (2005), a etapa de classificação pode ser feita após a secagem, sendo utilizados para painéis de MDP, vários tipos de peneiras e classificadores pneumáticos para separação das partículas de diferentes tamanhos.

Sendo assim, após a secagem, todas as partículas são classificadas através de peneiras vibratórias e classificadoras a ar, em quatro diferentes tamanhos de partículas: tamanhos fora do padrão (*oversize*), material de miolo, material de superfície e pó. As partículas de *oversize* são retornadas para moinhos que realizam sua moagem e conseqüente redução de granulometria, retornando em seguida ao processo. As partículas de miolo e superfície são enviadas para encolagem em circuitos independentes. O pó é enviado para a unidade de energia (DURATEX, 2009).

3.1.5.7 Aplicação de Adesivo

Segundo Youngquist (1999) apud Dias (2005), as chapas produzidas com uréia-formaldeído deverão conter resina de 6 a 9% de acordo com a massa da madeira, além de ser distribuída uniformemente sobre a chapa para garantir a homogeneidade das propriedades sobre sua extensão.

A aplicação do adesivo consiste em as partículas (já classificadas de acordo com sua granulometria) receberem resina uréia-formaldeído catalisada, responsável pela adesão (colagem) das partículas, e com emulsão de parafina, aditivo que melhora certas propriedades do produto acabado, como menor inchamento e absorção de água, por exemplo, (DURATEX, 2009).

3.1.5.8 Formação do Colchão

De acordo com Dias (2005), a formação do colchão é uma etapa muito importante, pois uma chapa mal formada apresentará heterogeneidade em suas propriedades devido à diferença de densidade em sua extensão. As partículas são transportadas pela combinação de rolos, esteiras e ar, sendo depositadas sobre uma placa metálica, lâminas plásticas ou correia de tecido. A quantidade de material e a altura do colchão variam em função da densidade da chapa, densidade da madeira empregada e pela espessura final desejada da chapa.

As partículas já impregnadas com resina são transportadas por correias até as estações formadoras que são ordenadas tanto para camada interna (partículas menores), como para a camada externa (partículas maiores), sendo depositadas progressivamente sobre uma esteira de movimento contínuo que as levará para sua consolidação (DURATEX, 2009).

3.1.5.9 Pré-prensagem e Prensagem

Após a formação, o colchão, é levado para a pré-prensagem que tem como objetivo diminuir sua altura, melhorar sua consistência e facilitar o processo de carregamento da prensa a quente, com o objetivo de realizar a cura da resina, obter a densidade especificada e a consolidação do colchão na sua espessura final (BARROS FILHO, 2009).

Durante a etapa de prensagem é muito importante considerar o conjunto de variáveis sob o qual as partículas são prensadas. Essa fase é conhecida como

ciclo de prensagem e engloba fatores como a temperatura, pressão e o tempo de prensagem, que pode variar de 4 a 8 segundos dependendo da espessura da chapa, da umidade do colchão e da temperatura de prensagem (DIAS, 2005).

3.1.5.10 Corte Transversal

O corte transversal das chapas se processa na saída da prensa, tendo a serra movimento de avanço em diagonal, sincronizado perfeitamente com a velocidade de saída da chapa, permitindo assim uma operação contínua de corte. Em seguida as chapas são levadas para o resfriamento (DURATEX, 2009).

3.1.5.11 Resfriamento e Acondicionamento

Após o corte, as chapas são levadas para acumuladores giratórios (magazines) que tem por função reduzir a espessura do substrato e para que as reações residuais da resina uréia-formol utilizadas em sua fabricação se completem, permitindo sua estabilidade ideal. As chapas são mantidas em acondicionamento por um período de 24 até 72 horas (DURATEX, 2009).

3.1.5.12 Lixamento e Corte

O lixamento tem por finalidade remover qualquer material solto, eliminar riscos ou irregularidade na superfície, advindo da operação de prensagem. Além de melhorar seu acabamento e uniformizar sua espessura, o lixamento adequado garante um revestimento de qualidade, podendo então, as chapas serem cortadas nas dimensões comerciais (DURATEX, 2009; DIAS, 2005).

3.1.6 Características e Propriedades do Painel MDP

A seguir estão os principais conceitos aplicados neste trabalho pertinentes aos ensaios realizados para a sua elaboração.

3.1.6.1 Tração Paralela

Tração paralela de acordo com a NBR 14.810/2006 é a resistência de um corpo de prova de uma chapa de madeira aglomerada, quando este é submetido a uma força de tração aplicada paralelamente à sua superfície, no sentido do comprimento do corpo de prova, até a ruptura.

3.1.6.2 Tração Perpendicular

Segundo a norma 14810/2006 da ABNT, a tração perpendicular pode ser definida como a resistência de um corpo de prova de uma chapa de madeira aglomerada quando este é submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente à sua superfície, no sentido do comprimento do corpo-de-prova, até a ruptura.

Segundo Iwakiri (1989), esse ensaio mede o grau de adesão entre as partículas em amostras submetidas aos esforços de tração perpendicular. A ruptura ocorre normalmente no plano central de sua espessura, a qual corresponde à região de menor densidade devido à geometria da camada externa e ligação entre as partículas. A geometria das partículas influencia nas propriedades do painel em termos de adesão interna, visto que, em partículas menores, a superfície de contato se torna maior, podendo gerar um alto consumo de resina. Já as partículas maiores, que possuem uma menor área de contato superficial, resultam em um menor consumo de resina, sendo que para um maior valor de ligação interna, a quantidade de resina aplicada deve ser maior.

3.1.6.3 Absorção de Água e Inchamento em Espessura

O inchamento em espessura e a absorção de água são características importantes, uma vez que estabelecem as propriedades dos painéis quando submetidos a diferentes condições do ambiente (REMADE, 2007).

Em termos de estabilidade dimensional, alguns autores afirmam que o inchamento em espessura do painel de média densidade é maior com o aumento na razão de compactação e menor para painéis de baixa densidade, independente da espécie utilizada e da razão de compactação (SETUBAL, 2009).

De acordo com a maior parte das literaturas, a melhor estabilidade dimensional é obtida com painéis produzidos com partículas de menores espessuras. A explicação se baseia no fato de que a menor massa de madeira em cada partícula e aumento no número de interfaces entre as partículas possibilita melhor dispersão do inchamento higroscópico para os espaços inter-partículas. Lehmann, citado por Iwakiri (1989), diz que o aumento do conteúdo de resina e adição de parafina, por ser um material impermeabilizante, melhora não só a estabilidade dimensional, mas também as propriedades de resistência e a durabilidade do painel nas condições de exposição à alta umidade relativa (IWAKIRI, 1989).

3.1.6.4 Flexão Estática

De acordo com a norma 14810/2006 da ABNT, a flexão estática pode ser definida como a resistência que um corpo de prova de uma chapa de madeira aglomerada apoiado em seus extremos, oferece quando sujeito a uma força aplicada em seu centro até a sua ruptura. O módulo de ruptura (MOR) consiste na medição da capacidade máxima de um material suportar uma carga aplicada lentamente por um curto espaço de tempo.

De acordo com Iwakiri (1989), com a maior densificação nas camadas externas do painel do que nas internas, sua resistência à flexão se torna maior também, resultando em sua maior participação (influência) sobre o MOR.

3.1.6.5 Umidade

O teor de umidade é uma das variáveis mais importantes do processo, que pode afetar tanto o processo de redução das partículas, como também a colagem; consumo de energia, características físicas e mecânicas, entre outros fatores. Na etapa de moagem dos *flakes*, o excesso de umidade pode obstruir os moinhos, além de aumentar o custo de secagem. Na prensagem, a transferência de calor dos pratos da prensa para o colchão faz com que o excesso de umidade migre para as camadas mais internas, dificultando a cura da resina e influenciando no gradiente vertical de densidade, podendo essa umidade gerar bolhas comprometendo a qualidade final do substrato (BARROS FILHO, 2009).

A NBR 14810/2006 define umidade como a porcentagem de água desprendida do corpo de prova de uma chapa de madeira aglomerada, quando este é submetido a uma temperatura de $(103 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, até a massa tornar-se constante, sendo a porcentagem tomada em relação à base seca.

3.1.6.6 Espessura Final

A NBR 14810/2006 define espessura como a distância entre os pontos extremos das superfícies de uma chapa de madeira aglomerada.

A exposição do painel a um ciclo de alta e baixa umidade relativa é denominada de taxa de não retorno em espessura (TNRE). Este efeito pode ser reduzido ou eliminado por meio de tratamentos especiais como pós-vaporização e pós-aquecimento dos painéis, embora estes métodos tenham aplicações limitadas (IWAKIRI, 1989).

3.1.6.7 Granulometria e Razão de Esbeltez

Durante a etapa de classificação das partículas, cabe às peneiras vibratórias separar as de maiores dimensões das menores, destinando-as para a encolagem e posteriormente para as linhas formadoras. Diversos tamanhos de partículas são gerados determinando a granulometria do conjunto. Sendo assim, cada tipo terá a sua razão de esbeltez que consiste na razão de seu comprimento pela sua espessura.

Segundo Michaque (1992) apud Barros Filho (2009), a razão de esbeltez ideal para painéis aglomerados de camadas homogêneas é próxima de 120, valor onde se obtém um pequeno acréscimo da resistência à flexão. Para valores maiores que 120 esta resistência permanece constante.

3.1.6.8 Densidade e Razão de Compactação

A densidade conforme a NBR 14810/2006, pode ser interpretada como o quociente da relação entre a massa e o volume de um corpo. Segundo Roque (1998) apud Dacosta (2005), a densidade da madeira empregada na produção de chapas compreende a faixa de valores de 0,4 a 0,6 g/cm³, sendo que a densidade das chapas produzidas varia de 5 a 40% a mais do que a da madeira utilizada em sua fabricação.

Dependendo desta variação de densidade das chapas a mais do que as das partículas o painel MDP pode ser classificado sob três vertentes. Segundo Barros Filho (2009) painéis são considerados de baixa densidade com até 0,59 g/cm³, média densidade entre a faixa de 0,59g/cm³ até 0,8g/cm³, e de alta densidade acima de 0,8 g/cm³.

A relação entre a densidade da madeira e a densidade do painel é denominada de razão de compactação. Em seu trabalho, Kelly (1977) apud Setubal (2009), menciona que um grau mínimo de compactação das partículas de madeira é necessário para a consolidação do painel aglomerado durante o ciclo de prensagem,

tendo a razão de compactação influência direta nas propriedades tanto física, como mecânicas dos painéis.

Maloney (1993) coloca como aceitável o valor da razão de compactação do painel variando entre 1,3 a 1,6, permitindo assim um contato adequado entre as partículas de madeira e formação da ligação adesiva entre elas.

3.1.7 Matérias-primas Utilizadas

De acordo com a Revista da Madeira (2003) o setor florestal brasileiro tem sido marcado pelo uso de madeiras provenientes de reflorestamento, colocando o Brasil em sintonia com a ordem mundial, preservando florestas naturais e incentivando a introdução de novas alternativas, como o Pínus e o Eucalipto.

Há várias décadas o Eucalipto vem sendo cultivado intensivamente no Brasil, com o objetivo de atender a demanda da indústria de celulose e papel, chapas duras e painel MDP, bem como o setor de carvão vegetal para atender o setor siderúrgico e metalúrgico (SILVA, 2002).

Com a conscientização das empresas no conceito de produção mais limpa (P+L), estudos foram voltados para transformar o que era resíduo no passado, em matéria-prima e produtos, nos dias atuais.

No caso do Eucalipto, podemos exemplificar sua utilização atual como um todo, como as folhas (para a fabricação de óleos na indústria de perfumes, produtos de limpeza, alimentícios e até farmacêutica); casca (extração de tanino para o curtimento do couro) e tronco de onde se obtêm a madeira para a fabricação de sarrafos, lambris, ripas, vigas, postes, varas, esteios para minas, mastros para barcos, tábuas para embalagens, móveis, partículas e lâminas para painéis; da sua fibra extrai-se a celulose para a fabricação de papel (BARROS FILHO, 2009).

Segundo Rech (2002) apud Dias (2005), o Eucalipto é uma espécie de forte potencial para a substituição de espécies tropicais e possui múltiplos usos, dentre eles a fabricação de painéis.

Já com relação ao Pínus, Setubal (2009) descreve que a quase totalidade da madeira utilizada no MDP são provenientes de suas partículas.

Dias (2005) relata que as espécies mais utilizadas na produção de chapas de partículas são as espécies de coníferas devido a sua baixa densidade. Em menor escala são usadas folhosas de média densidade, e geralmente, em mistura com espécie de baixa densidade.

No Brasil o Pínus foi introduzido na década de 60, para atender a grande demanda do setor de celulose e papel junto ao madeireiro, recebendo estímulos fiscais devido o exagerado consumo da época da espécie *Araucária angustifolia* (Pinheiro do Paraná), sendo o Pínus para este caso, uma alternativa de grande aceitação (BARROS FILHO, 2009).

Além do uso do Pínus e Eucalipto, estudos vêm sendo feitos buscando novas fontes de matéria-prima. O aumento dos resíduos provenientes dos mais diversos setores pode servir como alternativa à substituição da madeira na fabricação de painéis.

Alguns resíduos pesquisados, segundo Barros Filho (2009), são oriundos da agricultura brasileira como o bagaço da cana de açúcar, mamona, cascas de arroz, trigo e café.

O presente trabalho tem como uma das propostas, a utilização do papel impregnado na fabricação do MDP, resíduo sólido oriundo das linhas de revestimento, tendo grande potencial econômico e ambiental, justificando assim sua escolha como pesquisa.

3.2 Papel Impregnado

Antes de se tratar do papel impregnado e suas principais informações pertinentes a este trabalho, deve-se salientar que para esta pesquisa foram utilizados resíduos dessa matéria-prima, tornando-se de fundamental importância classificá-lo dentro das normas de resíduos sólidos industriais.

3.2.1 Resíduos Sólidos Industriais

Segundo a NBR 10.004 (2004), resíduos sólidos industriais são todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido resultantes das atividades industriais, incluindo lodos e determinados líquidos, cujas características tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água ou que exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis.

Esta norma também traz sua classificação de acordo com as seguintes características:

➤ **Classe I - Resíduos perigosos:** são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

➤ **Classe IIA - Resíduos não-inertes:** são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podendo apresentar propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico. De acordo com uma empresa do Estado de São Paulo, o papel impregnado pode se enquadrar dentro destas características.

➤ **Classe IIB - Resíduos inertes:** são aqueles que, ao serem submetidos aos testes de solubilização (NBR-10.007 da ABNT), não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Isto significa que a água permanecerá potável quando em contato com o resíduo. Muitos destes resíduos são recicláveis. Estes resíduos não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo (se degradam muito lentamente). Estão nesta classificação, por exemplo, os entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações, rochas, etc.

3.2.2 Definição de Papel Impregnado

Papel impregnado pode ser definido como uma lâmina decorativa, contendo em sua composição resinas melamínicas e uréicas mixadas, e também

aditivos que tem por finalidade melhorar o rendimento qualitativo, tanto do processo, como do produto.

O papel impregnado confere ao produto acabamento e proteção (Figura 13). Dentre os processos mais conhecidos destacam-se os de laminação *Finish Foil*, Baixa pressão e Alta Pressão, descritos abaixo (CURY, 2011):

➤ **Processo *Finish Foil* (FF):** O processo consiste na obtenção de chapas revestidas com folhas com gramatura que variam normalmente de 30 a 60g/m², sendo a resina aplicada separadamente do catalisador na chapa, e a lâmina prensada a chapa por calandras de aquecimento, conferindo a linha uma produção contínua.

➤ **Processo Baixa Pressão (BP):** O processo BP consiste na sobreposição do papel impregnado sobre o substrato, fundindo-se a ele sob efeito de pressão e temperatura. A gramatura da folha utilizada é maior variando de 70 a 80, podendo chegar até 180g/m². Durante a prensagem, o prato da prensa respeita o tempo de seu ciclo de prensagem, conferindo um maior tempo de produção quando comparado ao FF.

➤ **Processo Alta Pressão (AP):** Os papéis utilizados para Alta Pressão são os mesmos que para BP, o que difere é que sob Alta Pressão o papel decorativo é prensado com temperatura e pressão superior, tendo entre ele e o painel várias folhas de papel Kraft, sendo impregnado com resinas que dão maior resistência à umidade. Devido a esta característica, somada a maior resistência à abrasão e impactos, é empregado em cozinhas e banheiros. Por causa das resinas que são aplicadas, tem aparência brilhante. A Fórmica é um tipo de Alta Pressão. É utilizado em móveis com bordas arredondadas, além dos com bordas retas, porque permite a curvatura da lâmina.

A gramatura do papel tem grande influência em seu processo de impregnação. De acordo com Duratex (2003), em função da gramatura se regula a temperatura e a velocidade da linha de impregnação. Papéis de maiores gramaturas necessitam de uma menor velocidade, para uma maior penetração da resina, já os papéis de menor gramatura, a velocidade da linha pode ser maior, devido à facilidade de penetração da resina.



Figura 13 - Partículas de papel impregnado.
Fonte: Duratex (2010).

3.2.3 Composição do Papel Impregnado

Uma grande quantidade de resíduos de papel impregnado é gerada nas linhas de revestimento, provenientes de papéis descartados devido a defeitos como manchas, rugas, porosidade, bolhas, estrias, blocagem (grande participação como resíduo) e trincas.

A composição da resina é a grande responsável pelo aparecimento ou não de alguns destes defeitos, como por exemplo, a blocagem. Atualmente as resinas já vêm com aditivos que permitem uma melhor utilização e um maior tempo de armazenamento. Como componentes deste aglomerante destacam-se:

➤ **Resinas amínicas:** São condensados formados quando compostos carbonílicos (como por exemplo: formol) reagem com compostos contendo grupos amino, imino ou amida (como por exemplo: uréia e melamina), havendo liberação de água. Antes da cura, estes produtos consistem basicamente de oligômeros, também chamados de pré-polímeros. Dentre as resinas amínicas, as melamínicas são mais utilizadas no processo de impregnação de laminados plásticos, uma vez que conferem ao produto final, excelente flexibilidade, além de boa resistência mecânica (quanto ao risco e abrasão, por exemplo) e química (quanto a manchas). Já as resinas uréicas, embora apresentem um custo inferior ao das melamínicas, não

atendem de forma tão eficiente as características citadas acima. Além disso, um grande problema apresentado pelas resinas uréicas é sua elevada higroscopicidade, o qual dificulta muito o manuseio e estocagem do papel impregnado (adesão entre as folhas de papel - *blocking*) (DURATEX, 2003).

➤ **Aditivos:** Substâncias adicionadas à resina de impregnação a fim de conferir ao produto final, a qualidade aparente e tecnológica desejada. Pode-se classificá-los como.

a) Plastificante: substância com capacidade de reduzir as interações intermoleculares, tornando a resina mais flexível.

b) Desmoldante interno: substância que evita a adesão do papel a placa espelhada da prensa.

c) Umectante: substância que facilita a molhagem das fibras e pigmentos do papel com resina.

d) Anti-blocking: substância que evita a adesão das folhas de papel umas nas outras (blocagem).

e) Anti-espumante: substância que evita a formação excessiva de espuma no(s) banho(s) de impregnação.

f) Pigmento: substância utilizada para realçar a cor e o brilho do papel além de melhorar a opacidade do laminado. (DURATEX, 2003).

➤ **Catalisador:** São substâncias capazes de controlar a velocidade da reação para tempos economicamente viáveis de fabricação. Sem estes compostos, para que ocorresse a polimerização da resina, a velocidade de impregnação seria muito baixa e o ciclo de prensagem, muito elevado (DURATEX, 2003).

3.2.4 Mercado de Painéis Revestidos

Após a solidificação dos painéis de madeira reconstituída no mercado, a competição aumentou, obrigando as indústrias a procurarem novas formas de diferenciarem seus produtos. A partir dessa proposta, as empresas brasileiras começaram a investir maciçamente nas linhas de revestimento de painéis de madeira.

De acordo com o uso e aplicação, existe a preferência por um determinado tipo de revestimento, dependendo do tipo de painel de madeira a ser utilizado. No caso do aglomerado, 56% da produção é comercializada com algum tipo de revestimento (FF ou BP), enquanto que se tratando do MDF menos de 20% da produção é revestida pelos fabricantes (TUOTO et .al, 2003).

Ainda, segundo Tuoto et .al (2003), é importante observar que grande parte do aglomerado e MDF sem revestimento (cru), comercializado pelos produtores nacionais é posteriormente revestido pela indústria moveleira, sendo os mais utilizados o PVC e, principalmente, a impressão direta, existindo inclusive uma tendência de substituição do FF pela impressão direta. Este processo de substituição está sendo favorecido pelo baixo custo e pela tecnologia relativamente simples empregada na impressão direta. A melhoria do acabamento superficial dos painéis de madeira, principalmente o MDP e o MDF, também têm alavancado a impressão direta. Em um primeiro momento, este processo estava restrito somente ao MDF, dado seu excelente acabamento superficial. Após o surgimento do MDP, e verificado uma melhora significativa na qualidade do acabamento superficial permitiu-se também que fosse realizada a impressão direta.

Contudo, observa-se que os tipos de revestimentos ainda predominantes no Brasil são o BP e o FF, tanto para o MDP como para o MDF conforme pode-se ver na Figura 14.

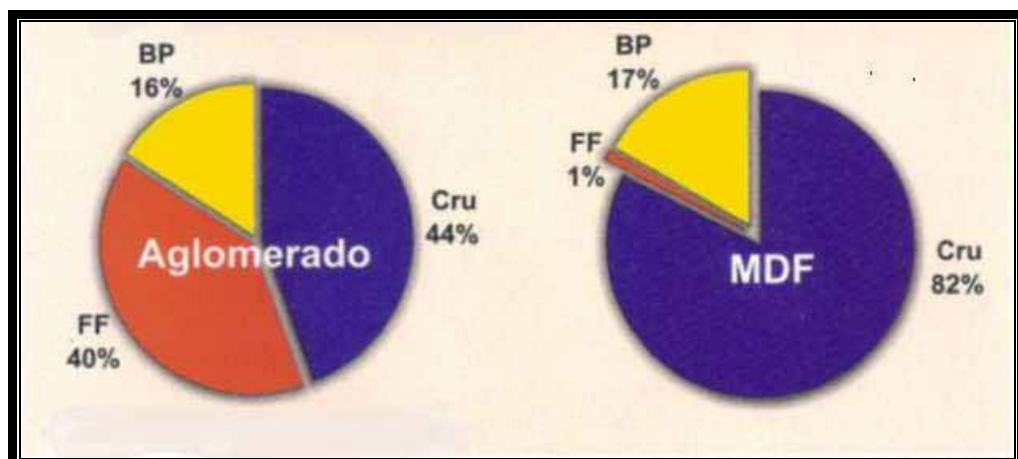


Figura 14 - Distribuição de painéis de madeira segundo os principais tipos de revestimento.

Fonte: REMADE (2003).

3.2.5 Características Tecnológicas do Uso do Papel Impregnado no MDP

No processo de fabricação do papel impregnado, perdas são inevitáveis devido ao ajuste do tamanho da folha, ou mesmo no acabamento das chapas. Além disso, ao se iniciar um processo contínuo de impregnação, os primeiros metros da produção devem ser descartados, devido a necessidade de o material impregnado atingir as propriedades homogêneas desejadas. Com um processo de impregnação contínuo a uma velocidade de 40 a 50 m/min, a quantidade de material descartado impregnado facilmente ultrapassa a 100 m/por partida. Assim, as imensas massas de resíduos se acumulam, gerando custos para sua eliminação. Além disso, o desperdício de material impregnado ainda representa recursos valiosos que ainda não foram utilizados. Contudo, tentativas de reciclagem destes resíduos impregnados com resina têm sido desenvolvidas (KRONKE et al, 2009).

Segundo Winkler et. al (2006), após a secagem da linha de impregnação, o papel impregnado contém uma grande quantidade de cola. Conforme demonstrado na Tabela 6, o desperdício de papel impregnado é composto por apenas 38,75% de papel, o restante 61,25%, são compostos de resina.

Tabela 6 - Composição do papel decorativo impregnado.

Distribuição da composição	(%)
Papel decorativo	38,75
Resina melamínica	20,20
Resina de uréia	38,75
Modificador	1,07
Catalisador de melamína	0,25
Catalisador de uréia	0,67
Agente anti-aderente	0,31

Fonte: Adaptado (Winkler et. al, 2006).

Segundo Keinert (2008), para a utilização de papel impregnado no processo, seriam necessárias novas instalações no processo do MDP, como um picador para o papel, transportadores e dosadores. Estas instalações poderiam ser

dispostas na formadora ou após a encoladeira, ambas da camada interna, para posterior análise de retorno do investimento necessário.

De acordo com os experimentos realizados por Winkler et.al (2006), verificou-se que o valor do MOR aumenta com a adição de papel até 21%, e o valor da ligação interna aumentou 28% em relação aos painéis *in natura* (Tabela 7).

Tabela 7 - Propriedades dos painéis de partículas com adição de papel impregnado.

Quantidade de Papel impregnado	Densidade EN 323 (Kg/m ³)	MOR EN 310 (N/mm ²)	Ligação interna EN 319 (N/mm ²)	Teor de formaldeído EN 120 (MG/100g)
0	704,8	16,4	0,65	2,62
5	680,2	15,9	0,86	3,35
10	709,5	18,7	0,90	3,92
20	698,2	19,8	0,87	5,23

Fonte: Adaptado (WINKLER et. al, 2006).

Winkler et al (2006) verificaram que com a adição de 20% de papel impregnado, se tem uma influência favorável sobre as propriedades da chapa. Mesmo sem a adição de qualquer adesivo UF foi possível produzir painéis de partículas com uma resistência a flexão maior que a exigência do padrão (16 mm de espessura adequados para uso em condição seca: MOR > 13 N/mm²). Quando a resina UF foi adicionada, o valor de MOR foi semelhante ao da placa *in natura* com 10% de teor de resina UF. Não houve diferença significativa que pode ser observada entre os valores de resistência de placas com 20% de papel impregnado e 10% ou 5% de UF contido (Tabela 8). Também não houve diferença entre os resultados de placas, onde o conteúdo de resina foi baseado no teor de matéria de partículas de madeira + papel impregnado. Os valores de ligação interna foram superiores em todos os casos que o padrão exigia (0,35 N/mm²). Com base nos resultados de resistência pode-se considerar possível a produção de chapa de partículas ainda sem o uso de adesivo, apenas adicionando 20% de resíduos de papel impregnado para as matérias-primas. Se os maiores valores de força são necessários, a adição de 5% da resina UF e 20 % de resíduos de papel impregnado são mais do que suficiente para atingir a força de uma placa padrão com 10% de resina UF.

É claro que em uma fábrica de chapas de partículas não há uma grande quantidade deste tipo de resíduos, mas essa seria uma boa maneira de eliminá-los, caso haja grande incidência de sua geração. Em função da quantidade dos resíduos gerados, a percentual de resina UF utilizada pode ser diminuída (WINKLER et. al, 2006).

Tabela 8 - Propriedades dos painéis de partículas com adição de papel impregnado.

Nº	Papel impregnado / uréia formaldeído	Densidade EN 323 (Kg/m³)	MOR EN 310 (N/mm²)	Ligação interna EM 319 (N/mm²)	Teor de formaldeído EN 120 (mg/100g)
1	20/0	747	15,27	0,76	3,61
2	20/5*	718	18,08	0,80	4,82
3	20/10*	718	18,06	0,82	5,31
4	20/5**	757	18,39	0,79	4,5
5	20/10**	742	18,99	0,80	5,25
6	0/5	708	12,17	0,66	1,98
7	0/10	726	18,80	0,72	2,61

* 5% ou 10% da resina UF com base no teor de matéria seca das partículas de madeira + papel impregnado em conjunto

** 5% ou 10% da resina UF com base no teor de matéria seca das partículas de madeira somente.

Fonte: Adaptado (WINKLER et. al, 2006).

3.2.6 Padrões Utilizados

Diversos padrões de papel impregnado foram desenvolvidos para satisfazer as mais diferentes exigências do cliente, consistindo basicamente em padrões, unicolores e madeirados. Dentro de cada classe para classificação, encontram-se uma gama de tonalidades possíveis para impregnação, tanto do MDF, como do MDP (DURATEX, 2003).

Entretanto, além dos revestimentos BP e FF com papel impregnado, as indústrias vêm optando por diferentes tipos de segmento para revestimento, como visto no caso da pintura direta na própria chapa, devido à alta qualidade superficial alcançada atualmente. Partindo também da necessidade de utilização de novos materiais para revestimentos superficiais além de incrementar as propriedades mecânicas, esta proposta de trabalho traz o bambu, como possível material de

revestimento, haja vista sua comprovada resistência em outros trabalhos científicos, além de conferir ao substrato uma qualidade superficial e visual bastante satisfatória.

3.3 Bambu

As características físicas e mecânicas, junto a sua morfologia, fácil disponibilidade e baixo custo, tornam predominante o uso do bambu, principalmente nas zonas tropicais e subtropicais da Ásia e em alguns países da América Latina, onde dele se obtém alimento, moradia, uma enorme gama de objetos para uso doméstico, ferramentas, instrumentos musicais, etc. (MURAD, 2007). Estima-se que contribua para a subsistência de mais de um bilhão de pessoas, sendo por isso estudado e observado para possíveis usos industriais (SASTRY, 1999).

Nos últimos anos, com a preocupação global de preservação ambiental e por ser um dos vegetais de maior crescimento no planeta, as indústrias orientais de móveis e de papel têm investido em tecnologia para o aproveitamento mais racional do bambu (JÚNIOR, 2001). Já no caso do Brasil, em comparação com outros países, o bambu vem sendo pouco difundido. Isto se deve a cultura nacional de rotular materiais não convencionais como ineficientes e de baixa durabilidade (FERREIRA, 2007).

Garbe (2006) relata que o bambu apresenta boas propriedades silviculturais, pois além do rápido crescimento, as dimensões das varas facilitam sua colheita, fazendo com que manejos adequados proporcionem ótimos aproveitamentos sustentáveis. Obviamente existem problemas que comprometem o crescimento e a utilização da maioria dos bambus autóctones ou implantados de outras regiões. Como por exemplo, os ataques por insetos, devido à alta quantidade de açúcares. Este ataque pode comprometer até 70% da produção. Existem estudos que visam diminuir esta incidência, porém a melhor forma para enfrentar o problema é a utilização destes bambus danificados como fonte de energia, tanto na combustão direta como na fabricação de carvão ou álcool. Outra opção é a fabricação de painéis (aglomerados, MDF, OSB) ou papel.

De acordo com Murad (2007), no caso específico do bambu, um manejo bem controlado pode aumentar sua durabilidade natural e resistência servindo como

uma excelente alternativa na construção civil. Já Yu (2007) relata que a produtividade anual de biomassa a partir do bambu varia de 10-20 t/ha, enquanto a madeira tem uma produtividade de biomassa de 21-25 t/ha, tornando as quantias similares, mas com o adendo de o bambu ter seu ciclo de crescimento mais rápido, com o corte do colmo permitido em torno dos seus 4 anos de vida.

Dentro desta ótica, estudos se fazem necessários para se ter uma visão tanto macro como microscópica do bambu e suas particularidades.

3.3.1 Bambu: Conceitos Gerais

O conceito de bambu segundo Beraldo et al. (1998) está atrelado a uma planta cujo teor de umidade, as condições climáticas e de solo, além da idade e época de colheita afetam a sua resistência mecânica. Souza (2004) nos traz o bambu como sendo uma planta da família das *Gramíneas arborescentes gigantes*, quer dizer, árvores ou arbustos de grama com talos, cujo tecido resistente é composto principalmente de lignina e celulose.

Quanto a sua constituição, Nogueira (2008) relata que é composta basicamente de colmos na parte aérea e raiz e rizomas na parte subterrânea. Nogueira (2008) ainda cita o bambu quanto ao tipo de crescimento do rizoma que pode ser paquimorfos ou simpodiais, onde ocorrem várias bifurcações em seu crescimento, ou então o tipo leptoformos ou monopodiais, no qual se distingue um único fuste principal de crescimento, resultando em pouquíssimas ou quase nenhuma bifurcação (Figura 15).

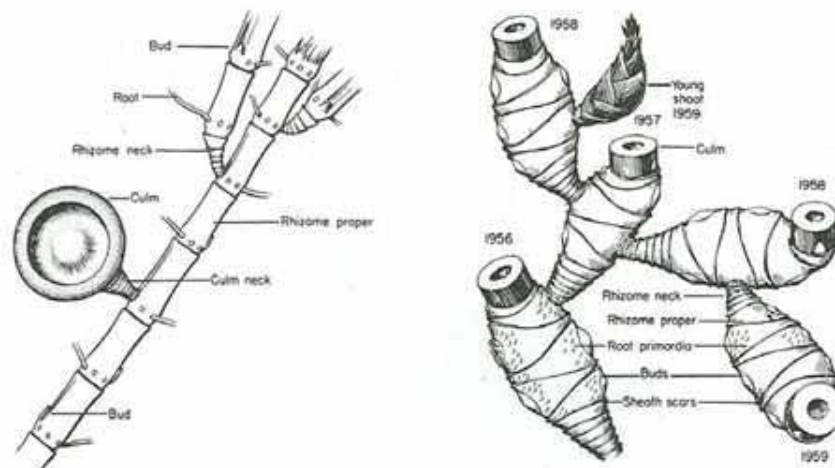


Figura 15 - Tipos de rizoma.
Fonte: McClure (1966) apud Yu (2007).

O rizoma tem papel fundamental no desenvolvimento do bambu, pois armazena nutrientes para posterior distribuição e é o órgão responsável pela sua propagação se desenvolvendo horizontalmente, podendo chegar a ocupar 500 km em 1 hectare (SOUZA, 2004). O nascimento e o crescimento de novos colmos ocorrem pela ramificação dos rizomas e é proporcional à nutrição fornecida por eles e pelos colmos mais velhos (BARELLI, 2009 apud TODESCO, 2010).

Já com relação ao colmo, eles são produzidos assexuadamente, crescendo a partir dos rizomas subterrâneos (SOUZA, 2004). Nogueira (2008) descreve que os colmos se apresentam como pequenos brotos nos nós do rizoma, que crescem por alguns anos até que emergem do solo brotos, nas formas pequenas, espessas e cônicas, envolvidos por bainhas de folhas.

Segundo Cardoso (2008) o colmo do bambu tem forma tubular cônica segmentada, pois é oco, com nós e seu diâmetro diminui desde a base até o topo. Os espaços dentro do colmo são denominados cavidades, que são separados umas das outras por diafragmas, que externamente aparecem como nós, de onde saem ramos e folhas. Já Nogueira (2008) traz o colmo composto por nós, entrenós e diafragma (Figura 16), sendo os entrenós ocos e separados transversalmente por diafragmas que se apresentam externamente como nós, consistindo no diafragma o grande responsável pela flexibilidade e resistência do colmo.

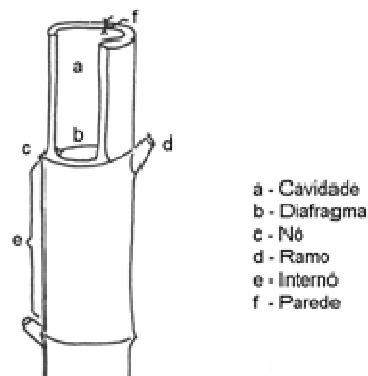


Figura 16 - Vista em corte dos constituintes do colmo do bambu.
 Fonte: Janssen (1988).

Segundo Liese (1998), o colmo e as paredes dos entrenós reduzem de tamanho a partir da base à ponta do bambu. Isto está associado com uma diminuição no número total de feixes vasculares e um aumento da sua densidade (TODESCO, 2010).

Segundo Liese 1992 apud Nogueira 2008 as fibras mais curtas estão sempre perto dos nós e as mais longas estão no meio do internó. A Figura 17 ilustra a região nodal, onde a grã é irregular devido ao arranjo das células. Nos internós os feixes vasculares apresentam arranjo uniforme diferente da região nodal onde as bainhas laterais de fibras são pouco desenvolvidas e aparecem ao lado do floema.

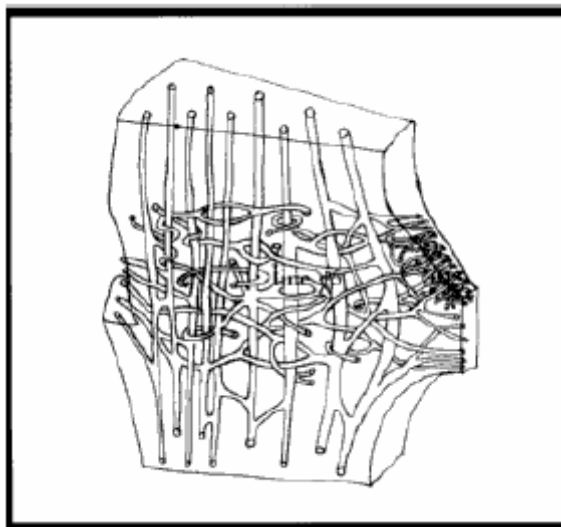


Figura 17 – Distorção dos feixes fibrovasculares na região nodal
 Fonte: Nogueira (2008).

Como visto simplificada, a estrutura do colmo se apresenta de forma complexa. Seu tecido é constituído por células de parênquima, feixes vasculares e por fibras. Segundo Nogueira (2008), o bambu é composto por 52% de parênquima, 40% de fibras e 8% de células condutoras (vasos e elementos crivados) no tecido do colmo.

Estruturalmente, o bambu pode ser visto de forma simplificada, como um material compósito constituído por feixes de fibras longas de celulose alinhadas longitudinalmente, unidas por uma substância aglutinante, a lignina (MURAD, 2007).

Nogueira (2008) relata que o bambu além de ser renovável como a madeira, permite seu uso estrutural já a partir dos três anos de idade. Souza (2004) descreve os bambus como plantas de crescimento rápido, podendo atingir seu tamanho máximo em 40 dias, mas somente após três anos pode ser utilizado como material de construção, quando inicia o processo de silicificação e lignificação, obedecendo a um ciclo de vida compreendido entre a germinação da semente e o florescimento (que acontece em intervalos longos de 10 a 50 anos ou até mais de 100 anos), depois do qual a planta morre, como acontece com o milho ou o trigo. Gosta de temperaturas entre 9 e 35°C, os solos devem ser de preferência soltos, profundos, bem drenados, com bom teor de matéria orgânica e um pH entre 5,0 e 6,5, com uma fertilidade natural boa.

Quanto à sua composição química, Yu (2007) descreve que o bambu é composto principalmente de celulose, hemicelulose e lignina, semelhantes às espécies arbóreas, diferenciando-se nos percentuais conforme pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparativo dos constituintes químicos do bambu e da madeira de fibra longa.

	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
Bambu	55	25	20
Madeira de Fibra Longa	20	25	25

Fonte: (JANSSEN, 1981 apud YU, 2007).

Pereira e Beraldo (2007) descrevem que a proporção de lignina e de carboidratos varia durante o período de maturação do colmo, mas após um ano a composição química tende a ser constante.

Outros constituintes químicos também se apresentam em sua estrutura como resinas, taninos, ceras, sais inorgânicos e outros extrativos (NOGUEIRA, 2008).

3.3.2 Características Físico-mecânicas do Bambu

O bambu assim como a madeira é um material anisotrópico, apresentando diferentes propriedades ao longo de seu fuste. De acordo com Ghavami (1989) apud Nogueira (2008), as propriedades mecânicas do bambu são influenciadas por algumas variáveis como espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época de colheita, teor de umidade das amostras e sua localização referente ao colmo, presença de nós nas amostras e tipo de teste aplicado. Já Beraldo et al. (1998) relata que as propriedades mecânicas são influenciadas pela umidade e idade/densidade do colmo, dependendo principalmente do teor de fibras, responsável direto pela sua resistência. Freitas (2009) destaca que o bambu na condição seca, possui resistência maior do que na condição verde, sendo esta diferença é mais facilmente percebida em colmos jovens do que nos colmos de maior idade.

De acordo com Júnior et al. (2001), o bambu apresenta excelentes propriedades quanto à tração e compressão graças à sua resistente parede, agregado a isto seu baixo peso específico. Segundo Moizés (2007), o bambu possui resistência à flexão, tração e compressão acima de outros materiais naturais, e pode fornecer resultados mais satisfatórios dessas características combinado com adesivos.

Já em relação à densidade, Nogueira (2008) relata que ela está diretamente relacionada à estrutura anatômica do colmo e, é influenciada pela maneira como os elementos anatômicos se arranjam e pelas espessuras de suas paredes celulares. Esses elementos variam dentro do colmo, no sentido transversal e longitudinal. O bambu tem características higroscópicas similares à madeira, ou seja, absorve umidade do ambiente. Quando um bambu é colocado em lugar muito úmido, ele absorve umidade do ar e o contrário acontece quando o bambu saturado é colocado em espaços secos. A UPSF (umidade no ponto de saturação das fibras)

é importante, pois é através dessa umidade que ocorrem as alterações na estrutura do bambu, como as contrações, que podem causar defeitos, como empenamentos e rachaduras e conseqüentemente alterações na sua resistência mecânica. Segundo Li (2004) apud Nogueira (2008), a umidade no ponto de saturação da fibra do bambu é 20-22%. Os bambus secam melhor ao ar porque a secagem rápida em estufa pode conduzir a rachaduras que surgem pelas retrações excessivas (LIESE, 1998).

3.3.3 Espécies quanto ao Uso

Diversos trabalhos relatam o uso de espécies para os mais diferentes tipos de utilização do bambu no cenário do mercado global. Como tal, as espécies de mudas mais vendidas e oferecidas no Brasil são: *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Dendrocalamus latiflorus*, *Guadua angustifolia* (e as variedades colombianas), *Phyllostachys pubescens*, *Phyllostachys aurea*, *Bambusa vulgaris* (e variedade “vitatta”), *Bambusa tuldoides*, *Bambusa multiplex* y *Bambusa textilis* (VASCONCELLOS, 2006 apud MANHÃES, 2008). Dentro deste contexto vale se destacar espécies de grande uso atual como no caso o *Dendrocalamus giganteus* e o *Guadua angustifolia*.

a) *Dendrocalamus giganteus*: O gênero *Dendrocalamus* apresenta os maiores colmos de paredes espessas e de ótimo comportamento mecânico (MANHÃES, 2008). Dentro desse gênero se enquadra a espécie *Dendrocalamus giganteus*. Também conhecido como bambu gigante, essa espécie é muito difundida no país, com boas qualidades físico-mecânicas (MANHÃES, 2008).

Segundo Nascimento (1990), essa espécie pode atingir até 36 metros de altura e 25 centímetros de diâmetro a 1 metro do solo. Notam-se três fases de crescimento distintas: a primeira é de crescimento até 5 metros de altura, quando o colmo chega a crescer 100 centímetros em 24h, a segunda fase de 5 até 15 metros de altura e o crescimento é em termos médios de 30 centímetros em 24 horas, e a ultima fase vai de 15 a 25 metros de altura e seu crescimento é de 15 centímetros em 24 h. A partir desse ponto o crescimento é lento. As condições atmosféricas, principalmente as chuvas, influenciam substancialmente a espécie na ótima

resistência mecânica, tem grande importância como material para construção e também muito utilizado na alimentação como broto comestível.

Salamon (2009) apresenta essa espécie destacando sua grande espessura de parede do colmo, sendo que este apresenta um dos maiores diâmetros das espécies de bambu, que facilmente pode chegar 16 centímetros na região da base e possuir razoável linearidade longitudinal, sinalizando essa espécie como apropriada à laminação. Além disso, essa espécie já está sendo estudada no Brasil há alguns anos por vários pesquisadores sendo que muitas de suas propriedades já foram determinadas.

b) *Guadua angustifolia*: Os bambus do gênero *Guadua* ocorrem naturalmente em diversos países da América do Sul, inclusive no Brasil, sendo seus colmos utilizados para importantes aplicações, tais como mourões, postes, etc. Entretanto, pouco se sabe sobre suas potencialidades para utilização industrial, segmento este que está cada vez mais preocupado com o futuro suprimento de matérias-primas (AZZINI et al., 1977 apud TODESCO, 2010).

O *Guadua* é um gênero de bambu entouceirante de alta produtividade, apresenta colmos maduros 3 anos após a brotação desses na touceira. Se os colmos maduros forem retirados adequadamente, a produção da touceira aumenta nos anos seguintes. Ou seja, diferentemente das árvores, os colmos de bambu podem ser retirados sem matar a planta ou prejudicar a floresta. O bambu é muito utilizado para construção civil nos países vizinhos, como Peru, Bolívia e em especial na Colômbia e na Venezuela.

No trabalho realizado por Ghavami e Marinho (2005) demonstra-se que os valores da resistência do bambu *Guadua angustifolia* são menores que os do bambu *Dendrocalumus giganteus*, observando-se uma diferença de 43,8% na resistência à tração, 41,6% na resistência à compressão e 60% na resistência ao cisalhamento.

Como reforço estrutural o bambu apresenta grandes benefícios quanto às propriedades mecânicas. Em seu trabalho, Todesco et al. (2010), chegou a resultados em que o reforço com bambu aumentou os valores médios de módulos de resistência e de elasticidade em 14,45% e 36,85%, respectivamente, no material composto em relação ao EGP

Quanto ao seu crescimento, essa espécie possui uma forma bem fácil de propagação que é através de chusquines. Os chusquines são brotações do rizoma e

são compostos por colmo, folhas, ramos e raiz. Cada indivíduo de *Guadua* pode produzir entre sete e dez chusquines em quatro meses. Esse método é o mais recomendável devido ao alto índice de sobrevivência das mudas, em torno de 80 % (CASTAÑO & MORENO, 2004 apud MANHAES 2008).

3.3.4 Principais Etapas na Produção de Lâminas de Bambu

Ainda como um processo bastante manual, as taliscas de bambu são obtidas seguindo algumas importantes etapas de fabricação, dispostas a seguir.

3.3.4.1 Corte

O corte dos colmos do bambu pode ser feito com moto-serra, machado, serrote ou ainda utilizando um facão. Deve ser efetuado rente ao solo para as espécies alastrantes, pois seu rizoma encontra-se protegido abaixo do solo, enquanto que para as espécies entouceirantes deve ser feito a uns 20 centímetros acima do solo e logo acima de um nó, para evitar a entrada de água e o apodrecimento da parte restante do colmo (BERALDO et al., 1998).

Já Souza (2004), além das recomendações descritas acima também ressalta a importância do corte em lua minguante (período que a planta retém menos líquido), além de se optar por meses mais secos (inverno), devido a hibernação de insetos. Quanto a idade e comprimento, Souza (2004) afirmou que o corte deve respeitar no mínimo a idade de 3 anos para aumentar vida útil do material, com comprimento de 4 a 6 metros para facilitar o transporte.

3.3.4.2 Cura e Secagem

A cura é um tratamento de secagem que aumenta a vida útil do bambu em até 25 anos. Reduz rachaduras e fendas de dilatação e compressão. O processo de cura começa logo após o corte e pode ser feito na própria touceira, por imersão e por aquecimento (SOUZA, 2004).

Já com relação à secagem, para Beraldo et al (1998) a de forma natural não depende apenas das condições ambientais, mas também das características ligadas a espécie, podendo necessitar de até 3 meses para atingir o equilíbrio com o ambiente. Em seu trabalho, Souza (2004), descreve que após a secagem, o peso do bambu diminui, atingindo em média 15%, melhorando suas propriedades físico-mecânicas, podendo ser feita ao ar, ao fogo, ou em estufa.

3.3.4.3. Durabilidade

A durabilidade do bambu está diretamente ligada à forma de tratamento que o colmo receberá e à destinação do uso. Em condições naturais, a sua durabilidade se limita a dois anos, tornando-se, portanto, fundamental o processo de tratamento (RIVERO, 2003 apud TODESCO, 2010).

Os insetos atacam tanto o colmo em sua forma natural, como processado em ripas e painéis, porém de forma mais intensa nesses produtos, porque os insetos quando atacam o colmo perfuram a camada interna em direção à camada lenhosa, rejeitando a película existente nessa camada. Também rejeitam a camada externa devido ao alto teor de silício. Quando o colmo é processado em lâminas retiram-se as duas camadas que são rejeitadas pelos insetos (NOGUEIRA, 2008).

Alguns tratamentos comumente utilizados são por imersão, Boucheire, por transpiração das folhas e aplicação externa. Esses tratamentos com preservativos impedem o ataque de fungos, insetos, aumentando a durabilidade e eficiência, além de proteger da umidade (SOUZA, 2004).

Com relação aos componentes químicos, são utilizados basicamente, no tratamento de imunização contra insetos (xilófagos), os produtos como: Querosene;

Sais de Boro; CCB (Cobre, Cromo e Boro); PENTOX, sendo os colmos pulverizados ou imersos em tanques (MOIZÉS, 2007).

3.3.4.4 Processamento do Colmo e Obtenção das Taliscas de Bambu

A obtenção das taliscas de bambu ainda não é um processo normalizado, abrindo um campo de possibilidades de processamento, isto variando também de acordo com o produto final. Alguns autores descrevem este processamento mais detalhadamente, outros relatam somente as etapas mais importantes. Cardoso (2008) descreve as seguintes etapas para obtenção das taliscas para fabricação de BLC (Bambu laminado colado).

- a) Obtenção das tiras de bambu com os colmos sendo cortado o mais uniforme possível.
- b) Tratamento térmico realizado com vapor d'água.
- c) Secagem realizada em estufa
- d) Aplicação de cola e prensagem das taliscas de bambu objetivando a formação das lâminas.
- e) Aparelhamento lateral das lâminas já processadas
- f) Aparelhamento das faces das tiras visando aplainamento e dimensão em espessura uniforme ao longo das taliscas.
- g) Corte padrão no tamanho final.
- h) Colocação dos encaixes das taliscas.
- i) Lixamento.
- j) Acabamento (aplicação de verniz).
- k) Controle de qualidade.
- l) Armazenagem e empacotamento.

4 MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia empregada neste trabalho traz duas vertentes distintas, sendo a primeira a descrição em relação ao uso de papel impregnado, sucedido pela metodologia para a adição de bambu como revestimento.

4.1 Teste 1

4.1.1 Papel impregnado na Camada Interna

Para essa parte do trabalho foram elaboradas 4 condições de teste, com painéis confeccionados com dimensões de 400x400mm (comprimento e largura) e com espessura de 15mm. As composições na camada interna testadas estão demonstradas na Tabela 10.

Tabela 10 - Composição camada interna.

Condições	Eucalipto (%)	Papel impregnado (%)
1	100	0
2	99	1
3	95	5
4	80	20

Cabe ressaltar que a inserção de papel impregnado ocorreu somente na camada interna da chapa, sendo que a camada externa continuou 100% composta de *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus saligna*.

O adesivo utilizado para a fabricação das chapas foi a resina sintética uréia-formaldeído, junto a outros agentes químicos como impermeabilizantes (emulsão de parafina), catalisador e água para, acelerar o processo de cura e solubilizar a resina respectivamente.

Em seguida, foram cortados os corpos de prova para realização dos testes de absorção em água, inchamento em espessura, densidade, tração

perpendicular e flexão estática. Tanto os corpos de prova como os valores obtidos foram analisados com base nos critérios da norma NBR 18.410/2006, e comparados com valores obtidos a partir de painéis vendidos comercialmente.

4.1.1.1 Redução do Papel Impregnado em Partículas Menores

As amostras de papel impregnado foram coletadas em uma caçamba de descarte de resíduos (Figuras 18a e 18b) de uma empresa fabricante de painéis de madeira. Nessa caçamba havia resíduos provenientes tanto da linha impregnadora, como também das linhas de baixa pressão misturados entre si, simulando uma real situação no caso de inseri-los na camada interna durante o processo de fabricação do MDP.



(a) Caçamba para coleta de amostra



(b) amostra coletada

Figura 18 - Seleção da matéria-prima para os testes.

Em seguida, as amostras foram levadas ao laboratório para sua redução em partículas menores, com tamanho padrão de no máximo 4,76mm, sendo que para isto foi utilizado o sistema de quebramento manual do papel (mãos protegidas com luvas de látex) e também com o auxílio de uma tesoura e um aparelho liquidificador (Figuras 19a, 19b e 19c).



(a) Picagem manual



(b) Picagem por tesoura



(c) Picagem por liquidificador

Figura 19 - Processamento do papel impregnado em partículas

4.1.1.2 Teor de Umidade

O teor de umidade das partículas foi determinado através do equipamento laboratorial Mettler LP 16 (Figura 20), colocando-se 3 gramas aproximadamente de partículas de papel impregnado dentro de sua câmara de secagem. Este equipamento é dotado de uma balança, na qual a amostra fica sobreposta para verificação de sua massa. Sobre esta balança se encontra uma mini cabine que acondiciona lâmpadas de aquecimento que após o fechamento sobre a balança, aquece a amostra, até que no visor se estabilize o valor da massa, demarcando o valor final de umidade.



Figura 20 - Balança laboratorial Metler

4.1.1.3 Encolagem das Partículas

Após a determinação da umidade das partículas de papel impregnado, elas foram acrescentadas às partículas de Eucalipto para composição da camada interna (umidade de 3%), conforme carta de processo obtida a partir da linha de produção. Para a composição dos painéis foram encoladas “n” Kg de partículas por painel, sendo aproximadamente 61 % para camada interna e o restante para a camada externa. Foram respeitadas as proporções das condições utilizadas neste trabalho, junto às formulações estabelecidas no processo industrial (Figura 21).



Figura 21 - Pesagem de partículas de papel impregnado e Eucalipto na camada interna.

As Figuras 22a e 22b ilustram a encoladeira com as partículas que foram misturadas pelo equipamento com a finalidade de homogeneizar a resina aplicada e as partículas de madeira de Eucalipto e papel impregnado.



(a) encoladeira (somente partículas)

(b) encoladeira (partículas + resina)

Figura 22 - Processo de encolagem das partículas.

A resina utilizada, bem como os reagentes e aditivos adicionados ao processo, estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11 - Dosagens e resina utilizada na encolagem das partículas.

Resina Utilizada: Uréia Formaldeído		
Componentes	Camada Externa (%)	Camada Interna(%)
Cavaco	83,77%	88,14%
Resina	9,83%	9,47%
Emulsão	0,68%	0,57%
Catalisador	0,16%	1,72%
Água	5,57%	0,10%
Total	100,00%	100,00%

A Tabela 11 trás os valores para a formulação da cola para camada externa e camada interna, indicados para a fabricação das chapas. As partículas para a formação da camada externa foram obtidas diretamente da linha de produção já encoladas. A dosagem apresentada é a mesma utilizada na linha de produção.

Para a preparação da cola, a resina passou por testes gel time para a camada interna, onde se utilizou aproximadamente 3,5% de catalisador para reagir em 60 segundos com a resina, emulsão de parafina e água. O gel time é o tempo de

gelatinização correspondente ao período transcorrido desde a preparação do adesivo para aplicação, que inclui as adições de catalisador, extensores, entre outros aditivos até o “ponto de endurecimento”, ou fase de gel, quando atinge a máxima elasticidade. A Figura 23 ilustra o teste do tempo de gelatinização.



Figura 23 - Teste de “gel time”.

As partículas de papel impregnado foram dispostas na encoladeira, para que em seu movimento, a resina junto aos reagentes, fosse adicionada por intermédio de um aspersor (Figura 24).



Figura 24 - Aspersor adicionando resina às partículas presentes na encoladeira.

A quantidade de material dentro da encoladeira foi suficiente para produção de dois painéis para cada situação estudada (conforme dimensões mencionadas anteriormente).

4.1.1.4 Formação do Colchão

Com as partículas encoladas, a composição da camada externa e da camada interna foi pesada para a formação do colchão. Primeiramente foram dispostas as partículas da camada externa inferior sobre uma placa metálica (placa que posteriormente irá com o colchão para a prensa) e dentro de uma caixa formadora laboratorial de madeira, sendo dispostas uniformemente com o auxílio de uma régua (Figura 25a). Em seguida foi depositada a camada mais grossa interna (Figura 25b) sendo disposta da mesma maneira, sendo por último novamente colocado as partículas menores da camada externa superior. Por ser um processo laboratorial, a uniformização perfeita é dificultada. Linhas guia foram utilizadas para facilitar a disposição visual das partículas.



(a) Disposição camada externa



(b) Disposição camada interna

Figura 25 - Formação do colchão com papel impregnado na camada interna.

A massa correspondente as camadas externas do painel foi de aproximadamente 38%, sendo que a massa da camada interna totalizou em 62% do peso total do painel.

4.1.1.5 Pré-prensagem do Colchão

Após o preenchimento da caixa formadora, uma tampa de madeira foi pressionada contra o colchão, perpendicularmente ao seu plano (Figura 26), com o

intuito de retirar espaços vazios e fazer uma pré-compactação das partículas visando facilitar o processo de prensagem, assim como é feito na linha de produção.



Figura 26 - Pré-prensagem manual do colchão.

As figuras 27a, 27b, 27c e 27d mostram a condição final do colchão após a pré-prensagem. A altura final do colchão foi de aproximadamente 45 milímetros, sendo que cerca de 40% correspondem as duas camadas externas e 60% corresponde à camada interna.



(a) Pré-prensagem do colchão



(b) Vista lateral do colchão



(c) Vista superior do colchão



(d) Medição do colchão pré-prensado.

Figura 27 - Colchão após a pré-prensagem.

4.1.1.6 Prensagem do Colchão

Na etapa seguinte, o colchão foi prensado a quente até atingir sua consolidação. As Figuras 28a e 28b abaixo representam a prensa utilizada, bem como o método de prensagem, composto por uma chapa cromada, possuindo de cada lado do colchão, uma barra de espessura de 15mm, que servirá de limitador de espessura durante a prensagem.



(a) Prensa utilizada



(b) Barras limitadoras de 15mm.

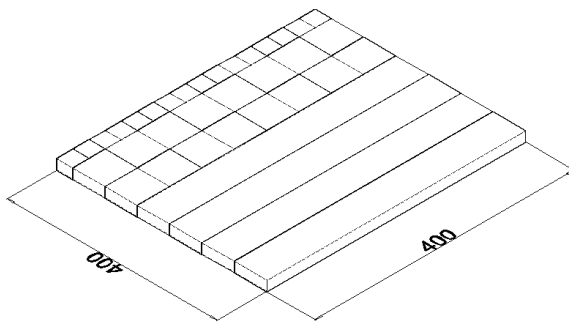
Figura 28 - Prensagem do colchão.

Após a fabricação das chapas, elas permaneceram acondicionadas em torno de 48 horas em uma sala climatizada a temperatura ambiente, para que fossem realizados posteriormente os testes físicos e mecânicos e suas respectivas caracterizações.

4.1.2 Ensaios Realizados

Considerando o uso do MDP com papel impregnado em sua camada interna, em uma condição real de processamento dentro de uma linha de produção, foram realizados os principais ensaios pertinentes a sua fabricação, equiparando-se aos testes realizados nos painéis de padrão comercial.

Os ensaios contidos neste trabalho correspondem a: inchamento em espessura e absorção em água (2 horas) respectivamente, densidade, granulometria das partículas, flexão estática e tração perpendicular, sendo todos realizados de acordo com as especificações da norma NBR 14810/2006, sendo descritos de forma objetiva logo abaixo.



(a) Esquema de corte no painel piloto
Figura 29 - Corpos de prova para os testes



(b) Corpos de prova após o corte

4.1.2.1 Granulometria e Densidade

Uma pequena quantidade de amostra de papel foi separada do montante picado total para se determinar sua granulometria. Para isto, foram pesados em uma balança analítica 30,6 gramas de papel impregnado. A granulometria da amostra após a picagem foi obtida em uma máquina própria para este fim (Figura 30), dotada de sistema de peneiramento, que permite em ordem decrescente das malhas das peneiras (4,76 a 0,149mm mais as malhas de fundo), classificar as partículas de acordo com um tempo de retenção pré estabelecido na própria máquina, sendo neste caso utilizados 10 minutos. Junto à granulometria do papel, foi determinado também a granulometria das partículas utilizadas em cada condição para um melhor entendimento dos resultados. O procedimento feito de modo análogo ao do papel.



Figura 30 - Corpos de prova para os testes

Para o ensaio de densidade foram cortados 10 corpos de prova de 50x50 mm a partir da painel fabricado, obtendo o peso de cada corpo de prova com o auxílio de uma balança analítica. As medições de comprimento, largura e espessura nominal, foram feitas com um paquímetro digital (Figura 31).



Figura 31 - Medição de corpos de prova para teste de densidade.

A densidade foi calculada de acordo com a equação 1.

Equação 1:
$$D = \frac{M}{V}$$

Onde:

D = densidade do painel em Kg/m³;

M = massa do painel em Kg;

V = volume do painel, obtido através do comprimento, largura e espessura do painel em m³.

4.1.2.2 Tração Perpendicular

Para os testes mecânicos foi utilizada a máquina universal de ensaios marca (Figura 32).

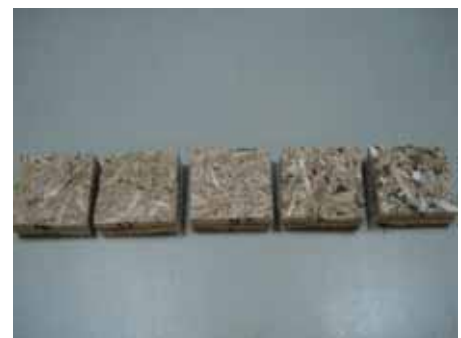


Figura 32 - Máquina Universal de Ensaio – Marca Emic.

Para o teste de tração perpendicular (também conhecido como adesão interna), foram utilizados os mesmos corpos de prova do teste de densidade. Na superfície de cada um, foi acrescentado adesivo de contato tipo “*Hot Melt*”, para fixar os corpos de prova em dispositivos metálicos também de seção quadrada, para serem posteriormente levados a máquina universal de ensaios. As Figuras 33a e 33b ilustram tanto os corpos de prova, como os dispositivos utilizados.



(a) Dispositivos utilizados no teste de tração



(b) Corpos de prova (tracionados)

Figura 33 - Ensaio de tração perpendicular.

O cálculo do valor da resistência à tração perpendicular obtido no ensaio de adesão interna foi obtido através da equação 2.

Equação 2: $TP = \frac{P}{S}$

Onde:

TP = Resistência a tração perpendicular em Kgf;

P = Carga de ruptura aplicada em Kgf;

S = área superficial do corpo de prova em cm².

4.1.2.3 Flexão Estática

No ensaio de flexão foram utilizados quatro corpos de prova com dimensões de 250 x 50mm retirados dos painéis produzidos. Os corpos de prova foram ajustados no equipamento de ensaio apoiados em dois suportes, sendo que o comprimento do vão foi de 10 vezes a dimensão da espessura, com comprimento mínimo de 200mm. Como a espessura utilizada foi de 15mm, utilizou-se o comprimento mínimo exigido pela norma NBR 14.810/2006. A força foi aplicada perpendicular ao plano do corpo de prova e no centro da amostra (Figura 34).



Figura 34 - Ensaio de flexão estática para determinação do módulo de ruptura e elasticidade.

O cálculo da resistência à flexão do corpo de prova foi realizado a partir da Equação (3)

Equação 3: $MOR = \frac{1,5x(PxD)}{Bx(E)^2}$

Onde:

P = Carga de ruptura lida no indicador de carga, kgf/cm²;

D = Distância entre apoios do aparelho, em milímetros;

B = Largura do corpo de prova, em milímetros;

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de prova, em milímetros.

4.1.2.4 Inchamento em Espessura

Foram retirados de cada uma das chapas para as situações estudadas, quatro corpos de prova com dimensões de 25 x 25mm. Os corpos de prova foram medidos e pesados (ensaios de absorção de água) com o auxílio de um micrômetro com precisão de 0,05mm e uma balança analítica com precisão de 0,001g respectivamente, (Figura 35) e em seguida, foram colocados em um equipamento de banho termostatzado, com a temperatura de 20°C por um tempo de 2 horas $\pm$ 3 minutos cada um.

Em seguida, foram medidas novamente suas dimensões com o auxílio de um micrômetro, onde as novas medidas foram anotadas e utilizadas para a realização do cálculo da porcentagem de inchamento em espessura sofrido pelos corpos de prova segundo a equação 4.



Figura 35 - Ensaio de inchamento.

Segundo recomendações normativas, os valores de inchamento devem estar abaixo dos 8%, em relação às medidas iniciais encontradas.

Equação 4:
$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

Onde:

I = Inchamento em espessura do corpo de prova, em porcentagem;

E1 = Espessura do corpo de prova após o período de imersão considerado, em milímetros;

E0 = Espessura do corpo de prova antes da imersão, em milímetros.

4.1.2.5 Absorção de Água

Foram utilizados os mesmos corpos de prova do ensaio de inchamento em espessura, sendo inicialmente pesados em uma balança analítica com precisão de 0,001g. Na sequência, foram colocadas em um equipamento de banho termostático, com a temperatura de 20 °C por um tempo de 2 horas ± 3 minutos, após o qual foram pesados novamente.

A absorção de água foi calculada de acordo com a equação 5.

Equação 5:
$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

Onde:

A = Absorção de água, em porcentagem;

M1 = Massa do corpo de prova após imersão, em gramas;

M0 = Massa do corpo de prova antes da imersão, em gramas.

4.2 Teste 2

4.2.1 Utilização do Bambu como Revestimento

Para essa parte do trabalho foram realizados dois ensaios: flexão estática e tração paralela, uma vez que os dados analisados relativos ao MDP que serviu de base para a colagem das lâminas de bambu são os mesmos dos corpos de prova de referência utilizados anteriormente.

4.2.1.1 Usinagem do bambu

As lâminas de bambu foram obtidas a partir da usinagem realizada no Laboratório de Processamento da Madeira, localizado no Campus Experimental da UNESP de Itapeva, SP, de acordo com as seguintes etapas.

➤ Desdobro em serra circular destopadeira de bancada - corte transversal (Figura 36a).

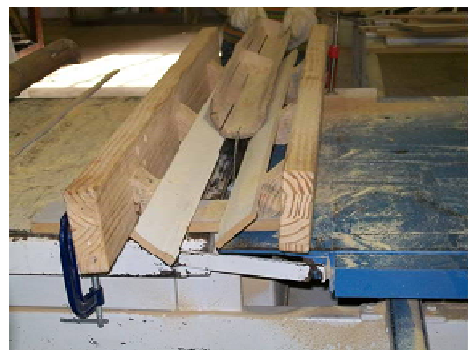
➤ Desdobro em serra circular de mesa (corte longitudinal), utilizando um apoio desenvolvido (Calço em V) para usinagem de peças roliças para a retirada das taliscas (Figura 36b).

➤ Retirada dos diafragmas utilizando uma serra fita (Figura 36c).

➤ Beneficiamento das taliscas em uma desengrossadeira (Figura 36d) para a remoção da casca e uniformização parcial das espessuras das lâminas, procurando-as deixar com uma espessura de 3 mm (Figura 36e).



(a) Serra circular destopadeira



(b) Serra circular e dispositivo



(c) Corte em Serra fita



(d) Desengrossadeira.



(e) Lâminas de bambu.

Figura 36 - Processo Produtivo para obtenção das lâminas de bambu.

Os painéis MDP utilizados para o revestimento com bambu foram produzidos com as mesmas características e formulações aos elaborados para os testes de papel impregnado.

4.2.1.2 Revestimento dos Painéis MDP com Lâminas de Bambu

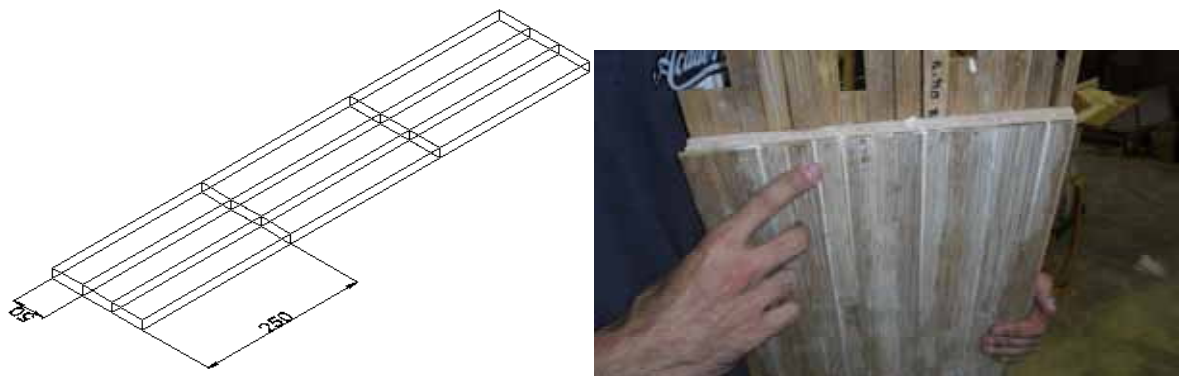
O revestimento dos painéis se processou com a aplicação de cola a base de PVA (Acetato de Polivinila) da marca Cascorez diluída em água na razão de 75% de cola e 25% de água. A aplicação do adesivo foi realizada com um pincel de $\frac{1}{2}$ polegada. As taliscas de bambu foram coladas paralelamente ao sentido longitudinal dos painéis (prova em branco), tanto na superfície superior, como na superfície inferior. As taliscas foram prensadas a frio no painel utilizando grampos “C” (Figura 37). As peças secaram à temperatura ambiente por 48 horas. Em seguida foram usinadas novamente utilizando uma desempenadeira para padronização dos corpos-de-prova.



Figura 37 - Prensagem das taliscas de bambu no painel MDP.

4.2.1.3 Preparação dos Corpos de Prova

Após a colagem das taliscas no MDP, foram definidos os planos de corte para obtenção dos corpos de prova para os testes de tração e flexão, com dimensões de 250x50x18mm para ambos os casos, considerando as duas camadas externas de lâminas de bambu com 1,5mm de espessura. Para o teste de flexão foram produzidos três corpos de prova com revestimento em bambu e para o ensaio de tração foram elaborados três corpos de prova de referência e três com revestimento para realização de comparativo. A Figura 42a representa o plano de corte dos painéis pilotos, e a Figura 42b ilustra o painel pronto para realização dos cortes.



(a) Esquema de corte nos corpos de prova (b) Painéis prontos
 Figura 38 - Esquematização de corte e painéis prontos.

Depois de traçado o plano de corte, o painel foi levado à desengrossadeira para calibrar as taliscas coladas com espessura de 1,5mm em cada lado do painel (Figura 39a), utilizando para isso um paquímetro digital. Em seguida, os painéis foram levados a desempenadeira (Figura 39b) para regularizar as faces laterais, que serviram como apoio na guia da serra circular esquadrejadeira (Figura 39c).



(a) Calibração da espessura



(b) Regularização de bordas



(c) Ajuste dimensional.

Figura 39 - Usinagem dos corpos de prova.

4.2.2 Ensaaios

Na seqüência encontra-se a descrição dos ensaios realizados para a segunda fase do trabalho que discorre sobre o revestimento de painéis MDP com lâminas de bambu.

4.2.2.1 Tração Paralela

Os corpos de prova foram testados na máquina universal de ensaios da marca EMIC, com capacidade para 30 toneladas, dotada de sistema automatizado para aquisição de dados (Figura 40).



Figura 40 - Máquina Universal de Ensaio.

A resistência a tração paralela às fibras é dada pela Equação 6.

Equação 6:
$$f_{to} = \frac{F_{to,max}}{A}$$

Onde:

f_{to} = resistência a tração paralela às fibras (MPa);

$F_{to,Max}$ = máxima força de tração aplicada ao corpo de prova durante ensaio, em Newton (N);

A = área inicial da seção transversal tracionada do trecho central do corpo de prova, em metro quadrado (m²).

4.2.2.2 Flexão Estática

Para este ensaio de flexão estática foi utilizado o mesmo procedimento do item 4.1.2.3, descrito nos testes de papel impregnado. Através da Figura 41, pôde-se verificar os corpos de prova para flexão e para tração, já todos revestidos com bambu para realização dos ensaios. Tanto para o ensaio de tração paralela, como para o de flexão, foi adaptada a norma NBR 18410/2006, devido à inexistência de documentos normativos específicos para este tipo de trabalho com bambu.



Figura 41 - Corpos de prova para flexão e tração.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados e discussões pertinentes aos ensaios realizados abrangendo o uso tanto do papel impregnado quanto do bambu. Vale ressaltar que o teste de flexão foi comum as três condições gerais do trabalho (prova em branco, adição de papel impregnado e revestimento com bambu), possibilitando uma comparação direta de resultados.

5.1 Granulometria e Densidade

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos a partir da granulometria adotada em laboratório para o Papel Impregnado (PI). Pode-se averiguar que se obteve uma maior retenção na malha de 2,38mm, correspondendo a 55,48% da amostragem total.

Tabela 122 - Análise granulométrica do papel.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA				
TESTE	PAPEL IMPREGNADO PARA MDP			
PESO DA AMOSTRA	31g	DURAÇÃO DO TESTE	10 min.	
Malha (mm)	Peso peneira com amostra (g)	Peso da peneira (g)	Peso da amostra (g)	Fração (%)
4,76	593,2	592,1	1,1	3,55
2,38	481,4	464,2	17,2	55,48
1,41	508,4	500,7	7,7	24,84
0,84	517,9	514,7	3,2	10,32
0,42	443,2	442,4	0,8	2,58
0,30	415,0	415,0	0	0,00
0,149	426,1	425,4	0,7	2,26
Fundo	376,9	376,6	0,3	0,97
TOTAL			31	100,0
Obs: Material peneirado na malha de 6,35 mm				

Através da Tabela 13 e da Figura 42 pode-se observar a porcentagem das partículas de papel impregnado em cada situação para cada uma das malhas das peneiras analisadas. Verifica-se que a situação 1 foi a que apresentou menor concentração de partículas com maior granulometria, ou seja, retidas nas malhas 4,76mm e a situação 4 é a que apresentou maior concentração de partículas menores.

Tabela 133 - Granulometria por peneira para cada condição estudada.

Malhas das peneiras (mm)	4,76	2,38	1,41	0,84	0,42	0,3	0,149	Fundo
Condição 1 100% Eucalipto 0% de PI.	6,69	18,79	21,34	22,29	22,29	3,18	4,14	1,27
Condição 2 99% Eucalipto 1% de PI	13,23	20,00	25,16	21,61	16,13	1,29	1,94	0,65
Condição 3 95% Eucalipto 5% de PI	12,75	25,82	25,82	19,93	12,42	0,98	1,63	0,65
Condição 4 80% Eucalipto 20% de PI	10,71	21,10	28,57	21,10	14,61	0,97	1,95	0,97

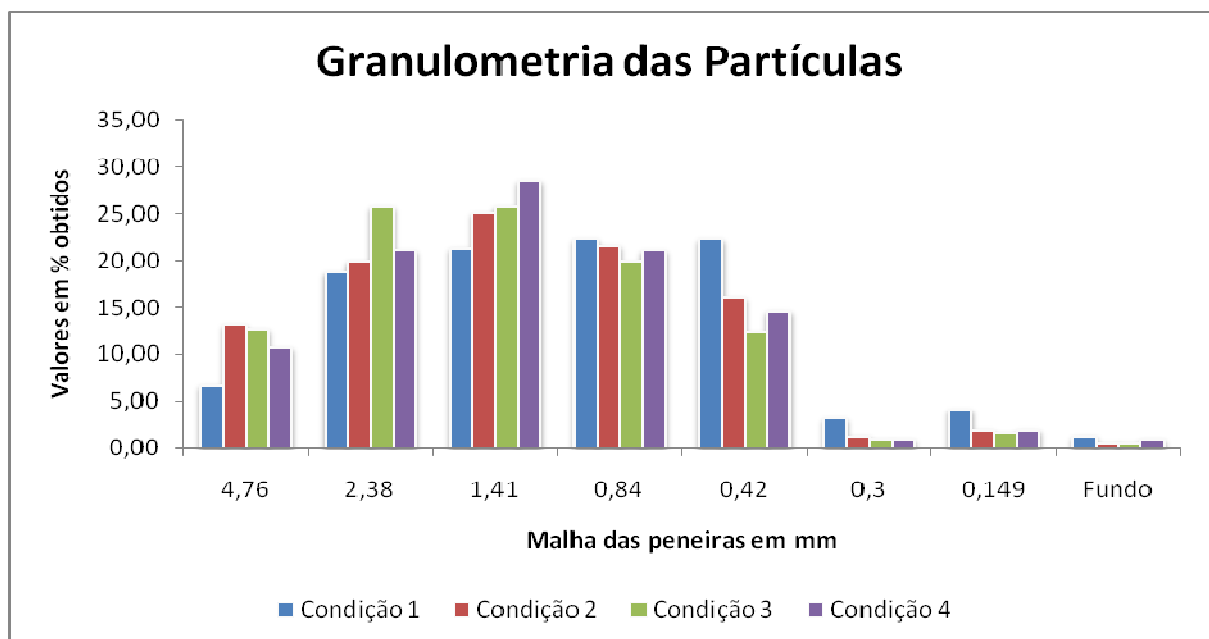


Figura 42 - Granulometria das partículas para cada condição estudada.

Esta variação granulométrica está diretamente ligada ao modo de processamento das partículas do compósito, uma vez que as de papel impregnado foram obtidas em laboratório de modo manual com auxílio de tesoura e liquidificador gerando menores dimensões de partículas; e as de cavaco de Eucalipto foram processadas em um moinho industrial gerando maiores dimensões. Esta variação dimensional resulta em uma maior ou menor necessidade de aplicação de adesivo, sendo que isto pode impactar diretamente nas propriedades físicas e mecânicas do MDP, a partir da área de contato total das partículas utilizadas nos painéis pilotos.

Quanto à densidade, podemos observar na Tabela 14 todos os valores obtidos junto ao desvio padrão a partir do teste realizado com base em dados de 10 amostras para cada condição. Cabe ressaltar que a inclusão de papel impregnado na camada interna do MDP não alterou muito os valores de densidade do painel.

Tabela 144 - Valor final de densidade (Kg/m³)

Ensaio de densidade				
	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4
	PB	1 % de PI	5% de PI	20% de PI
Média	619,4	597	603	615
Desvio padrão	37	34	44	31
Nº de corpos de prova	10	10	10	10
Coeficiente de variância (%)	5,97	5,69	7,29	5,04

Pode-se verificar na Figura 42 que a densidade em todas as condições se mostraram satisfatórias, ficando acima do citado pela literatura que é de 0,59 a 0,80 g/cm³ (IWAKIRI, 2005). Os valores de desvios padrões foram calculados a partir da média dos corpos de prova, sendo que estas amostras foram coletadas de forma dispersa sobre a chapa, sendo notados valores mais condizentes na parte central dos painéis feitos em laboratório. Portanto, a tendência é de que painéis produzidos em uma linha de produção apresentem melhores valores quando comparados a painéis pilotos confeccionados em laboratório, resultando em desvios mais baixos.

Nas condições 1, 3 e 4 da Figura 42, pode-se observar uma distribuição mais homogênea das partículas nas diferentes granulometrias, permitindo maior densidade ao painel. A condição 2 como pode-se ver na Figura 43 foi a que apresentou maior porcentagem de partículas de maior granulometria na malha de

4,76mm, resultando com isto em uma maior quantidade de espaços vazios, diminuindo assim de forma insignificante seu valor de densidade, quando comparado por exemplo a condição 3, que também apresentou um alto valor de partículas retidas na malha de 4,76mm, apesar de apresentar também uma distribuição bem homogênea de suas partículas. Com relação à norma NBR 14.810/2006, os valores estão bem acima do mínimo especificado que enquadra o MDP com densidade de 551 a 750 Kg/m³.



Figura 43 - Valores obtidos de Densidade.

5.2 Tração Perpendicular

A Tabela 15 apresenta os valores encontrados para os ensaios de tração perpendicular para todas as condições analisadas com 6 corpos de prova para cada, podendo-se perceber pelos valores obtidos que todos foram satisfatórios quando comparados a norma brasileira, que especifica o valor de tração mínima em 3,5 Kgf/cm².

Tabela 155 - Resultados para Tração Perpendicular (Kgf/cm²).

Tração Perpendicular				
	PB	1 (%)	5 (%)	20 (%)
Média	4,97	4,07	6,03	5,20
Desvio Padrão	0,5	0,8	0,6	1,1
Nº de corpos de prova	6	6	6	6
Coefficiente de Variância (%)	10,06	19,65	9,95	21,15

Pelos resultados obtidos observou-se que a condição 2 foi a que apresentou menor valor, fato que pode ser explicado pela maior quantidade de espaços vazios provenientes da maior granulometria observada para esta condição. As condições de menor granulometria apresentam em decorrência disso maior área superficial de contato necessitando de um maior valor de adesivo a ser aplicado. Caso a quantidade de adesivo na situação 1 e 4 fosse maior, a tendência seria que o resultado de adesão interna fosse ainda melhor, devido maior interação entre as partículas de menor granulometria, lembrando que para este trabalho, todas as condições tiveram a mesma quantidade de adesivo aplicada.

De modo geral, a tendência que os painéis particulados seguem é que quanto maior a porcentagem de matéria-prima com maior granulometria, menor será a resistência do painel à tração perpendicular, devido à maior quantidade de vazios. Os valores encontrados nas quatro condições estudadas foram maiores dos que estabelecidos na norma NBR 14.810/2006, conforme indica a Figura 44, permitindo concluir que todas as situações poderiam ser adotadas, com destaque para a condição 3, que apresentou o maior valor para esta propriedade mecânica.

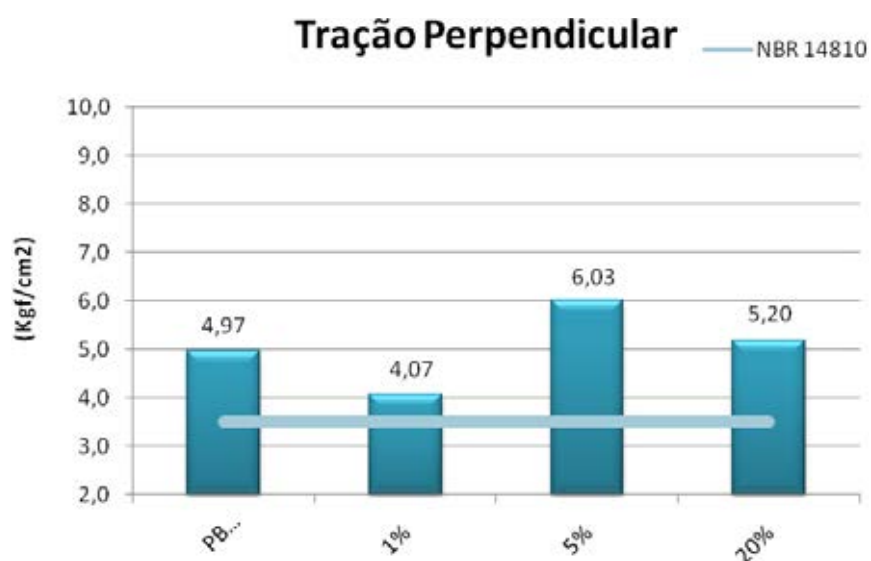


Figura 44 - Resultados: Tração Perpendicular.

Os dados gerados pelo equipamento para os ensaios de tração perpendicular estão disponíveis no Apêndice A.

5.3 Flexão Estática

A Tabela 16 e a Figura 45 apresentam os valores encontrados para os ensaios de flexão estática para obtenção do MOR (módulo de ruptura), tanto para os ensaios de papel impregnado, como também para os valores obtidos no teste com o bambu.

Tabela 166 - Resultados do teste de Flexão Estática (Kg/cm²).

Ensaio de Flexão Estática (MOR)					
	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5
	PB	PI (1%)	PI (5%)	PI (20%)	Bambu
Média	162	163	173	161	392
Desvio Padrão	16	20	21	29	4,7
Nº de corpos de prova	3	3	3	3	3
Coeficiente de Variância (%)	9,87	12,26	12,13	18,01	1,19

Observa-se também neste caso, a influência da granulometria das partículas sobre as propriedades mecânicas do painel, que foi decaindo conforme se aumentava a porcentagem de papel impregnado.

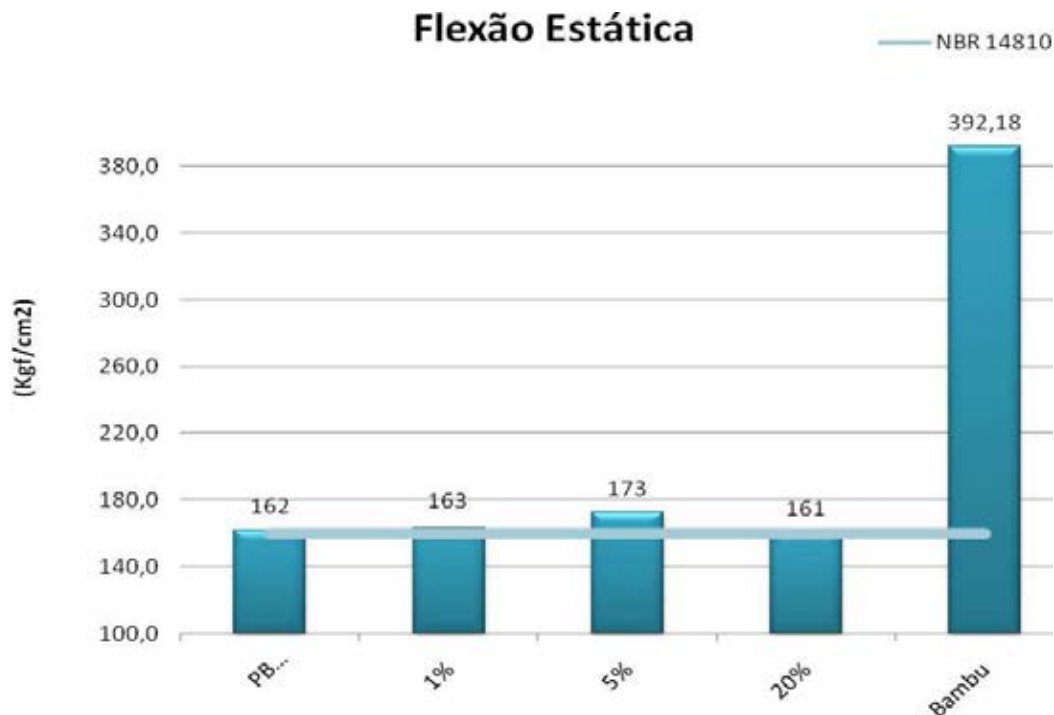


Figura 45 - Resultados: Flexão Estática.

Pode-se perceber analisando a Figura 45, que os testes com papel impregnado apresentaram comportamentos semelhantes, com um leve destaque para a condição 3, devido a sua melhor distribuição das partículas.

Com base na literatura, o melhor resultado para o MOR ocorre em painéis com maior concentração de partículas com maior granulometria, como mencionado anteriormente. Como o intuito do trabalho foi avaliar o comportamento dos painéis com outro tipo de material, nota-se que algumas regras para a madeira não servem para o papel, como por exemplo, dimensão das partículas. Como se pode verificar na Figura 45, todas as condições estudadas atenderam aos valores especificados na norma NBR 14.810/2006 (que estabelece um valor mínimo de 161 Kg/cm²). Uma possível melhora nestes resultados pode estar associada, além da questão matéria-prima, aos fatores referentes à sua produção laboratorial, onde as principais variáveis de processo, ou seja, tempo, temperatura e pressão, apresentam maior nível de dificuldade de serem controlados do que em um processo industrial. Outro fator importante para se aumentar os valores de MOR é o posicionamento dos

corpos de prova no painel de 400x400mm, onde os mesmos foram retirados ao longo de todo o painel, e não somente da região central, como indica a norma NBR 14.810/2006.

Analisando o valor do ensaio de flexão do MDP com revestimento de lâminas de bambu, pode-se perceber que o valor encontrado é condizente com o esperado, visto ter aumentado a resistência a flexão em aproximadamente 126% quando comparado a condição 3, que apresentava 5% de papel impregnado na camada interna, sendo isto reflexo de o bambu apresentar características peculiares de alta resistência mecânica especialmente a tração e flexão, demonstrando um alto potencial para aplicação como revestimento em situações onde são aplicados maiores esforços. Os dados gerados pelo equipamento para os ensaios de flexão estão disponíveis no Apêndice A.

5.4 Tração Paralela

O ensaio de tração paralela foi realizado para se comparar os valores obtidos da prova em branco com relação ao painel revestido com bambu. Os valores obtidos para força máxima de ruptura pela máquina universal de ensaios podem ser encontrados no Apêndice A deste trabalho, sendo que para encontrar a tensão de ruptura, foi necessário realizar o cálculo das médias de largura e espessura dos corpos de prova para se obter a área. A partir da equação 6 pôde-se chegar nos seguintes resultados expressos na Tabela 17.

Tabela 177 - Resultado do teste de Tração Paralela (Kgf/cm²).

Ensaio de Tração Paralela		
	Prova em branco	Revestimento com bambu
Média	91,69	316,65
Desvio Padrão	4,19	27
Nº de corpos de prova	3	3
Coefficiente de Variância (%)	4,58	8,57

A literatura nos traz que, teoricamente a resistência de tecidos da região externa do bambu, submetidos à tração paralela, pode atingir valores da ordem de 2.651,26 Kgf/cm². (TIRELLI, 2007)

De acordo com Tirelli (2007) a resistência à tração é de 2,5 a 3,5 vezes àquela obtida em ensaios de compressão. A resistência à tração do bambu é elevada e, em algumas espécies, pode atingir até 3.772,95 Kgf/cm². Isso torna atrativo o uso do bambu como um substituto para o aço, especialmente quando for considerada a razão entre resistência à tração e massa específica. A razão entre a resistência do bambu e sua massa específica (s/g) é mais do que 2,34 vezes aquela obtida para o aço CA 50. Em geral, a resistência à tração do bambu, com ou sem nó, situa-se respectivamente entre 407 kgf/cm² e 2.192 kgf/cm². Tirelli (2007) ainda relata que a presença de nós pode diminuir significativamente os valores para o teste de resistência a tração. Portanto, os valores encontrados na Tabela 17 (aumento de 247% de resistência quando comparado a prova em branco (100% de Eucalipto), podem estar refletindo estes aspectos abordados. De qualquer maneira, o valor do corpo de prova com revestimento foi consideravelmente superior quando comparado com a prova em branco. (Figura 46) Estes valores obtidos poderiam ser ainda maiores, haja visto, que alguns corpos de prova apresentavam nós em sua composição.



Figura 46 - Resultados: Tração Paralela.

5.5 Inchamento e Absorção

A Tabela 18 apresenta os valores obtidos nos ensaios de inchamento em espessura e absorção, realizados para todas as condições. A norma brasileira NBR 14.810/2006 considera como porcentagem de inchamento em espessura para os painéis de MDP, o valor de 8,0 % a 12% após duas horas imersas em água.

Tabela 188 - Resultados do teste de inchamento em espessura e absorção.

Ensaio de inchamento e absorção					
		Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4
		Prova em branco	1% de PI	5% de PI	20% de PI
Inchamento 2h.	%	11,7	11,5	9,7	9,9
Desvio Padrão		0,6	0,9	0,3	1,0
Nº de corpos de prova		4	4	4	4
Absorção 2h.	%	36,6	36,0	32,7	34,5
Desvio Padrão		1	2,3	1,3	3,5
Nº de corpos de prova		4	4	4	4

Como se pode averiguar na Figura 47, o ensaio de inchamento apresentou valores dentro do que a literatura recomenda, mas abaixo do esperado, devido à questão do papel impregnado apresentar em sua composição a resina melamina formaldeído, que possui maior resistência a umidade do que a resina uréia. Apesar de o resultado ter sido negativo, neste caso ressalta-se que os valores ainda estão dentro do que a literatura recomenda que é um inchamento não superior a 12%. Em relação à NBR 14.810/2006, os valores se encontram acima principalmente na condição 1.

Pode-se constatar pelos valores obtidos que a condição 3 foi a que apresentou menor inchamento, podendo isso ser resultado de sua melhor distribuição das partículas, como mencionado anteriormente. Observa-se também que no geral, os valores ficaram muito próximos entre si. Cabe salientar que segundo a literatura, em situações em que a granulometria das partículas aumenta, verifica-se maior inchamento pela maior existência de vazios. Nota-se observando a Figura 47, uma tendência decrescente quanto à adição de papel impregnado, ou

seja, conforme se adiciona mais este resíduo, mais os valores de inchamento tendem a cair.

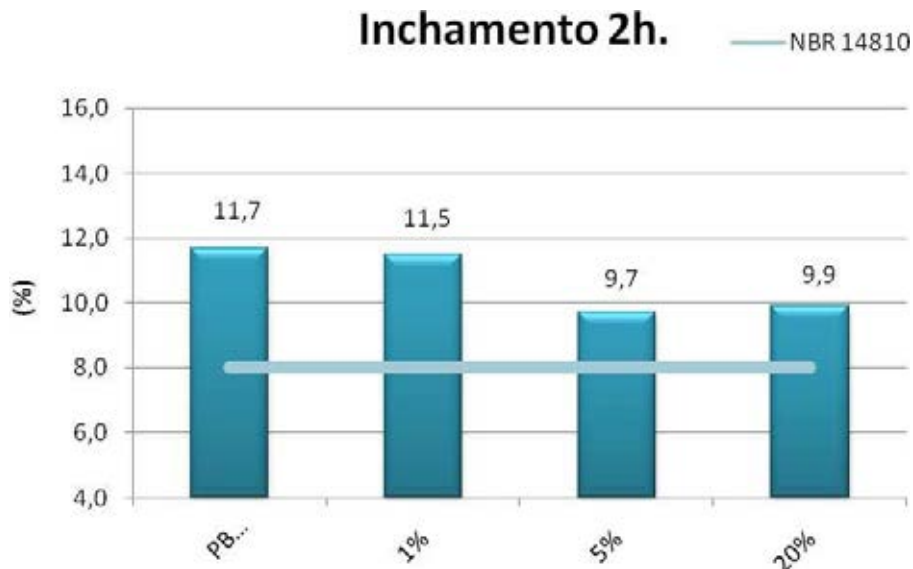


Figura 47 - Resultados: Inchamento 2hr.

Com relação a absorção, considerando que a NBR 14.810/2006 estabelece um limite máximo de 35%, verifica-se que as condições 3 e 4 se apresentaram dentro do especificado, como pode ser observado na Tabela 18.

Na Figura 48 nota-se uma tendência decrescente de absorção conforme a quantidade de papel impregnado era acrescentado na camada interna.

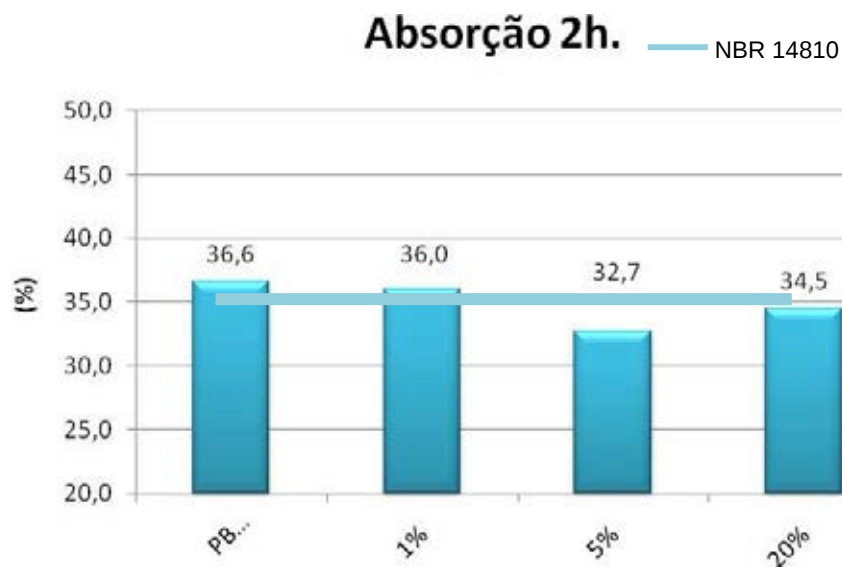


Figura 48 - Resultados: Absorção 2hr.

As condições 1 e 2 apresentaram valores acima do esperado conforme podemos observar na Figura 48. Isto pode ser explicado, como citado anteriormente, pelas propriedades do papel impregnado por conter resina melamina formaldeído, o que pode ter beneficiado o painel piloto conforme sua porcentagem era acrescentada na camada interna. Outro ponto a ser destacado é que os valores em geral foram altos, em função de problemas com a qualidade da emulsão de parafina de um dos fornecedores da indústria. Mas de um modo geral, analisando todos os dados, pode-se observar para o papel impregnado que o teste de granulometria apresentou valores muito próximos com pouca diferença entre todas as condições. Isto refletiu em quase todos os ensaios, cujos valores obtidos apresentaram-se muito próximos entre si e satisfatórios quanto ao esperado. Já para os dois testes que envolveram o uso de bambu como revestimento, os resultados obtidos encontram-se dentro do esperado.

5.6 Teor de Umidade

Neste trabalho, não houve a secagem em laboratório das partículas de Eucalipto utilizadas para o teste com papel impregnado, visto que os cavacos foram obtidos a partir da linha de produção com um criterioso controle de todas as variáveis de processo inclusive o teor de umidade, para este caso de aproximadamente 3%. Já o teor de umidade encontrado do papel impregnado para este caso foi de 7,6%.

NOTA: Esse teor de umidade pode também ser associado ao teor de materiais voláteis do papel impregnado, proveniente da resina contida devido sua impregnação. Neste caso, a amostra não foi levada a estufa para diminuir ainda mais sua “umidade”, devido o fato de se evitar que a resina contida alcançasse a pré-cura.

6 CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que a adição de papel impregnado aos painéis de MDP pode ser viabilizada como uma alternativa de aproveitamento de resíduos, contribuindo favoravelmente à racionalização do uso de matéria-prima e para maior sustentabilidade dentro deste setor industrial.

Sua inserção na camada interna não afetou de forma significativa as propriedades dos painéis, tornando viável sua utilização, uma vez que as condições 2, 3 e 4 tiveram seus resultados similares ou até superiores que a condição 1 de referência (100% Eucalipto).

Com base na mensuração da granulometria das partículas pode-se perceber de uma forma geral, que as mesmas apresentaram distribuição uniforme para todas as condições estudadas, resultando com isso em valores de ensaios muito próximos entre si. Todos os testes se apresentaram dentro ou acima das prescrições normativas da NBR 14810/2006, assim como das literaturas pertinentes, dando um retorno satisfatório ao trabalho realizado.

Outro aspecto importante a se destacar é que com a adição deste resíduo na camada interna, não há alterações quanto à estética e qualidade superficial da chapa, possibilitando uma rápida absorção e adaptação tecnológica desta inovação para aproveitamento desse material de revestimento. Apesar da falta de estudos voltados para essa proposta, a presente pesquisa vem a confirmar as literaturas referenciadas.

Considerando-se que este trabalho não seja o único, e que seja dada continuidade a novos estudos para a comprovação das premissas e hipóteses confirmadas nesta pesquisa, a seguir apresentam-se alguns fatores que podem ser ajustados procurando incrementar as propriedades do painel estudado. Dentre esses fatores pode-se destacar:

- Processamento do papel impregnado e do Eucalipto em um mesmo moinho, gerando assim partículas com iguais porcentagens nas diferentes granulometrias (partículas com mesmas dimensões).

- Retirar os corpos de prova da região central do painel, para evitar a influência nos resultados dos ensaios físicos e mecânicos. Isto ocorre devido à

distribuição desuniforme das partículas executadas manualmente, cuja região das bordas do painel tende a ficar menos homogênea.

- Conformar a quantidade de corpos de prova a serem ensaiados com as prescrições normativas da ABNT NBR 14.810/2006, que pede 10 amostras para cada ensaio realizado, se apoiando assim em uma confiabilidade estatística.

- Avaliar outras propriedades do painel como resistência superficial e módulo de elasticidade;

- Realizar os mesmos ensaios físico-mecânicos, alterando as condições de fabricação (espessura da chapa, tempo de prensagem, etc);

- Realizar estudos mais profundos para entender mais sobre os detalhes do produto (efeitos químicos na prensagem, usinabilidade, etc).

A partir de todas as considerações apontadas anteriormente, conclui-se que a adição de papel impregnado na camada interna do painel de partículas surge como uma opção bastante viável na produção de MDP, podendo apresentar grandes benefícios econômicos e sustentáveis, além de permitir boa interação quando adicionado ao Eucalipto.

Já com relação ao uso de bambu como revestimento, pôde-se observar nos ensaios realizados sua ampla vantagem como material alternativo, além de conferir um acabamento visual de excelente qualidade. De forma análoga ao teste com papel impregnado, também podem ser citadas sugestões para o aprimoramento do uso do bambu como revestimento no MDP como:

- Realizar outros ensaios como resistência a linha de cola, brilho, porosidade, impacto, risco e abrasão etc;

- Utilizar outros tipos de adesivos para realização dos ensaios;

- Estudo de outras espécies de bambu de alta produtividade.

Partindo dos fatos levantados neste trabalho, conclui-se que a adição do bambu como revestimento ao MDP se apresenta como uma alternativa viável, mas que necessita de inúmeros estudos, especialmente em relação ao processamento da matéria-prima em função da heterogeneidade e da anatomia do material.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Otimização na produção de painéis**. Revista PAINÉIS, Maio de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA). **Produtos e tecnologia: nossos produtos**. Fevereiro de 2009. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA). **Olho no crescimento**. Março de 2007. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. 2004a. NBR 10.004** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, Brasil, 63 pp.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. 2004b. NBR 10.007** Resíduos sólidos – Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, Brasil, 21 pp.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.810**: Terminologia, Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

BARROS FILHO, R. M. **Painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas uréia formaldeído e melamina formaldeído**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Área de concentração análise e seleção de materiais, REDEMAT, Minas Gerais, 2009.

BERALDO, A, L, P. S; PEREIRA, M. A. R,(2007) **Bambu de Corpo e Alma**. Bauru- SP., p 239, 2007.

BERALDO, A. L. et al. **Características físicas, químicas e anatômicas de três espécies de bambus gigantes**. In: EBRAMEM, 6, 1998, Florianópolis. Anais. Florianópolis: 1998, p. 296-306.

BERNECK, G. **MDP – Nova tendência na fabricação de chapas**. Revista REMADE, Edição 100, Novembro de 2006. Disponível em <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

BIAZUS, A. et. al. **Panorama de mercado – Painéis de madeira**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 32, p.49-90, 2010. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

CARDOSO JÚNIOR, M. L. **.Recomendações para projeto de pisos de bambu laminado colado -BLC**. 2008. 163 f. Mestrado (.) - Curso de Engenharia Ambiental Urbana, Departamento de Engenharia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CARLOS; B. **Metalúrgica industrial Ltda**. Disponível em: <www.carlosbecker.com.br>. Acesso em: 1 abr. 2011.

CARNOS, B. **Madepan – A nova madeira**. v. 2, 1976, 90 p.

COLLI, A. et. al. **Chapas de partículas aglomeradas com inclusão laminar**. Revista REMADE, Edição 106, Julho de 2007. Disponível em <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

CURY, S. G. **Tipos e usos: ap, bp e ff**. Disponível em <<http://www.guiadomarceneiro.com/madeira/?gdm=laminados>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

DACOSTA, L. P. E. et. al. **Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de Pínus elliottii 77 engelm**. Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15,

n. 3, p.311-322, 2005. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/cienciaflorestal>>. Acesso em: 30 mar. 2011.

DEMUTH Machines: **Picadores a Disco DPDH**. Disponível em: <www.demuth.com.br>. Acesso em: 1 abr. 2011.

DIAS, F. M. **Aplicação de resina poliuretana a base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. 2005. 178 p. Dissertação (doutorado) - Curso Ciência e Engenharia de Materiais, Área Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DISSERTAÇÃO, NOGUEIRA, C. L. **Painel de bambu laminado colado estrutural**. 2008. 94 f. Mestrado - Curso de Ciências Florestais, Departamento de Tecnologia de Produtos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

DURATEX S. A. **Informação de valor**. 2009. Disponível em: <<http://www.investinfo.com.br/Temp/N05523YP.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

FERREIRA, G. C. S. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu *Dendrocalamus giganteus***. 2007. 195 f. Doutorado (3) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia, Unicamp, Campinas, 2007.

FOELKEL, C. **"Fabricação e Produção de Chapas MDP a partir do *Pínus* (Chapa de Partículas ou Aglomerado)"**. Junho de 2008. Disponível em: <<http://www.celso-foelkel.com.br>>. Acesso em: 30 mar. 2011

FREITAS, R. F. L. **Análise de viabilidade técnica do painel de partículas reconstituída com madeira e bambu**. 2009. 74 f. Graduação (.) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2009.

GABER, E. A. **Bambu na indústria madeireira**. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/21464/1/BAMBU-NA-INDUSTRIA-MADEIREIRA/pagina1.html>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia***. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 1, p.107-114, 2005. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 17 out. 2009.

IWAKIRI, S. **A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pínus**. Curitiba: 1989. 129f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1989.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

KEINERT, A. C. **Inclusão de papel impregnado na camada interna**: Teste exploratório. 2008. 6 f. Artigo - Curso de Engenharia, Departamento de Desenvolvimento, Particular, São Paulo, 2008.

KRONKE et al. **Resin composition comprising waste of resin impregnated material**: Patent application publication. 2009. 5 f. Patent - Curso de Engineering, Departamento de Engineering, Patent, United States, 2009. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/?k=impregnate+paper>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

LIESE W. **The anatomy of bamboo culms**. Beijing: International Network for Bamboo and Rattan, 1998. 204p.

LIMA JÚNIOR, H. C.; DIAS, A. A. **Vigas mistas de madeira de reflorestamento e bambu laminado colado: análise teórica e experimental**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n. 3,

p.519-524, 2001. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 30 ago. 2009.

MACEDO, A. R. P; ROQUE, C. A. L. **Painéis de Madeira**. 2002. Disponível em: <<http://www.bndespar.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Inc, 1993. 689p.

MANHÃES, A. P. **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no brasil: abordagem preliminar**. 2008. 39 f. Graduação (.) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica, 2008.

MATTOS, R. L. G. et. al. **Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p.121-156, 2008. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 28 mar. 2011.

Memorando. Manual de Laminação: Apostila técnica sobre impregnação de papéis – Duratex. 148p. 2003.

MITLIN, L. **Particleboard manufacture and application**. Grã Bretanha: Leo Mitlin, 1968, 222p.

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

Móveis - **Sinal verde para móveis de Eucalipto**. Revista REMADE, Edição 75, Agosto de 2003. Disponível em <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

MURAD, J. R. L.. **As propriedades físicas, mecânicas e meso-estrutural do bambu *Guadua weberbaueri* do Acre.** 120 p. Tese (Mestrado) - Curso de Pós Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2007.

NASCIMENTO, A.M. **Estrutura do colmo e propriedades físicas do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro).** 1990. v. 1, 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

NOGUEIRA, C.L. **Painel de bambu laminado colado estrutural.** 2008. V. 1, 94 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, ESALQ - Piracicaba, 2008.

PALLMANN Industries: **Top performance in size reduction.** Disponível em: <www.pallmann.com.br>. Acesso em: 1 abr. 2011.

SALAMON, C. **Ensaio para viabilizar a laminação do bambu *Dendrocalamus giganteus* em operações de torneamento sem centros.** 2009. 115 f. Doutorado (.) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

SANTOS ANDIRÁ INDÚSTRIAS DE MÓVEIS. **Processo produtivo do MDP.** 2009. Disponível em: <<http://www.santosandira.com.br>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

SASTRY, C. B. **Timber for the 21 st Century. On Line.** Inbar, 1999. Disponível em www.inbar.org.cn/Timber.asp, acesso em 03/03/2009.

SETUBAL, V. G. **Avaliação e reciclagem de chapas osb utilizadas na construção civil.** 2009. 47 f. Monografia (3) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica, 2009. Disponível em: <www.if.ufrj.br/inst/monografia/2009I/vitor.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2011.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden de diferentes idades visando sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 160 f. Doutorado (3) - Curso de Ciências Florestais, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Curitiba, 2009.

SOUZA, A. P. C. C. **bambu na habitação de interesse social no brasil.** 2004. 29 f. Graduação - Curso de Arquitetura, Departamento de Arquitetura, Puc Minas, Belo Horizonte, 2004.

TIRELLI, Zaira Postal. **Avaliação do desempenho do bambu na construção utilizando revisão bibliográfica,** 2007. 9 p.

TODESCO, V. **Estudo de compósitos de madeira com reforço em bambu para utilização em mobiliário.** 2010. 57 f. Graduação (3) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2010.

TUOTO et al.. **Tendências para o mercado de painéis de madeira revestida.** Revista PAINÉIS, Maio de 2003.

VALENÇA, A. C. V. et. al. **Produtos florestais – Área de operações industriais 2 – Painéis de madeira aglomerada.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, 7p. 1999. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

WINKLER et al. **Recycling of Impregnated Décor Paper in Particleboard: Impregnated Paper.** 2006. 4 f. Article - Curso de Engineering, Departamento de Engineering, Patent, Hungary, 2006. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/?k=impregnate+paper>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

YU, X. **Bamboo: Structure and Culture**. 2007. 187 p. Dissertação (Doutorado) - Fachbereich Kunst und Design, Universität Duisburg, Essen, 2007.

8 APÊNDICE A - GRÁFICOS DOS RESULTADOS OBTIDOS

