

## CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA COM ANGICO: PRODUÇÃO E ALGUMAS PROPRIEDADES

**MsC Maria Fátima do Nascimento(1); MsC Cristiane Inácio de Campos(2);MsC Fabrício Moura Dias(3);Prof. Dr. Francisco Antonio Rocco Lahr(4);**

(1)Doutoranda pela Área Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais – EESC – IFSC – IQSC – USP, e-mail: [fati@sc.usp.br](mailto:fati@sc.usp.br)

(2) Doutoranda pela Área Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais – EESC – IFSC – IQSC – USP, e-mail: [cic@dglnet.com.br](mailto:cic@dglnet.com.br)

(3) Doutorando pela Área Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais – EESC – IFSC – IQSC – USP, e-mail: [fmdias@sc.usp.br](mailto:fmdias@sc.usp.br)

(4)Departamento de Engenharia de Estruturas – EESC – USP, e-mail: [frocco@sc.usp.br](mailto:frocco@sc.usp.br)

### RESUMO

Neste trabalho são discutidos os procedimentos para a fabricação de chapas de madeira aglomerada a partir da matéria prima da espécie Angico (*Anadenanthera macrocarpa*) muito freqüente na região Nordeste do Brasil. Também são apresentados os resultados das propriedades: densidade, resistência à tração paralela às faces; módulo de ruptura, limite de proporcionalidade e módulo de elasticidade na flexão estática. Os ensaios foram realizados segundo as recomendações dos documentos normativos: 1037/1996, da ASTM e NBR 7190/1997. Os resultados foram comparados com as propriedades das chapas usualmente comercializadas, chegando-se a valores satisfatórios. Com isto é possível considerar a madeira de Angico como satisfatória para produção de chapas de partículas.

**Palavras-chave:** chapa de partículas, madeira do nordeste, propriedades físico- mecânicas.

### 1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil conserva-se à margem do interesse de pesquisadores, portanto, estudar materiais desta região, abrange todo um contexto não apenas tecnológico mas de interesse social e econômico.

A região Nordeste é composta de nove estados: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia, Piauí, Sergipe, Alagoas, Maranhão e Pernambuco. Sua área é de aproximadamente 1.600.000km<sup>2</sup>, sendo 800.000km<sup>2</sup> de caatinga.

Neste trabalho, a proposta é avaliar tecnicamente a possibilidade da produção de chapas de partículas de madeira a partir de espécies do nordeste brasileiro, em especial do Angico (*Anaderanthera macrocarpa*). O objetivo é gerar subsídios para a abertura de novas perspectivas de aproveitamento sustentado dos recursos da região, fundamentando com informações tecnológicas o incentivo a novas iniciativas empresariais.

### 2. CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA

As chapas de madeira aglomerada são fabricadas com partículas de madeira aglutinadas por meio de resina e, em seguida, prensadas. As fontes usuais de matéria prima utilizadas pelos fabricantes são: resíduos industriais; resíduos de exploração florestal; madeiras de qualidade inferior não utilizáveis de outra forma e madeira proveniente de trato silvicultural de florestas. (Valença et al., 2000).

Entre os principais produtores de madeira aglomerada destacam-se a Alemanha, com 17% da produção mundial e os EUA com 14%. O Brasil detém 2% da fabricação de chapas de madeira aglomerada. Na tabela 1 está representada a situação de consumo mundial das chapas de madeira aglomerada.

**TABELA 1 – Consumo mundial de chapas de aglomerado**

	Consumo de chapas de aglomerado (1000.000 m <sup>3</sup> )								
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997*	1998*
<b>Sem revestimento</b>	26,86	24,74	23,83	23,37	23,11	23,48	22,73	22,33	22,43
<b>Revestido</b>	23,82	23,77	25,81	27,43	28,24	29,89	30,14	30,13	33,65
<b>Total</b>	50,68	48,51	49,64	50,80	51,35	53,37	52,87	54,45	56,08

\* estimativa

Fonte: Valença et al. (2000).

Novas unidades industriais no setor, além de garantirem a continuidade do abastecimento do mercado interno, geram perspectivas de crescimento das exportações, conforme assinalam Mendes et al (2001). A não existência de unidades produtoras de aglomerados no Nordeste do Brasil pode representar um potencial incentivo para a implantação de fábricas na região, cuja demanda ultrapassa 330 mil m<sup>3</sup>/ano, um valor altamente expressivo.

O incremento no uso da madeira reconstituída é uma tendência evolutiva e irreversível. O estudo de espécies exóticas e nativas de rápido crescimento, com potencial para fornecimento de madeira em larga escala, deve ser intensificado visando uma maior variabilidade de matéria-prima, assim como reduzir a dependência de apenas dois gêneros (Pinus e Eucaliptos). Mendes et al (2001).

Segundo Valença et al. (2000), os pólos moveleiros brasileiros são os principais consumidores de chapas de partículas, utilizando cerca de 80% da produção brasileira. A porcentagem remanescente é destinada à construção civil e alguns outros segmentos da indústria.

**TABELA 2 – Tipos de Produtos, localização e capacidade nominal instalada**

EMPRESA	LOCALIZAÇÃO	PRODUTO	CAPACIDADE INSTALADA(M <sup>3</sup> /ANO)
BERNECK AGLOMERADOS S/A	Paraná	Aglomerado	280.000 /* 400.000
BONET	Santa Catarina	Aglomerado	42.000 /*52.000
DURATEX	R.G. do Sul e S.Paulo S.Paulo S.Paulo	Aglomerado Chapas de Fibra MDF	330.000 /*380.000 370.000 180.000
EUCATEX	S.Paulo S.Paulo	Aglomerado Chapas de Fibra	324.000 /*360.000 230.000
PLACAS DO PARANÁ	Paraná Paraná	Aglomerado MDF	300.000 220.000
MASISA	Paraná	MDF	240.000
SATIPEL INDUSTRIAL	Minas Gerais e R.G.Sul	Aglomerado	340.000
SETA	R.G.Sul	Aglomerado	9.000

\* aumento da capacidade instalada

Os dados apresentados na tabela 2 mostram a tendência de aumento da capacidade instalada das empresas fabricantes de chapas de aglomerado. Este é um dos mais fortes argumentos para justificar o emprego sustentável, de madeiras do Nordeste para tal finalidade.

### 3. ESPÉCIES DE MADEIRAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Lima (1996) registra que a caatinga dispõe de diversificadas espécies nativas forrageiras, que têm sido utilizadas de modo pouco racional, sem a preocupação com seu potencial e com o uso das terras, ou ainda, com pouca ou nenhuma preocupação ambiental. Isto provoca sérios problemas de degradação ambiental.

A utilização racional de espécies do Nordeste brasileiro deve, necessariamente, passar por dois pontos fundamentais. Um deles diz respeito às informações técnico-científicas que poderão ser geradas com base em pesquisa realizada em instituições brasileiras, como é o caso deste trabalho. Outro se refere à urgência de ser estabelecido um programa centrado nas mais modernas técnicas silviculturais para que se viabilize a perenização da oferta de matéria-prima. Desta forma, os resultados da pesquisa terão

plenas condições de se transformar em potencialidades industriais, com baixo impacto ambiental e possibilidades de produção diversificada.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Descrição da espécie utilizada

No desenvolvimento deste trabalho, optou-se pelo emprego da madeira da espécie Angico (*Piptadenia macrocarpa* Benth), da família Leguminosa Mimosóideas. Segundo Braga (1960), o Angico é árvore de caule mais ou menos tortuoso e mediano, de casca grossa, muito rugosa, fendida e avermelhada; folhas bipinadas, com 10-25 jugas e cada uma 20-80 pares de folíolos falcado-lineares, rígidos; flores alvas em capítulos globosos, axilares; com vagem achatada grande, até 32cm de comprimento. A madeira dessa árvore vem sendo utilizada em tabuados, vigamentos, tacos, móveis, aplicações na marcenaria, rodas de engenho, lenha e carvão. A casca é rica em tanino, podendo atingir porcentagem acima de 30%. Faz parte da paisagem sertaneja, onde vegetam com mais freqüência. Ocorre em todo Nordeste, vindo do Maranhão até São Paulo, inclusive os estados centrais.

### 4.2. Fabricação das chapas de aglomerado

As chapas de aglomerado utilizando a madeira do NE brasileiro foram produzidas seguindo-se as etapas:

#### 4.2.1. Picagem das toras

Para a obtenção da matéria prima, partiu-se de três toretes de aproximadamente 150cm de comprimento, com diâmetro variando entre 20 e 27cm. O processamento de toretes, em desempenadeira, produziu cavacos com dimensões de 1 à 2,5cm.



Figura 01 – Produção dos cavacos - LaMEM (2000)

#### 4.2.2. Formação das chapas

Os cavacos foram secos até atingirem o teor de umidade de 8% a 12%. Para cada chapa a ser produzida, foi determinada, através de pesagem, a quantidade de cavacos a utilizar. Em seguida adicionou-se adesivo à base de uréia fenol formaldeído, em quantidade correspondente a 10% do peso total dos cavacos e água correspondente a 5% desse peso. Após a mistura, os cavacos foram prensados a 27daN/cm<sup>2</sup> e temperatura variando de 120° à 140°C por 8 horas, tempo necessário para total acomodação dos cavacos e cura do adesivo.

A prensa utilizada foi construída no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), ver figura 2. A prensa é composta por pratos de aço maciço, para assegurar uma distribuição uniforme e constante da temperatura em toda superfície. A temperatura é distribuída através de resistores elétricos embutidas nos pratos.



FIGURA 2 – Prensa construída no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira.

#### 4.2.3. Obtenção dos corpos-de-prova

Das chapas produzidas foram retirados dezoito corpos-de-prova, de acordo com as recomendações da ASTM 1037/1996 – Métodos de ensaio para avaliação das propriedades das chapas de fibras de madeira e dos painéis de partículas e NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira. Foram utilizadas seis corpos-de-prova para determinação da densidade, seis para o ensaio de tração paralela às faces e seis para ensaio de flexão estática.

#### 4.2.4. Ensaio para a determinação da densidade

Os ensaios foram conduzidos de acordo com a norma ASTM 7190/1997 com a medida das arestas e a pesagem dos corpos-de-prova. A densidade foi obtida pela expressão:

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ onde,}$$

$\rho$  = densidade

$m$  = massa específica

$v$  = volume

#### 4.2.5. Ensaio de tração paralela às faces:

Os ensaios foram conduzidos de acordo com a NBR 7190/1997. A resistência paralela à tração paralela às faces, foi obtida pela expressão:

$$f_{10} = \frac{F_{10 \text{ max}}}{A} \text{ onde,}$$

$f_{10}$  = resistência à tração paralela às faces

$F_{10 \text{ max}}$  = máxima força de tração aplicada ao corpo-de-prova

$A$  = área inicial da seção transversal tracionada do trecho central do corpo-de-prova.

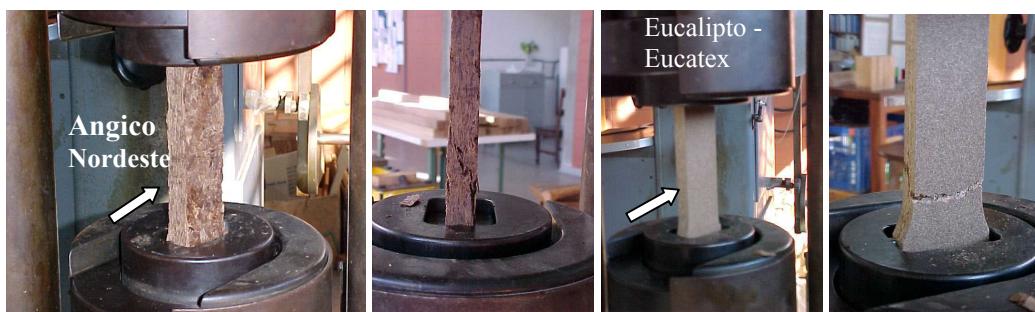


Figura 3 – Ensaio de tração paralela às faces

#### 4.2.6 – Ensaio de Flexão Estática

Na realização do ensaio de flexão estática, adotou-se a velocidade de carregamento dada pela expressão 1; o módulo de ruptura (ou a resistência “convencional” na flexão) foi obtida pela expressão 2; o limite de proporcionalidade pela expressão 3 e o módulo de elasticidade pela expressão 4, dados pelo documento normativo mencionado.

$$N = \frac{Zl^2}{6d} \quad (1)$$

$$R = \frac{3Pl}{2bd^2} \quad (2)$$

$$Spl = \frac{3p_1l}{2bd^2} \quad (3)$$

$$E = \frac{P_1l^3}{4bd^3y_1} \quad (4)$$

Onde:

N: velocidade de ensaio, em mm/min;

Z: taxa de unidade de tensão na fibra, 0,005 mm/mm;

L: comprimento do corpo-de-prova, em mm;

b: largura, em mm;

d: espessura, em mm;

R: módulo de ruptura, em kgf/cm<sup>2</sup>;

P: carga de ruptura, em kgf;

Spl: tensão limite de proporcionalidade, em kgf/cm<sup>2</sup>;

P<sub>1</sub>: carga no limite de proporcionalidade, em kgf;

E: módulo aparente de elasticidade, em kgf/cm<sup>2</sup>;

y<sub>1</sub>: deformação central da carga no limite de proporcionalidade, em cm.



Figura 4 – Corte de corpos de prova e ensaio de flexão estática

#### 5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados dos ensaios. Observa-se que algumas das tabelas contêm indicação das forças aplicadas em kgf. Apesar de não se constituírem em unidades do Sistema Internacional, foram registrados em decorrência do documento normativo adotado.

## 5.1. Densidade das Chapas

Na tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos para densidade das chapas

**Tabela 3 – Resultados da densidade**

Amostra	Massa(g)	Volume(cm <sup>3</sup> )	Densidade(g/cm <sup>3</sup> )
CP <sub>1</sub>	22,3	28,2	0,79
CP <sub>2</sub>	26,1	32,2	0,81
CP <sub>3</sub>	25,9	35,0	0,74
CP <sub>4</sub>	27,6	31,9	0,86
CP <sub>5</sub>	28,2	33,3	0,85
CP <sub>6</sub>	27,9	34,0	0,82
<b>Média</b>	-	-	0,81

## 5.2. Tração Paralela às faces

Na tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos para a resistência à tração paralela às faces das chapas.

**Tabela 4 – Resistência à tração paralela às faces**

Amostra	Espessura(cm)	Largura (cm)	Força(kgf)	Resistência (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistência (MPa)
CP <sub>1</sub>	1,38	3,95	425	78	7,6
CP <sub>2</sub>	1,29	3,96	430	84	8,2
CP <sub>3</sub>	1,63	3,91	525	82	8,0
CP <sub>4</sub>	1,51	3,89	605	13	10,1
CP <sub>5</sub>	1,60	3,90	285	46	4,5
CP <sub>6</sub>	1,56	3,89	*	*	*
<b>Média</b>	-	-		79	7,7

## 5.3 – Flexão Estática

Na tabela 5 são apresentados os resultados obtidos dos ensaios de flexão estática.

**TABELA 5 – Resultados obtidos nos ensaios dos corpos-de-prova.**

Amostras	d(mm)	b(cm)	L (mm)	P (kgf)	R (kgf/cm <sup>2</sup> )	E (kgf/cm <sup>2</sup> )	R(Mpa)	E(Mpa)
CP 1	1,46	7,62	240	63	140	30352	13,7	2968
CP 2	1,43	7,62	240	63	146	32165	14,3	3146
CP 3	1,44	7,62	240	55	125	41049	12,2	4015
CP 4	0,69	7,62	240	15	149	39612	14,6	3874
CP 5	0,77	7,62	240	19	152	40557	14,9	3967
CP 6	0,68	7,62	240	20	204	61023	20,0	5968
<b>Média</b>	-	-	-	-	153	40793	15,0	3990

Como exemplo são mostradas uma tabela e um gráfico para ilustração das propriedades através do ensaio de flexão estática. Na tabela 6 apresentam-se os carregamentos aplicados e as respectivas deformações obtidas nos ensaios dos corpos-de-prova para a resistência à flexão estática. As figuras corresponde ao gráfico de deslocamento em função da força aplicada para cada corpo-de-prova ensaiado.

Na tabela têm-se: carga em kgf e deslocamento. Apesar de não se constituírem em unidades do Sistema Internacional, foram adotados em decorrência das indicações da ASTM 1037/1996.

**TABELA 6 – Resultados obtidos para o corpo-de-prova 1.**

Força(kgf)	Deslocamento	Força(Kgf)	Deslocamento	Força(Kgf)	Deslocamento
0	0	19.42	84	38.83	177
1.77	6	21.18	91	40.60	187
3.53	15	22.95	101	42.36	198
5.30	20	24.71	109	44.13	206
7.06	29	26.48	115	45.89	215
8.83	37	28.24	124	47.66	224
10.59	44	30.01	132	49.42	235
12.36	52	31.77	141	51.19	246
14.12	60	33.54	151	52.95	257
15.89	69	35.30	160	54.72	270
17.65	76	37.07	168	56.48	284

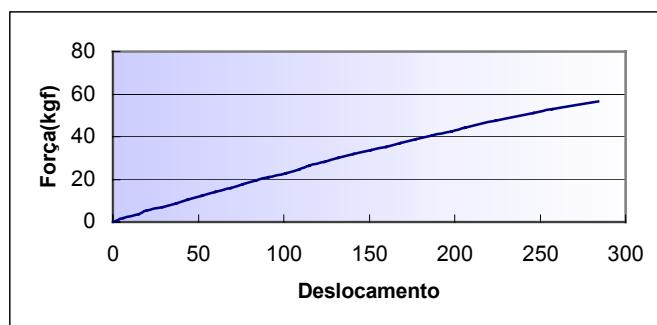


FIGURA 5 – Diagrama representativo de carga x deformação específica para o corpo-de-prova 1.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste item são apresentados alguns resultados de propriedades de chapas de partículas de madeira disponíveis mercado, comparando-as com os obtidos neste trabalho.

**TABELA 7 – Comparação entre propriedades de chapas de aglomerado.**

Propriedade	Chapas de Angico	Chapas comerciais de partículas
1	0,81	0,32 a 0,95 *
2	7,7	05 a 9,2 **
3	15,0	12 a 20 ***
4	3990	2500 a 5000*

\*OLMOS(1992)  
\*\* NAKAMURA(1982)  
\*\*\* [WWW.eucatex.com.br](http://WWW.eucatex.com.br)

## 7. – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para as chapas de partículas fabricadas com a espécie Angico, do Nordeste do Brasil, se mostraram bastante satisfatórios, dentro dos intervalos divulgados na literatura para as propriedades estudadas.

Assim sendo, pode-se concluir que tais chapas tem potencial para emprego nas diversas aplicações para as quais as chapas de aglomerado são recomendadas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. D 1037/96 - **Métodos de ensaios normalizados para avaliar as propriedades das fibras de madeira e painéis de partículas.** Philadelphia. 1996. p. 1- 8.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Natal. Rio Grande do Norte.** 1960.
- EUCATEX S. A Indústria e Comércio. [www.eucatex.com.br](http://www.eucatex.com.br). Chapas de Aglomerado. São Paulo 2001.
- LUCIANO, J.L.S. **Plantas Forrageiras das Caatingas. Usos e Potencialidades.** EMBRAPA. Petrolina. Pernambuco. 1996.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras.** 2.ed. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Instituto Plantum de Estudos da Flora Ltda. São Paulo. 1998.
- MENDES, L.M et al . **Indústria Brasileira de Painéis de Madeira.** in REVISTA DA MADEIRA São Paulo. p 67-72. 2001
- NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Anexo B. São Paulo. 1997
- NAKAMURA, R. M. et al. **Aglomerado de Mistura de Espécies Tropicais da Amazônia.** Ministério da Agricultura. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Departamento de Economia Florestal. Série Técnica nº 4. Brasília. 1982.
- OLMOS, M.A.C. **Equipamento e Processo de Fabricação de Chapas Aglomeradas a partir de resíduos de madeira.** São Carlos. 1992. 112p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- VALENÇA, A.C. et al. **Painéis de madeira aglomerada.** In: REVISTA DA MADEIRA. p.14-19. 2000.