

**LOURENÇO PROENÇA RUIVO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE CHAPA  
DE PARTÍCULAS PRODUZIDAS A PARTIR DE  
FOLHAS E GALHOS DE ARAUCARIA**

Itapeva - SP  
2014

**LOURENÇO PROENÇA RUIVO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE CHAPA DE  
PARTÍCULAS PRODUZIDAS A PARTIR DE FOLHAS E  
GALHOS DE ARAUCÁRIA**

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<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Inácio de Campos

Itapeva - SP  
2014

Ruivo, Lourenço Proença  
R934c Caracterização físico-mecânica de chapa de partículas produzidas  
a partir de folhas e galhos de Araucária / Lourenço Proença Ruivo. --  
Itapeva, SP, 2014  
55 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia  
Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de  
Mesquita Filho", Campus Experimental de Itapeva, 2014

Orientador: Cristiane Inácio de Campos

Banca examinadora: Maristela Gava, Juliana Cortez Barbosa

Bibliografia

1. Chapa de madeira aglomerada 2. Resíduos vegetais. 3.  
Araucária. I. Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial  
Madeireira.

CDD 674.836

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter iluminado meu caminho durante toda minha vida e sem ele nada disso seria possível.

Aos meus pais Celi e José por toda ajuda durante a preparação deste trabalho, e pelo amor, incentivo e apoio incondicional que me ofereceram para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À minha irmã Lidya pelo tempo gasto para me auxiliar na preparação dos materiais para execução dos testes e deste trabalho.

A todos os meus familiares por todo apoio e carinho que me deram durante toda a minha vida e não somente neste momento.

À minha orientadora Prof. Dr. Cristiane por todas as orientações que permitiram a conclusão deste trabalho da melhor maneira possível.

A todos os meus amigos que independentemente da maneira me ajudaram nesta caminhada.

À UNESP por me fornecer a chance de fazer o curso e por disponibilizar a estrutura necessária para o meu desenvolvimento durante esta etapa.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

A todos os funcionários da UNESP – Campus Experimental de Itapeva, especialmente ao técnico Brito, por todo acompanhamento durante a realização dos testes.

Portanto, agradeço a todos que participaram da minha vida, e independentemente da forma me auxiliaram na minha formação e conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo produzir e avaliar as propriedades físicas e mecânicas a partir das especificações de ensaio da Norma Brasileira ABNT NBR 14810/2013 – Chapas de Madeira Aglomerada, para painéis particulados produzidos com grimpa, que são folhas e galhos secos provenientes das Araucárias. As propriedades físicas avaliadas foram inchamento em espessura, absorção de água, teor de umidade e densidade das chapas. As propriedades mecânicas avaliadas foram determinação de módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na flexão estática. Foram avaliadas, três diferentes composições de painéis, sendo a primeira com 70 % com partículas de 9 mesh e 30% com 16 mesh, a segunda composição contendo 30% de 9 mesh e 70% de 16 mesh e a última composição com 50% de partículas com 9 e 50% de 16 mesh. Os resultados foram comparados entre os tratamentos estudados e também comparados com estudos encontrados na literatura para painéis particulados de madeira. Era previsto que os resultados seriam inferiores aos valores normativos tendo em vista a estrutura do material utilizado. Sendo assim, esses painéis não são indicados para a produção de móveis conforme especificações da NBR 14.810/2013, porém apresenta outras aplicações como uso em forros e materiais de revestimento.

Palavras-chave: Chapa de madeira aglomerada, Resíduos vegetais, Araucária.

## **ABSTRACT**

This study aimed to produce and evaluate the physical and mechanical properties from the test specifications of the Brazilian Standard ABNT NBR 14810/2013 – Wood Plates Crowded, particulate panels using waste of grimpa, that are leaves and twigs from the Araucaria. The physical properties were thickness swelling, water absorption, moisture content and density of the panel. The mechanical properties were evaluated to determine the modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) in static bending. The panels were evaluated, three different compositions of panels, the first with 70%, with 9 mesh particles and 30% with 16 mesh, the second composition with 30% with 9 mesh and 70% with 16 mesh and the last composition with 50% with 9 mesh particles and 50% with 16 mesh. The results were compared among treatments studied and compared with studies found in the literature for particulate wood panels. It was anticipated that the results would be lower than normal values in view of the structure of the material used. Thus, these panels are not indicated for the production of furniture according to the specifications of NBR 14.810/2013, but it has other applications such as use in linings and coating materials.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Produção de painéis de madeira por país (2008).....	13
<b>Figura 2:</b> Evolução da produção brasileira – 1000 m <sup>3</sup> .....	14
<b>Figura 3:</b> Classificação dos painéis de madeira reconstituída .....	16
<b>Figura 4:</b> Processo de produção do MDP.....	18
<b>Figura 5:</b> a) Araucária b) Grimpa.....	34
<b>Figura 6:</b> a) moinho tipo willey e b) Picador laboratorial .....	36
<b>Figura 7:</b> Agitador de peneiras e peneiras para a classificação dos materiais. ....	37
<b>Figura 8:</b> Estufa de secagem.....	38
<b>Figura 9:</b> Misturador de partículas e adesivo.....	39
<b>Figura 10:</b> a) Prensa b) Colchão antes da prensagem c) Caixa formadora.....	39
<b>Figura 11:</b> Painéis produzidos a) Tratamento 3 b) Tratamento 2 c) Tratamento 1 ...	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Mercado nacional de painéis .....	15
<b>Tabela 2:</b> Resultados médios e desvios padrões para o módulo de ruptura e módulo de elasticidade dos tratamentos realizados e valor normativo .....	44
<b>Tabela 3:</b> Resultados médios e desvios padrões para a densidade dos painéis produzidos e valor normativo. ....	46
<b>Tabela 4:</b> Resultados médios e desvios padrões para o teor de umidade dos painéis produzidos e valor normativo .....	47
<b>Tabela 5:</b> Resultados médios e desvios padrões para o inchamento em espessura dos painéis produzidos e valor normativo .....	48
<b>Tabela 6:</b> Resultados médios e desvios padrões para a absorção de água dos painéis produzidos e valor normativo .....	49



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	9
2 OBJETIVOS .....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
3.1 O mercado brasileiro de painéis.....	12
3.1.1 Produção .....	12
3.1.2 Consumo .....	14
3.2 Painéis de madeira .....	15
3.2.1 Painéis de madeira aglomerada .....	16
3.2.2 MDP - Medium Density Particleboard .....	17
3.2.3 Adesivos .....	18
3.2.4 Aditivos químicos .....	21
3.2.5 Parâmetros que afetam as propriedades dos painéis.....	22
3.2.5.1 Espécie.....	22
3.2.5.2 Densidade .....	22
3.2.5.3 Acidez.....	23
3.2.5.4 Teor de extrativos.....	24
3.2.5.5 Teor de umidade .....	24
3.2.5.6 Geometria das partículas.....	25
3.2.6 Processo de produção de painéis particulados.....	26
3.2.6.1 Produção de partículas.....	26
3.2.6.2 Secagem .....	27
3.2.6.3 Classificação .....	28
3.2.6.4 Adição de adesivo e aditivos .....	28
3.2.6.5 Formação do colchão .....	29
3.2.6.6 Pré-prensagem.....	29
3.2.6.7 Prensagem .....	30
3.2.7 Matérias-primas alternativas para produção de painéis aglomerados .....	31
3.3 Floresta Ombrófila Mista (FOM).....	32
3.3.1 Araucária .....	32
3.3.1.1 Madeira de Araucária .....	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35

4.1 Materiais.....	35
4.2 Metodologia.....	35
4.2.1 Geração das partículas.....	36
4.2.2 Secagem das partículas .....	37
4.2.3 Produção dos painéis .....	38
4.2.4 Caracterização dos painéis.....	40
4.2.4.1 Flexão estática .....	40
4.2.4.2 Inchamento e absorção .....	41
4.2.4.3 Densidade aparente .....	42
4.2.4.4 Teor de umidade .....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1 Teste de flexão estática .....	44
5.2 Densidade .....	45
5.3 Teor de umidade.....	47
5.4 Inchamento em espessura .....	47
5.5 Absorção.....	49
6 CONCLUSÃO.....	51
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de painéis de madeira reconstituída é atualmente um dos segmentos florestais mais sólidos e promissores no Brasil. Nos últimos anos, devido principalmente ao aumento da renda dos consumidores, a necessidade de alternativas à madeira maciça e uma grande melhoria na tecnologia de produção dos painéis os mesmos vêm ganhando destaque pela qualidade e alto potencial para substituição da madeira maciça principalmente para a produção de móveis (MATTOS *et al*, 2008 ).

Com relação ao consumo de painéis no Brasil pode-se destacar o MDP (*Medium Density Particleboard* ou Painel de Partículas de Média Densidade), que em 2005 teve uma participação de 42,9% do consumo total de painéis com 2,1 milhões de m<sup>3</sup> consumidos e em 2012 passou de 3,2 milhões de m<sup>3</sup> consumidos no mercado interno chegando a quase 48% do consumo total de painéis (MATTOS *et al*, 2008; ABIPA/SECEX, 2013)

Embora os painéis apresentem vantagem em relação a madeira maciça no aspecto do aproveitamento das toras e melhor controle das propriedades do produto final, pelo lado ambiental verifica-se que o setor dos painéis de madeira começa apresentar a necessidade de um número maior de árvores para que tal crescimento da produção seja mantido. E devido as crescentes restrições da legislação se torna cada vez mais complicado dispor de áreas para plantio de árvores exóticas, já que as árvores nativas são protegidas por leis.

Este cenário traz a necessidade de procurar novas matérias-primas que complementem o uso da madeira, observando sempre para que a qualidade dos painéis não seja prejudicada. Deste modo é possível complementar a demanda de árvores plantadas, ou seja, as pressões e preocupações com relação ao meio ambiente passam a ser minimizadas com o uso de matérias-primas alternativas.

Uma das possíveis matérias-primas que podem complementar o uso da madeira na produção de painéis são os galhos e folhas de Araucária (*Araucaria angustifolia*). Conhecidos popularmente por grimpa, estas folhas e galhos quando se separam da árvore chegam ao solo com umidade bem reduzida e, portanto, além de ser um substituto para a madeira também necessitam de pouca energia para a secagem.

A Araucária é uma árvore que ocorre principalmente na região sul do Brasil sendo esta a árvore símbolo do estado do Paraná. É uma árvore protegida por lei e devido ao uso exploratório e sem cuidados, desde 2006 de acordo com a International Union for Conservation of Nature (IUCN) sofre risco crítico de extinção. E de acordo com a própria IUNC restam apenas 3% da floresta original.

Para a produção de MDP utilizando os galhos e folhas da Araucária não é necessário derrubar a árvore e quanto mais árvores mais material pode ser coletado, desta forma o painel produzido com os galhos e folhas poderá também ajudar na conservação desta espécie.

Com base no exposto anteriormente é que surgiu a proposta do presente estudo que foi produzir e caracterizar painéis particulados a partir do processamento mecânico e classificação das partículas obtidas a partir da grimpa da Araucária.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi verificar a viabilidade de produção de painéis de partículas a partir de folhas e galhos de Araucária (*Araucaria angustifolia*), avaliando as propriedades obtidas na caracterização físico-mecânica dos mesmos.

Os objetivos específicos foram:

- Produzir os painéis com partículas de folhas e galhos de Araucária em três diferentes composições, e assim, avaliar a influência da geometria do material na composição do painel particulado;
- Realizar ensaios físicos e mecânicos a partir da NBR 14.810-2/2013.
- Analisar os resultados a partir de documentos normativos e estudos que utilizaram matérias-primas alternativas para a produção de painéis particulados com materiais lignocelulósicos.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A seguir será apresentada breve revisão da literatura onde buscou-se embasamento teórico para a realização do presente estudo.

#### **3.1 O mercado brasileiro de painéis**

O segmento industrial de painéis de madeira no mundo apresentou faturamento em 2008 de cerca de US\$ 98,3 bilhões, sendo US\$ 57,9 bilhões representados pelos painéis de madeira reconstituída e US\$ 40,3 bilhões pelos painéis de madeira processada mecanicamente. O comércio mundial atingiu cerca de um terço da produção mundial, com destaque para a Europa, líder tanto nas exportações quanto nas importações (BIAZUS *et al.*, 2010).

##### **3.1.1 Produção**

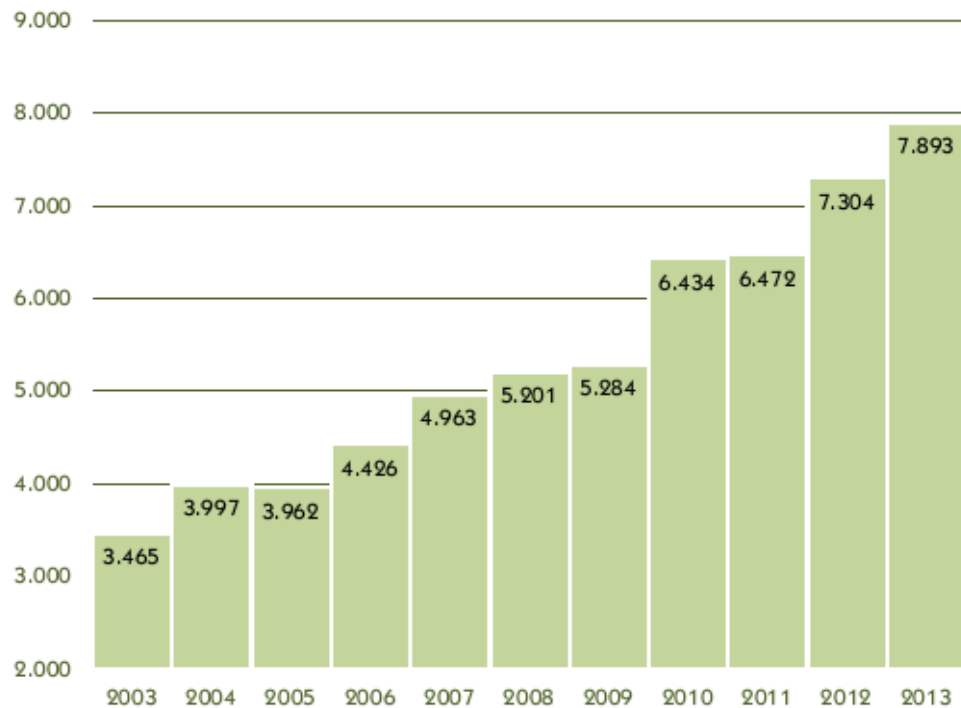
Na questão da produção de painéis de madeira no ano de 2008 o Brasil se encontrava entre os 10 maiores produtores, ocupando mais precisamente o 6º lugar, conforme podemos observar na Figura 1.

**Figura 1:** Produção de painéis de madeira por país (2008)

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

Fontes: FAO, Abipa e Abimci apud Biazus *et al.* (2010)

O Brasil vem mostrando ao longo dos anos uma grande evolução na produção de painéis, e de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) (2014) esta evolução superou um aumento de 100% em 10 anos, conforme observa-se na Figura 2.

**Figura 2:** Evolução da produção brasileira – 1000 m3

Fonte: Indústria brasileira de árvores (2014)

Esta alta evolução segundo Biazus *et al.* (2010) é devido à escassez e aos altos preços da madeira maciça que é utilizada principalmente para a produção de móveis. Para Mattos *et al.* (2008) isso ocorre graças ao aumento da renda dos consumidores e as melhorias na tecnologia para produção dos painéis que fizeram a qualidade dos painéis aumentarem. Além disso, para ABIPA (2012) os altos investimentos no setor, que no período de 2010 a 2014 devem chegar a US\$ 1,2 bilhão, tiveram um grande impacto para que houvesse esta grande expansão no setor.

### 3.1.2 Consumo

O consumo dos painéis de madeira reconstituída seguiu de forma muito semelhante a sua produção, já que praticamente todo o montante de painéis produzido é consumido internamente e, de acordo com a ABIPA (2012), o consumo dos painéis no Brasil de 2005 a 2012 teve um aumento de quase 100%. Como no Brasil quase todo o volume de painéis que é produzido também é consumido, o país não é um grande exportador e, apesar de importar uma quantidade significativa de



painéis, os valores quando comparados as vendas domésticas não são de grande relevância e vem diminuindo com o tempo devido ao aumento da produção que supre cada vez mais a demanda, estes fatos podem ser observados na Tabela 1

**Tabela 1:** Mercado nacional de painéis

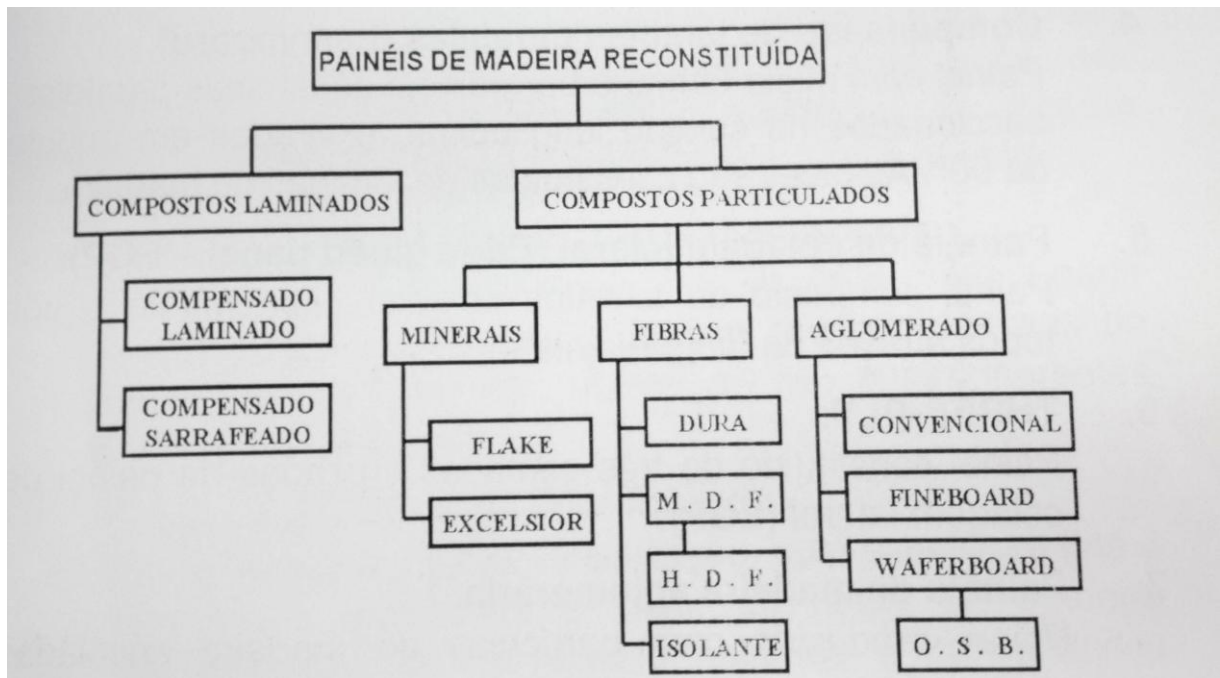
Painéis de Madeira 1000 m <sup>3</sup>	Total 2012	Total 2012	Var. %
Produção	7304	7893	8,1
Vendas Domésticas	6960	7347	5,6
Exportações	314	424	35,0
Importações	1981	1271	-35,8

Fonte: Indústria Brasileira de Árvores (2014)

### 3.2 Painéis de madeira

Os painéis de madeira podem ser apresentados como produtos obtidos através da madeira sólida transformada em partículas, fibras, lâminas e sarrafos, e que, em seguida, são reconstituídos com o auxílio de algum tipo de adesivo (IWAKIRI, 2005).

Esses painéis são classificados de diversas formas de acordo com as características dimensionais do composto que será reconstituído para a produção do painel. A Figura 3 a seguir representa os principais tipos de painéis.

**Figura 3:** Classificação dos painéis de madeira reconstituída

Fonte: Iwakiri (2005)

### 3.2.1 Painéis de madeira aglomerada

Os painéis de madeira aglomerada que são também conhecidos como aglomerado podem ser definidos como painéis produzidos utilizando-se partículas de madeira, onde ocorre a adição de um adesivo sintético para posterior montagem e consolidação do painel, que se consolida devido à aplicação de pressão e calor em uma prensa quente. Além da madeira para produção do aglomerado também é possível a utilização de outros materiais lignocelulósicos (IWAKIRI,2005).

De acordo com Nennewitz (2008) são materiais de madeira na forma de placas, que são fabricados devido a compressão de pequenos fragmentos de madeira ou outras partículas lignocelulósicas, sendo estes fragmentos unidos por colas (resinas).

Segundo Machado (2005) pode-se entender o aglomerado sendo constituído por partículas de madeira, onde a união dos elementos lenhosos ocorre pela ação de uma resina sintética sendo aplicados pressão e calor sobre o colchão. Além disso, por opção, pode-se adicionar aditivos que visam melhorar o desempenho da placa, desde sua estabilidade dimensional até a resistência ao fogo.

Já MALONEY(1993) define o painel de madeira aglomerada como um painel produzido através de materiais lignocelulósicos onde a madeira é o material mais utilizado, feito essencialmente de pequenos pedaços ou partículas que são misturados com uma resina sintética ou algum outro produto ligante e então é feita a adesão das partículas com a resina através do uso de temperatura e pressão em uma prensa quente, sendo que outros produtos podem ser adicionados durante o processo de fabricação para melhorar certas propriedades do painel.

### **3.2.2 MDP - Medium Desity Particleboard**

De acordo com IBÁ (2014), o MDP é um painel de madeira reconstituída onde o posicionamento das partículas é feita de forma diferenciada, sendo que as maiores são colocadas no centro enquanto as mais finas ficam dispostas nas superfícies externas formando assim três camadas.

O MDP pode ser considerado uma evolução do aglomerado, pois surgiu devido à modernização tecnológica que aconteceu principalmente a partir da metade da década de 1990, quando o processo de produção dos painéis começou a ser feito através de prensagem contínua que substituiu a prensagem cíclica, o que fez com que o produto obtivesse melhores características de resistência. E para tentar diferenciar o novo produto do aglomerado tradicional que na época era mal visto modificaram a nomenclatura surgindo assim o MDP (MATTOS *et al.*, 2008). A Figura 4 descreve o processo produtivo do MDP.

**Figura 4:** Processo de produção do MDP

Fonte: Biazus *et al* (2010)

Segundo Biazus *et al.* (2010), o painel mais consumido no mundo é o MDP, que é utilizado para a produção de móveis retilíneos e também na construção civil porém, de forma secundária.

Atualmente, um segmento que vem ganhando espaço com o uso dos painéis particulados são os pisos engenheirados, onde o substrato utilizado é uma capa de partícula.

Um aspecto determinante na qualidade final dos painéis está diretamente relacionado ao tipo de adesivo utilizado na fabricação. A seguir estão apresentadas as principais características e propriedades dos adesivos utilizados industrialmente.

### 3.2.3 Adesivos

Para Iwakiri (2005), adesivo é uma substância que tem a capacidade de manter outros materiais unidos em sua superfície, ou seja, é um material com propriedades aderentes.

Os principais fatores que influenciam na escolha de um adesivo incluem o custo, compatibilidade com o processo de produção, a força da colagem e a

durabilidade. Sendo que tal adesivo não deve reagir instantaneamente ao ter contato com a temperatura, mas seja ativado pelo calor durante o processo de prensagem (FRIHART,2012).

A classificação de adesivos que são usados para a colagem de madeiras segundo Iwakiri (2005), ocorre da seguinte forma:

- **Adesivos naturais**
  - Derivados protéicos de origem animal
  - Derivados protéicos de origem vegetal (soja)
  - Derivados do amido
  - Borracha natural
- **Adesivos sintéticos termoplásticos**
  - Polivinil/acetato
  - Polivinil/acrilato
  - Polietileno
  - Borracha sintética
- **Adesivos sintéticos termoendurecedores/termofixos**
  - Ureia-formaldeído
  - Melamina-fomaldeído
  - Fenol-formaldeído
  - Resorcina-formaldeído
  - Tanino-fomaldeído

Os adesivos mais utilizados para a produção de painéis são os sintéticos termoendurecedores mais precisamente uréia-formaldeído, fenol-formaldeído e melamina-formaldeído (MALONEY,1993), e por este motivo serão destacados a seguir.

- **Ureia-formaldeído (UF):** Nutsch (2000) define a uréia como uma resina incolor e que não sofre escurecimento. Seu endurecimento ocorre mediante a adição de um catalisador e pela aplicação de calor.

Tem uma grande aplicação na indústria madeireira no mundo inteiro, sendo utilizada tanto para colagem de madeira sólida como de compostos laminados e particulados. Este adesivo é utilizado em mais de 90% dos painéis de madeira, devido principalmente ao seu baixo custo quando comparado as outras resinas. Sua cura é mais rápida e também apresenta facilidade de utilização e aplicação. É

considerado de uso interno, pois tem baixa resistência à umidade. A ureia-formaldeído é produzida em solução aquosa onde o conteúdo de sólidos está entre 60 e 70%, podendo também ser produzida na forma de pó. Sua coloração é branca leitosa e seu pH fica entre 7,4 e 7,8, a viscosidade na faixa de 400 a 1000 cp (IWAKIRI,2005;MALONEY,1993).

Segundo Stella (2009), os valores descritos anteriormente para as propriedades do adesivo podem sofrer alterações de acordo com o tempo de armazenagem e também devido à temperatura do ambiente, portanto, o local de armazenagem deve seguir as recomendações do fabricante.

- **Fenol-formaldeído(FF):** Tem a cura mais lenta, e necessita de maiores temperaturas nas prensas quando comparado a ureia-formaldeído. É considerado de uso exterior devido a alta resistência à umidade, sendo seu uso destinado principalmente para produção de compensados à prova d'água, painéis aglomerados estruturais e OSB. Possui coloração marrom avermelhada, com teor de sólidos entre 48 e 51%, pH variando de 11 a 13, viscosidade na faixa de 300 a 600 cp, e necessita de temperatura entre 130 e 150 °C para sua cura (IWAKIRI,2005).

De acordo com Frihart (2012), este adesivo pode ser utilizado em quase todas as aplicações para colagem de madeira, porém, em muitos casos não é necessário resistência muito elevada principalmente à umidade, e nestes casos devido ao custo o fenol-formaldeído é substituído por outros adesivos mais baratos.

- **Melamina-fomaldeído(MF):** Segundo Frihart (2012), a melamina tem uma aceitável resistência á umidade sendo utilizada para painéis de uso exterior e semi-exterior, porém tem como principal limitação o seu alto valor.

Maloney (1993) descreve como adesivo de uso intermediário, pois sua resistência à umidade é maior que a da ureia-formaldeído, porém não é tão eficiente quanto o fenol-formaldeído. Suas principais vantagens são a maior resistência a umidade comparando com a resina UF e tempo de cura mais rápida em relação a resina FF, e sua maior desvantagem é tem um custo muito elevado, sendo o maior custo entre as 3 citadas, podendo então ser utilizada apenas como fortificante em uma mistura com a resina UF, conhecida atualmente como MUF (melamina-ureia-formaldeído).

Iwakiri (2005) define algumas características para a MF como coloração branca leitosa, pH é de aproximadamente 9, e temperatura de cura situa-se entre 65 e 130°C.

### 3.2.4 Aditivos químicos

Para Iwakiri (2005), os aditivos são produtos químicos adicionados as partículas de madeira durante o processo de aplicação do adesivo, sendo utilizados a fim de melhorar certas propriedades dos painéis. Alguns aditivos e suas finalidades serão detalhados a seguir:

- **Catalisador:** Sua função é reativar a pré-condensação e aumentar a velocidade de polimerização e cura da resina. Estes aditivos quando adicionados reduzem o pH da resina e desta forma facilitam seu endurecimento (IWAKIRI,2005). De acordo com Maloney (1993), o catalisador pode já fazer parte de uma resina sem a necessidade de adição durante o processo, já que eles têm seu efeito produzido após a aplicação de calor durante a prensagem.

- **Emulsão de parafina:** Para Iwakiri (2005), a emulsão de parafina tem como finalidade reduzir a higroscopicidade das partículas que constituem o painel de modo que ocorra uma melhor estabilidade dimensional, ou seja, o painel adquire resistência ao contato com água. Suchsland (1990) observa ainda que a parafina tem a única finalidade de aumentar a resistência à umidade do painel, e que durante o processo de fabricação a parafina pode ser adicionada no colchão junto com a resina.

Segundo Almeida (2006), a emulsão fornece aos painéis a impermeabilização a água e a estabilidade dimensional, sendo estas propriedades importantes para operações realizadas após o processo de colagem,

- **Retardante de fogo:** Este aditivo serve para diminuir a facilidade com que os painéis propaguem o fogo, porém não é muito utilizado, pois segundo alguns autores diminuem a resistência dos painéis, principalmente os produzidos com uréia-formaldeído, sendo seu uso indicado para asilos, hospitais, etc. (IWAKIRI(2005),MALONEY(1993)).

- **Produtos preservantes:** Segundo Suchsland (1991), todo produto à base de madeira está sujeito ao apodrecimento e ataque de insetos, principalmente quando expostos a situações que favorecem estes agentes. Sob tais condições faz-se necessário o uso de tratamento contra fungos e insetos, com produtos preservantes. Geralmente os preservantes são utilizados em painéis de uso externo, pois neste ambiente estão mais sujeito a ataques.

### **3.2.5 Parâmetros que afetam as propriedades dos painéis**

São vários os parâmetros que afetam as propriedades dos painéis de partículas, sendo principalmente relacionados ao processo de produção e a matéria-prima. Dentre os parâmetros relacionados a matéria-prima pode-se citar a densidade, a acidez, o teor de extrativos, o teor de umidade e a geometria das partículas, a seguir tais parâmetros serão detalhados

#### **3.2.5.1 Espécie**

Dentre todas as variáveis a espécie é uma das mais significativas. Ela interage com praticamente todas as outras variáveis do processo. A espécie pode determinar a densidade final do painel, a facilidade de se produzir partículas, a formulação da resina é determinada através da espécie, e além destas muitas outras características são determinadas de acordo com a espécie da madeira utilizada (MALONEY,1993).

Segundo a REMADE (2002), a espécie é um dos fatores essenciais para que um produto reconstituído de madeira possa se enquadrar dentro dos requisitos básicos necessário para uma determinada aplicação.

#### **3.2.5.2 Densidade**

De acordo com Iwakiri (2005), o requisito básico de uma madeira para que esta possa ser usada na produção de painéis de partículas é ter baixa densidade, para que desta maneira a razão de compactação, ou seja, a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira, seja no mínimo 1,3. Esse valor garante a densificação necessária para a formação do painel.

A densidade é a variável mais importante quando se fala em alterações nas propriedades dos painéis. Normalmente, madeiras com menores densidades produzirão painéis com densidade dentro do desejado, e geralmente com maiores resistências comparando-se com madeiras de alta densidade. Espécies de menor densidade podem ser comprimidas em painéis de média densidade, desta forma há garantia do contato suficiente entre as partículas durante o processo de prensagem



o que garante uma boa colagem do painel. Isto já não é possível com madeiras de alta densidade, pois necessitam de maiores pressões para que ocorra uma boa colagem e,consequentemente, os painéis produzidos são de alta densidade. Uma solução para o uso de madeira de alta densidade na produção de painéis é a mistura com espécies de baixa densidade o que torna possível produzir painéis de media densidade (MALONEY,1993).

A densidade da madeira é um fator importantíssimo, contudo a densidade do painel também é algo de grande importância na influência de suas propriedades. Iwakiri *et al.* (2008) avaliou a influência da densidade do painel de madeira aglomerada sobre suas propriedades mecânicas e observou-se que o aumento da densidade do painel resultou em acréscimo no valor médio das propriedades mecânicas do painel.

### **3.2.5.3 Acidez**

Acidez é outra variável que requer certa atenção na produção de painéis, sua medição é feita através do pH. Sendo particularmente importante quando a resina utilizada é ureia-formaldeído já que dependendo do pH da madeira utilizada pode ocorrer a pré-cura ou mesmo não ocorrer a cura ideal da resina (MALONEY,1993).

Segundo Iwakiri (2005), a acidez da madeira é importante, pois tem influência sobre a cura da resina e também na escolha de qual tipo de catalisador deve ser utilizado. Podendo ser observado que menores valores de pH aceleram o processo de cura, podendo ocorrer a pré-cura da resina durante a prensagem, fato que pode comprometer a qualidade da colagem. Caso o pH seja um valor constante durante o processo produtivo ele pode ser facilmente controlado, porém a ocorrência de variações trará grande dificuldade no controle, pois haverá a necessidade de constantes alterações na quantidade de catalisador adicionado no colchão (IRLE *et al.*, 2013).

Contudo em testes realizados por Lee *et al.* (2001) o pH das espécies estudadas não mostrou ter relação direta com a cura da resina utilizada que no caso foi fenol-formaldeído.

#### **3.2.5.4 Teor de extrativos**

Segundo Iwakiri (2005), os principais problemas causados pelos extrativos são quanto ao consumo e cura da resina, higroscopicidade e ocorrência de bolhas no painel. Como exemplo tem-se os extrativos voláteis, estes se transformam em vapor durante a prensagem e juntamente com o vapor produzido pela água podem causar bolhas e delaminação no painel.

De acordo com Vick (1999), os extrativos quando expostos a altas temperaturas durante o processo movem-se para a superfície onde se concentram e bloqueiam fisicamente o contato entre o adesivo e a madeira

Trianoski (2010) observou que o principal fator a ser observado não é a quantidade de extrativos e sim o seu tipo, já que alguns extrativos não exercem influencia nas propriedades finais do painel.

A liberação do formaldeído durante a produção dos painéis é um dos principais problemas atualmente, tanto pela poluição quanto pelo risco que traz a saúde da população. Em estudo realizado por Schafer (2000) foi demonstrado que alguns extrativos da madeira podem reagir com este formaldeído que seria liberado e desta forma atuam como limpadores diminuindo assim a quantidade de formaldeído liberado.

#### **3.2.5.5 Teor de umidade**

As dimensões, e as propriedades mecânicas, elásticas e térmicas da madeira são muito dependentes do teor de umidade. Quando se observa a questão das dimensões, os compósitos de madeira como os painéis de partículas sofrem alterações muito maiores quando comparado com a madeira em si, e ao contrário da madeira sólida as perdas de resistência que ocorre nos painéis de partícula quando expostos a umidades muito altas são significativas (ROWELL,2013).

O teor de umidade bem como sua distribuição na espessura do colchão de partículas tem importante contribuição nas características do produto final. Um colchão com alta umidade nas partículas da superfície e menor umidade nas partículas centrais produzirá um painel com superfícies mais densas que seu interior, assim ocorrerá uma maior dureza e resistência a flexão quando comparado a um painel em que o colchão foi preparado com distribuição de umidade

homogênea, porém, a adesão interna será menor devido a menor densidade obtida em seu interior (MALONEY,1993).

De acordo com Irle *et al.* (2013), a umidade das partículas que serão utilizadas para a produção dos painéis deve estar entre 2 e 8%. Isto é necessário, pois a umidade que permanece nas partículas se transforma em vapor durante a prensagem, e no momento da abertura da prensa é liberado repentinamente, caso a quantidade de vapor seja muito alta o painel provavelmente sofrerá delaminação devido a pressão do vapor e, conseqüentemente, a formação de bolhas no painel.

Segundo Piao, Shupe e Hse (2006), estudos indicaram que quanto maior o teor de umidade das partículas maior a temperatura obtida no centro dos painéis durante a prensagem, já que a água favorece a transferência de calor. O maior valor obtido para módulo de ruptura (MOR) foi em painéis produzidos de partículas com teor de umidade de 8%, sendo que tal valor decresce significativamente conforme a umidade das partículas aumenta.

### **3.2.5.6 Geometria das partículas**

Segundo Iwakiri (2005), a geometria das partículas, ou seja, suas dimensões (comprimento, largura e espessura), influenciam a razão de esbeltez das partículas, que é a relação entre o comprimento e a espessura, tal característica deve ser observada, pois altera significativamente as propriedades mecânicas e dimensionais, usinabilidade e acabamento dos painéis. A geometria das partículas interage diretamente com duas variáveis do processo produtivo: a área de contato entre as partículas,ou área superficial específica das partículas e com o consumo relativo de resina, ou disponibilidade de resina por unidade de área das partículas. Com o aumento da espessura das partículas, conseqüentemente tem-se uma menor razão de esbeltez e isto implicará em menor área superficial específica das partículas e maior disponibilidade de resina por unidade de área das partículas, e com estas características obtém-se um painel com maior ligação interna. Já se o aumento acontecer em relação ao comprimento das partículas ocorrerá o aumento da razão de esbeltez, e isto implicará em melhores propriedades de flexão estática.

Testes realizados por Haselein *et al.* (2002) onde todas variáveis do processo se mantinham constante e apenas as dimensões das partículas eram

alteradas mostraram que as propriedades de flexão estática (MOE e MOR) aumentaram conforme se aumentava o comprimento e diminuía a espessura das partículas. Por outro lado aumentando-se a espessura das partículas aumentou-se a resistência ao arrancamento de parafusos.

As propriedades dos painéis de partículas podem ser manipuladas até certo ponto apenas alterando a geometria das partículas. Partículas com maior comprimento beneficiam a maioria das propriedades dos painéis contudo, partículas com menor comprimento são melhores para qualidade da superfície e para uma boa adesão interna. E por isso a maioria dos fabricantes produzem os painéis com partículas menores na superfície e maiores no centro (IRLE *et al.*,2013,NAUMANN *et al.*,2008).

### **3.2.6 Processo de produção de painéis particulados**

De acordo com Maloney (1993) a produção de painéis de partículas ocorre seguindo os seguintes passos:

1. Produção das partículas
2. Secagem
3. Classificação
4. Adição de adesivo e aditivo(s)
5. Formação do colchão
6. Pré-prensagem
7. Prensagem
8. Acabamento
9. Pós-tratamento

A seguir os passos de maior importância para o processo produtivo dos painéis serão descritos.

#### **3.2.6.1 Produção de partículas**

Segundo Gonçalves (2000), as partículas são pedaços de madeira que tem seu tamanho uniforme, elas são produzidas através de cortes feitos por máquinas (picadores) e outras ferramentas específicas para tal operação. Sendo

que tais partículas são produzidas para fins específicos como a produção de celulose ou de chapas de madeira aglomerada.

O modo com que as partículas de madeira são produzidas está ligado diretamente com a matéria-prima utilizada, sua densidade, umidade, entre outros fatores devem ser devidamente observados na escolha do maquinário a ser utilizado (IRLE *et al.*, 2013).

De acordo com Iwakiri (2005), as toras provenientes de florestas plantadas são a principal matéria-prima na geração dos cavacos, porém resíduos de outras indústrias madeireiras como costaneiras, aparas, pontas, rolo resto de laminação, aparas de laminas, maravalhas, entre outros, também podem ser utilizados.

É na etapa de produção das partículas que os elementos dimensionais (comprimento, largura e espessura) são definidos, e conseqüentemente também será definida a razão de esbeltez que é uma característica de grande importância na produção dos painéis (IWAKIRI,2005).

### **3.2.6.2 Secagem**

Existe uma grande diferença na quantidade de água contida nas partículas e a que se deve ter para seu correto uso na produção de painéis. Por esta razão é muito importante a eliminação da água em excesso para continuar com a fabricação do produto final (SECO; GARCIA, 2007)

A secagem de madeira serrada é feita por secadores, os mais modernos proporcionam o controle da temperatura e umidade e também são equipados com ventiladores que forçam a circulação e ventilação do ar. Os secadores convencionais operam em temperaturas acima dos 100°C (SHMULSKY; JONES, 2011).

E ainda de acordo com Shmulsky e Jones (2011), os secadores de partículas utilizam um sistema de secagem de alta velocidade sendo possível secar mais de 900 toneladas de partículas por dia. No início da secagem quando as partículas estão mais úmidas a temperatura pode alcançar 870°C, conforme a umidade diminui a temperatura também decresce chegando a aproximadamente 260°C, isto ocorre para minimizar o risco de incêndio.

Quando este tipo de secador é utilizado é imprescindível que a partícula passe rapidamente pelo equipamento, pois qualquer partícula que atrase um pouco sua passagem sofre sério risco de incêndio. Porém esta velocidade deve ser devidamente ajustada já que é necessário que ao sair a partícula esteja com seu teor de umidade entre 2 e 4% (MALONEY, 1993).

### **3.2.6.3 Classificação**

De acordo com Gonçalves (2000), a classificação é realizada por peneiras vibrantes que separam os cavacos pela área superficial. Também é utilizado o processo pneumático, onde a massa da partícula é considerada, porém este método de classificação é pouco utilizado.

Esta classificação é feita para selecionar as partículas com dimensões aceitáveis para o processo, e para a remoção de impurezas e finos que podem prejudicar a qualidade dos painéis (IWAKIRI, 2005)

A classificação das partículas geralmente ocorre após a secagem, já que partículas úmidas tendem a ficar unidas de modo que a seleção feita pelas peneiras fique comprometida (IRLE *et al.*, 2013).

### **3.2.6.4 Adição de adesivo e aditivos**

A resina mais utilizada na produção de painéis aglomerados é a uréia-formaldeído, mas também são utilizadas fenol-formaldeído e melamina-formaldeído, porém em menor frequência. A quantidade utilizada de adesivo é baseada no teor de sólidos da resina e na massa de partículas e pode variar entre 4 e 10% em relação ao peso seco de partículas, sendo que para UF que é o adesivo mais utilizado esta variação é de aproximadamente 6 a 9%. Já a adição de emulsão de parafina fica com valores próximos a 1% do peso seco das partículas (STARK; CAI; CARLL, 2010).

De acordo com Iwakiri (2005) o custo do adesivo na produção de aglomerados representa de 35 a 60% do custo total, e por este motivo deve evitar ao máximo o seu desperdício e otimizar seu uso. Para aplicação do adesivo existem basicamente dois sistemas: o sistema de aplicação por rolos e o sistema de

aplicação por atomização, o segundo citado é o mais utilizado devido a grande vantagem de distribuir uniformemente o adesivo sobre a superfície das partículas. Nele bicos localizados em um cilindro por onde passam as partículas fazem a atomização do adesivo. Neste sistema para que ocorra a aplicação uniforme do adesivo é necessário regular a viscosidade do adesivo que deve ficar entre 250 e 300 cp.

No caso de painéis com camadas onde as partículas do centro são maiores do que as da superfície, a aplicação do adesivo é feita por diferentes aplicadores, já que diferentes quantidades e diferentes formulações de resina devem ser utilizadas em cada caso (YOUNGQUIST, 1999).

### **3.2.6.5 Formação do colchão**

Esta etapa consiste na deposição de partículas com adesivo sobre uma esteira móvel, com quantidade de partículas pré-determinada de acordo com a espessura e a densidade do painel a ser produzido. O equipamento que faz a formação do colchão é chamado estação formadora, sendo este um reservatório no qual o material que vai para o sistema de distribuição sobre a prensa móvel é dosado. Os métodos para formação do colchão são descontínuos e contínuos, sendo que o segundo é o mais utilizado devido a sua produtividade (IWAKIRI, 2005).

Segundo Irle *et al.* (2013), esta fase deve ser executada de maneira apropriada, pois afeta diretamente a densidade do painel, e conseqüentemente altera várias propriedades do painel. A deposição das partículas deve ser feita de maneira uniforme em relação ao comprimento e largura do painel, com a quantidade de partículas necessárias, para que a densidade desejada do painel seja alcançada, e para que o perfil de densidade seja simétrico em relação ao centro da chapa.

Caso o colchão produzido não seja uniforme, o painel resultante terá uma grande variação de suas propriedades, devido as variações de densidade ao longo do painel (MALONEY, 1993).

### **3.2.6.6 Pré-prensagem**

De acordo com Stark, Cai e Carll (2010) a pré-prensagem ocorre para diminuir a altura do colchão e ajudar na sua consolidação.

A pré-prensagem comprime o colchão para aproximadamente 50-70% de sua altura inicial, desta maneira a prensa não necessita abrir muito para acomodar o colchão e, portanto não necessita fechar muito para alcançar a espessura desejada, e isto é de grande importância, pois reduz a chance da pré-cura da resina. Outro motivo para a pré-prensagem é retirar a maior quantidade de ar possível do colchão, isto faz com que a prensagem possa ser realizada mais rapidamente, pois o ar no momento da prensagem tende a sair do colchão expulsando as partículas, portanto quanto mais ar no colchão mais lento deve ser o fechamento da prensa (IRLE *et al*, 2013; MALONEY, 1993).

### 3.2.6.7 Prensagem

Segundo Iwakiri (2005), os objetivos principais da prensagem é que através da aplicação de pressão e calor, ocorra a cura da resina, a densificação e a consolidação do colchão até a espessura final do painel. Os parâmetros da prensagem serão descritos abaixo:

-Pressão: Sua função é a densificação e a consolidação do material, até que se atinja a espessura final. E em função da densificação do material, a faixa de pressão a ser aplicada pode variar de 12 a 40 kgf/cm<sup>2</sup>.

-Temperatura de prensagem: Sua função é processar a polimerização e a cura da resina, e também efetuar a plasticização da madeira, o que causa a redução da resistência da madeira a compressão facilitando a consolidação do colchão até a espessura final. A temperatura utilizada na prensa depende do adesivo utilizado, segundo Maloney (1993) a ureia-formaldeído necessita de aproximadamente 143°C, enquanto o adesivo fenol-formaldeído necessita de temperatura entre 182-204°C para que seja realizada a cura ideal.

-Tempo de fechamento da prensa: é o tempo transcorrido desde o contato dos pratos quentes da prensa com a superfície do colchão, até alcançar a espessura final desejada para o painel. E está ligado diretamente com a formação do gradiente vertical de densidade do painel.

De acordo com Irle *et al.* (2013), alguns estudos realizados demonstraram que é possível reduzir a variação do gradiente de densidade diminuindo a velocidade de fechamento da prensa.



- Tempo de prensagem: Deve ser o suficiente para que o centro do painel obtenha a temperatura necessária para que ocorra a cura da resina utilizada. O tempo de prensagem varia de acordo com a espessura da chapa, a umidade do colchão e a temperatura de prensagem.

### **3.2.7 Matérias-primas alternativas para produção de painéis aglomerados**

A madeira é indiscutivelmente a principal matéria-prima para produção de painéis aglomerados, porém vários estudos nesta área sugerem a utilização de outros materiais, principalmente como complemento para os painéis a fim de diminuir a quantidade de madeira utilizada. Sendo também que estas matérias-primas geralmente são resíduos sem nenhum valor agregado e que poderiam ter descarte inadequado.

Um dos fatores para o sucesso das indústrias de painéis particulados é a sua habilidade de poder utilizar resíduos de madeira para a produção das chapas de partículas (IRLE *et al.*,2013)

Melo *et al.* (2009) produziram painéis aglomerados com diferentes proporções onde variou-se a porcentagem de madeira (*Eucalyptus grandis*) e casca de arroz. Foram utilizadas as resinas ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. Segundo os autores, os resultados não foram satisfatórios, pois à medida que se aumentava a proporção de casca de arroz os painéis produzidos tinham maior instabilidade e menor resistência. Contudo mesmo com estas características a utilização de baixo teor de casca (10%) pode ser utilizada já que as características ficam bem próximas as produzidas exclusivamente com madeira.

Biswas, Bose e Hossain (2011) fabricaram painéis de partículas através de resíduos de duas espécies de bambu, foram utilizados cavacos e maravalha das espécies *Bambusa balcooa* e *Bambusa vulgaris*, e como adesivo utilizaram a resina ureia-formaldeído. Testes realizados demonstraram que ambas as espécies produziram painéis com propriedades dentro dos padrões internacionais. Contudo, obtiveram baixa estabilidade dimensional, e seu uso é recomendado para ambientes internos com baixa umidade. Outra característica observada foi que os painéis produzidos com cavaco obtiveram melhores propriedades se comparados aos produzidos com maravalha, isto indica que há influência da geometria das partículas.

Battistelle, Marcilio e Lahr (2009) produziram chapas de partículas compostas por bagaço de cana-de-açúcar e folhas caulinares da espécie de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, onde se variou a porcentagens das matérias-primas. Os melhores resultados obtidos foram com 100% de bagaço de cana, e embora os painéis produzidos com 100% de partículas de bambu tenham alcançado valores bem próximos a estes, no momento em que foram produzidos painéis com a mistura das matérias-primas os mesmos sofreram redução em seus valores de MOE e MOR. Com os resultados obtidos concluiu-se que ambas as matérias-primas apresentam potencial para uso na fabricação de chapas de partículas.

### **3.3 Floresta Ombrófila Mista (FOM)**

Para Mattos *et al.* (2006), a floresta ombrófila mista por abrigar a espécie de conífera de maior expressão da vegetação brasileira denominada popularmente como Araucária ou Pinheiro do Paraná possui uma enorme importância ecológica.

Em sua origem a FOM ocupava aproximadamente 200.000 Km<sup>2</sup> sendo que ocupava 49,8% do território do estado do Paraná, 30% de Santa Catarina e 25% do Rio Grande do Sul. Sua ocorrência também acontecia em maciços descontínuos nas partes mais elevadas das serras do mar dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e também na Argentina (CAMPOS *et al.*, 2010).

De acordo com a APREMAVI (2014) hoje dos 200.000 km<sup>2</sup> iniciais restam apenas 3% deste total, e mesmo estando ameaçada de extinção ainda ocorre sua exploração ilegal, o que acaba agravando a situação.

#### **3.3.1 Araucária**

Segundo Santini, Haselein e Gatto (2000), a Araucária (*Araucaria angustifolia*) foi durante muito tempo a principal matéria-prima madeireira de importância econômica no sul do país.

A Araucária é uma árvore dióica, ou seja, possui flores unissexuais, as masculinas em um indivíduo e as femininas em outro. Ela pode alcançar os 50 metros de altura e seu tronco retilíneo tem em média de 90 a 180 cm de diâmetro,

sendo que em alguns casos pode alcançar 230 cm (LORENZI,2002; SANTOS,1987).

O seu crescimento inicial é lento até o terceiro ano, a partir desta idade em locais adequados o seu incremento anual em altura fica em torno de 1 metro e a partir do quinto ano o seu incremento em diâmetro está situado na faixa de 1,5 a 2 cm por ano (SOARES;MOTA, 2004).

### **3.3.1.1 Madeira de Araucária**

O IPT (1989a) descreve a madeira da Araucária sendo de cor branco-amarelada, freqüentemente com manchas largas róseo-avermelhadas, de brilho moderado, com cheiro e gosto pouco acentuados e textura fina, tendo esta uma densidade básica de 458 kg/m<sup>3</sup>.

Para Santos (1987), a madeira também possui cor branco-amarelada quando recém cortada e amarela ligeiramente rósea quando exposta ao ar durante algum tempo, e de um brilho tênue, com textura fina e uniforme.

Rizzini (1978) acrescenta ainda que se exposta ao tempo a madeira é pouco durável. Segundo o IPT (1989a), após ensaio em laboratório, demonstrou ter baixa resistência ao apodrecimento e ao ataque de cupins de madeira seca, sendo muito susceptível aos fungos causadores de mancha azul.

Porém de acordo com o próprio IPT (1989a), quando submetida a impregnação sob pressão a madeira demonstrou ter alta permeabilidade as soluções preservantes.

São múltiplos e variadíssimos os usos da madeira de Araucária podemos citar: na construção em geral como pranchões, pranchas, vigamento, tábuas, ripas,forro etc., madeira para móveis, caixas de embalagens, molduras, palito de fósforo, cabos para vassoura, brinquedos e também para produção de pasta celulósica para papel (RIZZINI,1971;SANTOS,1987;LORENZI,2002). Santos (1987) informa ainda que para a fabricação de papel a fibra da Araucária é considerada das mais longas e melhores para a sua produção.

A Figura 5 a seguir representa a Araucária e a grimpa.

**Figura 5:** a) Araucária b) Grimpa



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão abordados os materiais utilizados na produção dos painéis particulados, bem como a metodologia aplicada para sua fabricação e caracterização físico-mecânica.

### 4.1 Materiais

As matérias-primas utilizadas na produção dos painéis foram:

- Galhos e folhas de *Araucaria angustifolia*;
- Adesivo ureia-formaldeído – Redemite – Fabricante Redelease;
- Catalisador Sulfato de amônia - Fabricante Redelease;
- Emulsão de parafina – Fabricante Isogama.

Os equipamentos descritos a seguir foram utilizados para o processamento da matéria-prima e para a fabricação dos painéis. Estes equipamentos encontram-se no Laboratório de Produção de Painéis, da UNESP – Campus de Itapeva.

- Picador laboratorial (MARCONI - MA 683/3);
- Moinho tipo Willey (MARCONI – MA 680/5);
- Estufa de secagem (MARCONI – MA 035);
- Agitador de peneiras elétrico (BERTEL 50x50cm);
- Batedeira de cola (BRAESI – BP 12);
- Prensa hidráulica termo-aquecida (Hidral-Mac PHH 80T;);
- Máquina universal de ensaios (EMIC DL30000N).

### 4.2 Metodologia

A seguir estão descritas as etapas do processo de fabricação dos painéis em laboratório e, posteriormente, o processo de caracterização com base no documento normativo NBR 14.810-2/2013.

#### 4.2.1 Geração das partículas

Inicialmente, a matéria-prima madeira foi processada em um picador laboratorial, onde a matéria-prima foi fragmentada em partículas de dimensões variadas, em seguida as partículas foram para o processamento secundário efetuado em um moinho, do tipo *Willey*. Este equipamento reduziu as dimensões das partículas. A Figura 6 demonstra quais foram os equipamentos utilizados.

**Figura 6:** a) moinho tipo willey e b) Picador laboratorial



Fonte: Autoria própria

Após a geração, as partículas foram classificadas para selecionar as que seriam utilizadas para a fabricação dos painéis e, retirar as partículas finas que não são desejáveis na produção, pois aumentam o consumo de adesivo. Este processo foi realizado em um agitador de peneiras ilustrado na Figura 7.

**Figura 7:** Agitador de peneiras e peneiras para a classificação dos materiais.



Fonte: A autoria própria

Cabe destacar que após a classificação das peneiras pode-se observar na peneira de 9 mesh uma maior incidência de madeira dos galhos junto com as folhas e, na peneira de 16 mesh a incidência foi bem maior de folhas de grimpá.

#### **4.2.2 Secagem das partículas**

Logo após serem selecionadas, as partículas foram secas em estufa. A intenção desta etapa foi reduzir a umidade das partículas de modo que no momento da prensagem do painel não ocorressem problemas devido ao excesso de umidade, já que nos primeiros painéis produzidos sem a secagem houve graves problemas como formação de bolha e colagem ineficiente da camada interna do painel, onde pode-se observar a abertura da mesma. A Figura 8 apresenta a estufa de secagem utilizada no processo de secagem.

**Figura 8:** Estufa de secagem

Fonte: Autoria própria

#### 4.2.3 Produção dos painéis

O colchão foi formado com 1800g de partículas, a granulometria das partículas foi de 9 e 16 mesh. Para cada tratamento estudado variou-se a porcentagem destas granulometrias. Foram fabricados painéis com diferentes proporções de partículas de 9 mesh e 16 mesh, sendo respectivamente 30/70 (tratamento 1), 50/50 (tratamento 2) e 70/30 (tratamento 3).

Para a fabricação dos painéis foram misturados com as partículas aproximadamente 255g de adesivo, 25g de emulsão de parafina e 10g de catalisador, estes valores seguem a literatura de painéis produzidos com madeira de pinus.

Para se misturar as partículas com o adesivo e aditivos foi utilizado um misturador (Figura 9), com a finalidade de se obter a mistura da forma mais homogênea possível. Então a mistura formada foi levada para a caixa formadora e compactada manualmente ( pré-prensagem), formando-se o colchão a ser prensado.



**Figura 9:** Misturador de partículas e adesivo



Fonte: Autoria própria

Em seguida, a caixa formadora foi retirada e o colchão depositado entre duas chapas metálicas foi levado para a prensa a quente. A prensagem foi realizada durante 8 minutos tendo alívio de vapores a cada 2 minutos, com uma temperatura de 140 °C e pressão de 40 kgf/cm<sup>2</sup>. A Figura 10 ilustra a prensa hidráulica utilizada na fabricação dos painéis, a caixa formadora e o colchão antes da prensagem.

**Figura 10:** a) Prensa b) Colchão antes da prensagem c) Caixa formadora



Fonte: Autoria própria

Após a fabricação os painéis foram acondicionados e, posteriormente, esquadrejados em quadrados com lado de 350 mm de onde foram retirados os corpos de prova.

#### 4.2.4 Caracterização dos painéis

Os ensaios realizados para a caracterização física e mecânica dos painéis foram: inchamento em espessura, absorção de água, teor de umidade, densidade aparente, flexão estática. Todos os testes seguiram as especificações da norma ABNT NBR 14810-2/2013.

##### 4.2.4.1 Flexão estática

Este ensaio é realizado com a finalidade de determinar o Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR) dos painéis. Seguindo a ABNT NBR 14810/2013 mediu-se as dimensões da seção transversal dos corpos-de-prova e executou-se o ensaio em uma máquina universal de ensaios com controle de velocidade. O ensaio foi realizado com a amostra biapoiada com um vão de vinte vezes a espessura do corpo de prova e a velocidade de carregamento para este teste foi de 7 mm/min, pois a espessura dos painéis estava entre 11 e 14 mm.

Para o cálculo dos valores de MOR foi utilizada a equação 1 e para os valores de MOE a equação 2. As equações foram adicionadas ao *software* que acompanha a Máquina Universal de Ensaio e, assim após a realização dos ensaios os valores são calculados diretamente.

(1)

$$MOR = \frac{1,5 * P * D}{B * E^2}$$

Onde:

MOR é o módulo de ruptura, em megapascal;

P é a carga de ruptura lida no indicador de cargas, em newtons;

D é a distância entre apoios do aparelho, em milímetros;

B é a largura do corpo de prova, em milímetros;

E é a espessura média tomada em três pontos do corpo de prova, em milímetros.

$$MOE = \frac{P1 * D^3}{4 * d * B * E^3}$$

Onde:

MOE é o módulo de elasticidade, em megapascals;

P1 é a carga no limite proporcional lida no indicador de cargas, em newtons;

D é a distância entre os apoios do aparelho, em milímetros;

d é a deflexão, em milímetros, correspondente à carga P1;

B é a largura do corpo de prova, em milímetros;

E é a espessura média tomada em três pontos do corpo de prova, em milímetros

#### 4.2.4.2 Inchamento e absorção

De acordo com ABNT NBR 14810/2013, para fazer determinação do inchamento e da absorção de água deve-se submergir o corpo-de-prova em água durante  $2h \pm 3min$  e  $24h \pm 35min$ . Após este tempo mede-se a variação da espessura do painel e a variação da massa dos corpos-de-prova que são respectivamente o inchamento e a absorção de água. E utilizando as equações 3 e 4 pode-se calcular os valores para inchamento em espessura e absorção de água como proposto na norma.

(3)

$$I = \frac{E1 - E0}{E0} * 100$$

Onde:

I é o inchamento em espessura do corpo de prova, em porcentagem;

E1 é a espessura do corpo de prova após o período de imersão considerado, em milímetros;

E0 é a espessura do corpo de prova antes da imersão, em milímetros.

(4)

$$A = \frac{M1 - M0}{M0} * 100$$

Onde:

A é a absorção de água, em porcentagem;

M1 é a massa do corpo de prova após imersão, em gramas;

MO é a massa do corpo de prova antes da imersão, em gramas.

#### 4.2.4.3 Densidade aparente

Para realizar o teste que determina a densidade aparente, as amostras foram pesadas e medidas. E utilizando as equações 5 e 6 calculou-se a densidade dos corpos de prova.

(5)

$$D = \frac{M}{V} * 1000000$$

Sendo:

(6)

$$V = L * E * C$$

Onde:

D é a densidade do corpo de prova. em quilogramas por metro cúbico;

M é a massa do corpo de prova, em gramas;

V é o volume do corpo de prova, em milímetros cúbicos;

L é a largura do corpo de prova, em milímetros;

C é o comprimento do corpo de prova, em milímetros;

E é a espessura do corpo de prova em milímetros.

#### 4.2.4.4 Teor de umidade

O teor de umidade das amostras foi calculado em função da relação entre a massa úmida (MU), ou seja, a massa das amostras em condições ambientes e sua

massa seca (MS), sendo secas em estufa a  $103\pm 2$  °C até que a massa atinja um valor constante.

(7)

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \times 100$$

onde:

U é a umidade residual do corpo de prova, em porcentagem;

MU é a massa úmida do corpo de prova, em gramas;

MS é a massa seca do corpo de prova, em gramas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nos testes de caracterização física e mecânica para cada tratamento realizado.

### 5.1 Teste de flexão estática

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para MOR e MOE na flexão estática e, respectivos valores de desvio padrão.

**Tabela 2:** Resultados médios e desvios padrões para o módulo de ruptura e módulo de elasticidade dos tratamentos realizados e valor normativo

Tratamentos	1 – 30/70	2 – 50/50	3 – 70/30	ABNT
MOR (MPa)	0,80	1,74	0,98	11
Desvio Padrão	0,27	0,22	0,34	
MOE (MPa)	252,5	510,5	302,5	1800
Desvio Padrão	75,39	104,7	102,5	

A partir da análise da Tabela 2 pode-se observar que tanto o MOE (Módulo de Elasticidade) quanto o MOR (Módulo de Ruptura) na flexão estática apresentaram resultados inferiores ao indicado na norma NBR 14.810-2/2013 para a situação de painéis não estruturais para uso interno. Isso pode ser justificado pelo material utilizado não ser madeira e provavelmente apresentar propriedades físicas, químicas e mecânicas diferentes das partículas de madeira, usualmente utilizadas na fabricação de chapas de madeira aglomerada.

Uma análise entre os três tratamentos realizados no presente estudo permitiu concluir que o tratamento 2, por apresentar maior quantidade de madeira nas partículas utilizadas (FIGURA 11) proporcionou maior resistência mecânica aos painéis, embora, continue não atendendo a norma anteriormente citada.

**Figura 11:** Painéis produzidos a) Tratamento 3 b) Tratamento 2 c) Tratamento 1



Fonte: Autoria própria

Quando comparados os resultados obtidos com outros estudos de painéis lignocelulósicos, como casca de arroz e casca de macadâmia, observa-se que os valores em alguns casos estão próximos indicando desempenho similar para esses painéis. Ferreira (2013) estudou chapas de partículas de camada homogênea com 100% de casca de macadâmia e obteve MOR com média de 1,83 MPa e MOE com valor médio de 60,11 MPa, com isso pode-se observar que o tratamento 2 deste estudo apresentou MOR muito próximo ao obtido com casca de macadâmia e que todos os tratamentos apresentaram MOE bem superior aos testes realizados com a casca de macadâmia.

Já Melo *et al.* (2009) produziram painéis aglomerados com casca de arroz, e os testes realizados mostraram que o valor médio obtido para o MOR foi de aproximadamente 3,43 MPa, sendo assim o MOR encontrado foi superior a todos os tratamentos realizados neste estudo. Porém, quando observa-se o resultado médio obtido para o MOE que foi de aproximadamente 171 MPa, tem-se que todos os tratamentos deste estudo apresentam valores superiores.

## 5.2 Densidade

A Tabela 3 apresenta os valores de densidade aparente para os três tratamentos estudados além do valor indicado pelo documento normativo adotado como base de referência no presente estudo.

**Tabela 3:** Resultados médios e desvios padrões para a densidade dos painéis produzidos e valor normativo.

Tratamentos	1 – 30/70	2 – 50/50	3 – 70/30	ABNT
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	809,99	831,94	788,18	551 a 750
Desvio Padrão	36,33	17,76	14,01	

Através dos valores apresentados na Tabela 3 pode-se observar que os valores para a densidade obtidos em todos os tratamentos se mostraram superiores ao indicado na norma NBR 14.810-2/2013 para painéis de média densidade, ou seja, os painéis obtidos segundo a norma são de alta densidade.

Fazendo uma comparação entre os tratamentos, observa-se que tratamento 2 obteve maior densidade e isto pode ser explicado devido a maior quantidade de madeira presente neste painel, fazendo com que o painel produzido apresente maior massa e, conseqüentemente, maior densidade. Já a diferença ocorrida entre os tratamentos 1 e 3 se explica pelo fato de no tratamento 1 a maior parte das partículas utilizadas eram de 16 mesh, ou seja, partículas de menor tamanho, que no momento em que são prensadas produzem painéis com menor espessura, e este fato causa o aumento da densidade, pois partículas menores apresentam maior área superficial de contato quando adensadas reduzindo o vazio existente no colchão (IWAKIRI, 2005).

Cai et.al (2004) menciona que a densidade do painel é um dos principais fatores que influenciam nas propriedades mecânicas dos painéis de partículas. Isto pode ser também observado neste estudo, já que como visto anteriormente o tratamento 2 obteve maiores valores de MOR e MOE, sendo que este mesmo tratamento foi quem apresentou maior densidade, este fato pode comprovar a ligação direta entre densidade e resistência mecânica dos painéis e isto também é verificado para a madeira maciça.



### 5.3 Teor de umidade

A Tabela 4 apresenta os valores do teor de umidade para os três tratamentos estudados além do valor indicado pelo documento normativo adotado como base de referência no presente estudo.

**Tabela 4:** Resultados médios e desvios padrões para o teor de umidade dos painéis produzidos e valor normativo

Tratamentos	1 – 30/70	2 – 50/50	3 – 70/30	ABNT
Teor de umidade (%)	7,60	5,56	8,35	5 a 11
Desvio Padrão	0,32	0,23	0,16	

De acordo com os resultados apresentados na tabela 4 todos os tratamentos estão dentro dos valores recomendados pela NBR 14.810-2/2013 para a situação de painéis não estruturais para uso interno. Estes resultados demonstram que para o teor de umidade as partículas da matéria-prima utilizada neste estudo não houve interferência do teor de umidade sobre as demais propriedades físicas e mecânicas analisadas, pois o teor de umidade encontrou-se sempre dentro dos limites normativos.

Ao se fazer comparações entre os tratamentos observa-se que o tratamento 2 apresentou o menor teor de umidade, isto pode ser justificado pelo fato de que a madeira perde água mais facilmente que as partículas de folhas, apresentando então menor teor de umidade para o painel. Estudos de painéis particulados de madeira sempre tem apresentado valores de teor de umidade dentro dos limites normativos. Iwakiri (2002) obteve valores de teor de umidade variando entre 7 e 11% para painéis particulados de eucalipto.

### 5.4 Inchamento em espessura

Na Tabela 5 apresenta-se os valores obtidos no teste de inchamento em espessura para 2 horas e 24 horas para os três tratamentos estudados além do

valor indicado pelo documento normativo adotado como base de referência no presente estudo.

**Tabela 5:** Resultados médios e desvios padrões para o inchamento em espessura dos painéis produzidos e valor normativo

Tratamentos	1 – 30/70	2 – 50/50	3 – 70/30	ABNT
Inchamento 2h (%)	9,46	8,39	8,6	8
Desvio Padrão	1,95	1,47	2,93	
Inchamento 24h (%)	25,95	25,71	19,53	18
Desvio Padrão	4,64	4,33	5,52	

Analisando a Tabela 5 verifica-se que para o inchamento 2h todos os tratamentos apresentam valores muito próximos aos valores de referência da NBR 14.80-2/2013 para a situação de painéis não estruturais para uso interno. Já para o inchamento 24h os tratamentos 1 e 2 apresentaram valores acima do permitido pela norma anteriormente citada e o tratamento 3 atende a norma consultada.

Fiorelli *et al.* (2011) produziram painéis de partículas com bagaço de cana, e seus valores de inchamento 2h foram muito superiores aos encontrados neste estudo, com valor médio de 19,6%, porém ao observar seus valores para o inchamento 24h observa-se um valor médio de 25,07%, valor este que é muito próximo aos encontrados nos tratamentos 1 e 2.

Melo *et al.* (2009) produziram painéis com casca de arroz e obtiveram valores de inchamento bem elevados, sendo o valor médio para o inchamento 2h de aproximadamente 17%, e o valor médio obtido para o inchamento 24h de aproximadamente 47%.

## 5.5 Absorção

A Tabela 6 apresenta os valores obtidos no teste de absorção de água para 2 horas e 24 horas para os três tratamentos estudados além do valor indicado pelo documento normativo adotado como base de referência no presente estudo.

**Tabela 6:** Resultados médios e desvios padrões para a absorção de água dos painéis produzidos e valor normativo

Tratamentos	1 – 30/70	2 – 50/50	3 – 70/30	ABNT
Absorção 2h (%)	17,02	14,32	11,67	-
Desvio Padrão	3,90	2,70	2,87	
Absorção 24h (%)	50,49	51,14	44,99	-
Desvio Padrão	6,17	8,69	11,79	

No caso da absorção de água a NBR 14.810-2/2013 descreve a metodologia para a realização dos ensaios para 2 e 24 horas, porém não fornece valores de referência e, por este motivo não pode-se afirmar que os resultados contidos na tabela 6 estão dentro de um valor referencial normativo. Destaca-se que nem normas internacionais indicam valores de referência para absorção de água.

Na absorção os tratamentos seguem o padrão encontrado no teste de inchamento, já que na absorção 2h os valores estão bem próximos sendo o tratamento 3 o de maior diferenciação apresentando menor absorção, devido a formação do colchão. E na absorção 24h da mesma maneira que o inchamento 24h observa-se que os valores do tratamento 1 e 2 são muito parecidos, enquanto o tratamento 3 apresenta valor abaixo dos outros.

Em testes realizados por Ferreira (2013) onde produziram-se painéis particulados com casca de macadâmia, observa-se valores de absorção de água muito inferiores aos obtidos neste estudo, na absorção 2h o resultado médio obtido

foi aproximadamente 6%, enquanto para absorção 24h o valor obtido foi de apenas 15%.

Já em testes realizados por Araújo *et al.* (2014) que produziu painéis com bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* e adição de 20% de partículas de casca de café, os resultados obtidos mostram valores de absorção 2h de 28% e para absorção 24h de 71%, ambos os valores são superiores aos encontrados pelos testes realizados neste trabalho.

## 6 CONCLUSÃO

O estudo de painéis particulados é um segmento em crescente desenvolvimento com pesquisas inovadoras especialmente com materiais lignocelulósicos alternativos. A proposta do presente estudo foi verificar a viabilidade de utilização de resíduos de folhas e galhos de *Araucaria angustifolia*. Tal verificação foi realizada a partir de testes de caracterização físico-mecânica em comparação aos resultados indicados pela norma brasileira de chapas de partículas aglomeradas. No entanto, cabe destacar que a norma citada indica o uso dos painéis para a indústria moveleira e construção civil, sendo que algumas aplicações alternativas e menos usuais não são contempladas em tal documento.

Os resultados obtidos no presente estudo mostram que os painéis particulados produzidos com resíduos de folhas e galhos de Araucária não atenderam ao proposto pela NBR 14.810-2/2013, no entanto, a comparação dos resultados obtidos com outros estudos de painéis particulados lignocelulósicos indicou valores próximos em todos os testes realizados. Conclui-se ainda que a utilização de folhas e galhos nas proporções estudadas pode ser indicada para outras aplicações que não exijam elevada solicitação permitem o uso dos painéis estudados, como por exemplo, painéis decorativos, pequenos objetos e artesanatos.

Uma análise entre os tratamentos estudados permite dizer que a variação granulométrica propiciou diferentes desempenhos nas composições estudadas, ou seja, painéis com partículas menores e maior concentração de madeira apresentaram melhor desempenho físico-mecânico.

Sugere-se como proposta para um novo estudo a utilização das folhas e galhos de Araucária juntamente com partículas de madeira, estudando a possibilidade de diferentes composições de materiais na formação do painel. Indica-se ainda estudos que utilizem outros adesivos como as resinas termoplásticas e resinas poliuretanas que tem apresentado excelente desempenho quando associadas a materiais lignocelulósicos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. de O. R. **Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas, de diferentes tipos de MDF quando do seu revestimento por prensagem.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2006. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais lenhocelulósicos) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa-PT, 2006.

ARAÚJO, Isabella Imakawa de *et al.* Aproveitamento do resíduo do processamento do café na composição de painéis mdp. In: pgr em gestão de resíduos da unesp : o uso de ferramentas de gestão na universidade, 3., 2014, Araçatuba. **Workshop.** Araçatuba: Unesp, 2014. p. 30 - 33.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA). **Olho no crescimento.** Março de 2007. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>. Acesso em: 18 set. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2:** Chapas de madeira aglomerada: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013

ASSOCIAÇÃO DE PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE E DA VIDA (APREMAVI). **Floresta com Araucárias.** Disponível em: <<http://www.apremavi.org.br/floresta-com-araucarias>>. Acesso em: 2 out. 2014.

BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; MARCILIO, Carolina; LAHR, Francisco Antonio Rocco. Emprego do Bagaço de Cana-de-Açúcar (*Saccharum officinarum*) e das Folhas Caulineares do Bambu da Espécie *Dendrocalamus giganteus* na Produção de Chapas de Partículas. **Minerva**, [s. L.], v. 3, n. 5, p.297-305, jan. 2012.

BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. (2010). **Panorama de mercado: painéis de madeira.** BNDES setorial, Rio de Janeiro, n.32, p.49-90.

BISWAS, D.; BOSE, S. K.; HOSSAIN, M. M. Physical and mechanical properties of urea formaldehyde-bonded particleboard made from bamboo waste. **International Journal of Adhesion & Adhesives**, [s.L.], v. 31, n. 2, p. 84-87, mar. 2011.

Cai Z., Wu Q., Lee J. & Hiziroglu S., 2004. Influence of board density, mat construction and chip type on performance of particleboard made from eastern redcedar. **Forest Products J.**, 54: 226- 232

FERREIRA, Bruno Santos. **Propriedades físico-mecânicas de painéis particulados de eucalyptus saligna com adição de casca de noz macadâmia.** 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

FIORELLI, Juliano *et al.* Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 4, n. 33, p.401-406, jan. 2011.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. **Adhesives with Wood Materials: Bond Formation and Performance**. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood Handbook: wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 10.

FRIHART, C. R. **Wood Adhesion and Adhesives**. In: ROWELL, M. R. Handbook of wood chemistry and wood composites. Boca Raton: CRC Press, 2012. Cap.9.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: Document Center Xerox – USC, 2000. 242 p.

GONÇALVES, R. M.; MATTOS, R. L. G.; CHAGAS F. B. **Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas**, São Paulo, número do volume, n. 27, p.121-156,mar. 2008.

HASELEIN, C. R.; CALEGARI, L.; BARROS, M. V.; HACK, C.; HILLIG, E.; PAULESKI, D. T.; POZZERA, F. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p. 127-134, jul. 2002.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Estatísticas da Indústria Brasileira de Árvores**. 2014. Disponível em: <[http://www.bracelpa.org.br/shared/destaque/cenarios\\_julho\\_imprensa.pdf](http://www.bracelpa.org.br/shared/destaque/cenarios_julho_imprensa.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Informações sobre madeiras: Pinho-do-Paraná**. Disponível em: <[http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras/18.htm](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/18.htm)>. Acesso em: 5 out. 2014.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/>> Acesso em: 16 set.2014.

IRLE, M. A.; BARBU, M. C.; REH, R.; BERGLAND, L.; ROWELL, R. M. Wood Composites. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2013. Cap. 10.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba/PR. 2005.

IWAKIRI, S.; STINGHEN, A. B. M.; SILVEIRA, E. L.; ZAMARIAN, E. H. O.; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. **Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados**. Floresta, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 387-393, jul.-set. 2008.

IWAKIRI, Setsuo; SALDANHA, Leopoldo Karman. Painéis. **REMADE: Revista da Madeira**, n.68,dez.2002.Disponível em:<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=268&subject=Painéis&title=Painéis](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=268&subject=Painéis&title=Painéis)>. Acesso em: 22 out. 2014.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MACHADO, J. S. **Placas de derivados de madeira**: tipos de placas e sua especificação. Lisboa: LNEC Divisão de edições e Artes Gráficas, 2005

MALONEY, T.M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**, Updated Edition. San Francisco: Miller Freeman Inc. (1993).

MATTOS, Patrícia Póvoa de *et al.* **Caracterização Física, Química e Anatômica da Madeira de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze**. Colombo: Embrapa, 2006. 4 p. Disponível em: <[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6148/Comunicado\\_Tecnico\\_160.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6148/Comunicado_Tecnico_160.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 9 out. 2014.

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; STANGERLIN, D. M. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460, out.-dez. 2009.

NAUMANN, Rafael Baptista *et al.* Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e *Schizolobium amazonicum* Herb. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1143-1150, nov./dez. 2008.

NENNEWITZ, Ingo *et al.* **Manual de tecnologia da madeira**. São Paulo: Blucher, 2008. 354 p.

NUTSCH, Wolfgang. **Tecnologia de la madera y del mueble**. Barcelona: Editorial Reverté, 2000. 509 p.

PARANÁ. JOÃO BATISTA CAMPOS. . **Floresta com araucária**. 2010. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V4\\_Floresta\\_com\\_Araucaria.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V4_Floresta_com_Araucaria.pdf)>. Acesso em: 8 out. 2014.

PIAO, Cheng; SHUPE, Todd F.; HSE, Chung Y.. Dynamic Control of Moisture During Hot Pressing of Wood Composites. In: SHUPE, Todd F.. **Recent developments in wood composites**. Madison: Forest Products Society, 2006. p. 27-40.

RIZZINI, Carlos Toledo. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. 296 p.

ROWELL, Roger M.. Moisture Properties. In: ROWELL., Roger M.. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: Crc Press, 2013. Cap. 4. p. 75-98.

SANTINI, Elio José; HASELEIN, Clóvis Roberto; GATTO, Darci Alberto. ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE TRÊS CONÍFERAS DE FLORESTAS PLANTADAS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 10, p.85-93, jun. 2000.

SANTOS, Eurico. **Nossas madeiras**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. 313 p.



SECO, Juan Ignacio Fernández-golfín; GARCÍA, Marta Conde. **Manual técnico de secado de maderas**. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de Las Industrias de La Madera y Corcho, 2007.

SHMULSKY, Rubin; JONES, P. David. **Forest products and wood science: an introduction**. Chichester: Wiley-blackwell, 2011. 477 p.

STARK, N. M.; CAI, Z.; CARLL, C. Wood-Based Composite Materials: Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 11.

STELLA, Jacqueline Colucci. **A influência de variáveis do ciclo de prensagem e gramatura de cola nas propriedades mecânicas de compensados de paricá (*schizolobium amazonicum*)**. 2009. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SUCHSLAND, Otto. **Fiberboard manufacturing practices in the United States**. Madison: Forest Products Research Society, 1990. 263 p.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira Aglomerada**. 2010. 260 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

VICK, C. Adhesive Bonding of Wood Materials. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. Cap. 9.

YOUNGQUIST, J. A. Wood-Based Composites and Panel Products. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. Cap. 10.