

propriedades da celulose, graças à mais homogênea densificação. Fica aqui um conselho aos melhoristas florestais: uniformização da densidade da madeira dentro da árvore.

A resistência ao rasgo seguiu modelo crescente com o aumento da densidade básica. Mais uma vez observa-se que o componente *espécie* é mais forte que o componente densidade básica.

4.11. Volume específico aparente e absorção capilar Klemm a 35°SR

Essas duas propriedades estão ligadas à porosidade da folha de papel. Elas mostraram, ao contrário das demais, que o componente *densidade básica* é o mais importante, ou seja, o aumento da densidade básica provoca um aumento dos valores dessas propriedades independente da espécie.

Essas propriedades são muito importantes na celulose do eucalipto. Afinal, são por essas duas propriedades dentre outras que a celulose de eucalipto é tão recomendável para a fabricação de papéis "tissue" (absorventes, higiênicos, toalhas, etc.).

4.12. Resistência ao ar a 35°SR

Também é uma propriedade que depende da porosidade do papel. Mostra uma relação inversa com a densidade em relação às do item 4.11. É compreensível, pois quanto maior a densidade da madeira, mais volumoso é o papel resultante e menor é a resistência à passagem do ar através da folha. Também mostrou o componente *densidade* como mais importante que o componente espécie.

4.13. Opacidade da celulose

Os resultados de opacidade das folhas de celulose não foram apresentados por se tratar de um estudo com celulosas não branqueadas, onde os valores são todos muito altos pela própria cor das folhas. Não foi possível encontrar por isso uma relação entre espécie x densidade x opacidade. Entretanto é uma propriedade importantíssima para o uso da celulose do eucalipto para papéis de impressão e escrita. Em geral ela se relaciona bem com a densidade da madeira.

5 — CONCLUSÕES

As principais conclusões que puderam ser colhidas desse trabalho foram:

a) Densidade básica é um índice importante para avaliar a qualidade da madeira de eucalipto, pois muitas das propriedades da madeira e da celulose variam com sua variação.

b) O componente espécie de eucalipto é muito importante nos estudos de qualidade da madeira. Para muitas propriedades, não basta trabalharmos apenas com a densidade, independentemente da espécie, pois madeiras de espécies diferentes com mesma densidade não são tecnologicamente ou anatomicamente semelhantes.

c) A uniformização da densidade da madeira da forma como foi feita nesse trabalho permitiu-nos concluir o que já é conhecido, mas é sempre bom reforçar, ou seja: madeiras uniformes possuem comportamento tecnológico melhor dando melhores propriedades nas celulosas.

d) Algumas propriedades importantes da celulose do eucalipto, na verdade algumas das principais propriedades na comercialização desse tipo de celulose, como volume específico, resistência ao ar e absorção de água mostraram serem muito mais dependentes da densidade da madeira do que da espécie.

Como conclusão final, sugerimos cautela nas comparações entre espécies com base na densidade básica, mas enfatizamos a importância desse índice na avaliação da qualidade da madeira de eucalipto. O fundamental é saber usá-lo.

INFLUÊNCIA DO GRADIENTE VERTICAL DE DENSIDADE SOBRE RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA EM CHAPAS DE PARTÍCULAS DE *Pinus spp**

Setsuo Iwakiri

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Manaus - Amazonas - Brasil

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate the shape of the vertical density profile on particleboard and its influence of static bending modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR). For species from *Pinus* genus (*taeda*, *serotina*, *glabra* and *palustris*) where utilized. The boards were produced with a density of 0,75 g/cm³, 13 mm thick, with sliver type particles. Densities from 12 sequential layer were determined (6 from the upper layer and 6 from the inner layer) with ± 1 mm thick. The density profile shows a tendency to have a "M" shape. The static bending test were done for boards of original thickness, after being taken 1 and 2 superficial layers (upper and inner layers) of ± 1,3 mm thick. The MOE and MOR from boards after have sun removed from 1 layer were higher than the ones from the original thickness and from the 2 layers, showing the influence from boards with a higher superficial desiccation after removal from the 1 superficial layer. No difference in MOE was observed between the boards produced with four different species. *P. serotina* boards showed higher MOR than others species.

RESUMO

Neste estudo, propôs-se a avaliar a formação do gradiente vertical de densidade (GD) em chapas de

* Trabalho apresentado no 6.º Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Campos do Jordão — São Paulo — Brasil, de 22 a 27 de setembro de 1990.

partículas e sua influência sobre os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) em flexão estática. Utilizaram-se 4 espécies do gênero *Pinus* (*taeda*, *serotina*, *glabra* e *palustris*). As chapas foram produzidas a densidade de $0,75 \text{ g/cm}^3$, espessura de 13 mm, com partículas do tipo "sliver". Foram determinadas densidades de 12 camadas sucessivas, sendo 6 superiores e 6 inferiores, com espessura de $\pm 1 \text{ mm}$. Os perfis do GD apresentaram tendências para o formato em "M". Os testes de flexão estática foram realizados para chapas com espessura original (EO), após retiradas de 1 e 2 camadas superficiais (superior e inferior), de $\pm 13 \text{ mm}$. Os MOE e MOR das chapas após retiradas de 1 C foram superiores às chapas com espessura original e após retirada de 2 camadas, evidenciando a influência da maior densificação superficial da chapa após remoção de 1 camada superficial. Não se detectaram diferenças em MOE entre as chapas das 4 espécies. As chapas de *P. serotina* apresentaram maior MOR que das demais espécies.

INTRODUÇÃO

As indústrias de chapas de partículas no Brasil, a maioria localizada na Região Sul do País, utilizam quase que totalmente matéria-prima proveniente de reflorestamento e que tem como espécie predominante o *Pinus taeda*. Ampliar os conhecimentos acerca de maior diversidade de espécies de rápido crescimento para este fim, são propostas deste estudo e de vários pesquisadores da área. Existem várias espécies do gênero *Pinus* em plantios experimentais, que demonstraram boa adaptação e crescimento satisfatório, tais como: *Pinus serotina*, *P. glabra* e *P. palustris*, no Estado do Paraná. A variação da densidade da madeira entre as espécies, pode contribuir para melhorar as propriedades das chapas de mesma densidade, devido às diferentes razões de compactação resultantes.

A densidade da chapa de partículas varia ao longo de sua espessura e é denominado de gradiente vertical de densidade. A formação deste gradiente ocorre durante a prensagem da chapa, e se atribui principalmente aos seguintes fatores: temperatura da prensa, conteúdo de umidade e sua distribuição do colchão e tempo de fechamento da prensa (KELLY e HEEBINK et al.).

Segundo SUCHSLAND, maiores temperaturas de prensagem e umidade do colchão, reduz resistência da madeira à compressão, resultando em maior densificação.

GERARD, afirma que as partículas mais próximas à superfície são mais comprimidas que as partículas mais internas durante a prensagem, devido à maior temperatura e menor resistência das partículas à compressão, resultando na maior densificação superficial.

KELLY, explica que com menor tempo de fechamento da prensa, a espessura final da chapa será atingida antes que calor suficiente seja transferido da superfície para o interior do colchão e, portanto, as partículas da superfície apresentarão menor resistência à compressão por estarem expostas às temperaturas maiores, resultando na maior densificação das camadas superfi-

ciais. Com maior tempo de fechamento, maior será a transferência de calor e menor será o gradiente vertical de densidade. Maior densificação superficial resulta em maior resistência à flexão estática da chapa.

OBJETIVOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com os seguintes objetivos:

— Avaliar os valores de MOE e MOR de chapas de partículas produzidas com 4 espécies do gênero *Pinus*;

— Avaliar a formação dos perfis do gradiente vertical de densidade das chapas de 4 diferentes espécies;

— Avaliar a influência de diferentes densificações das camadas sobre os MOE e MOR em flexão estática.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo foram 4 espécies do gênero *Pinus*: *taeda*, *serotina*, *glabra* e *palustris*, com 21 anos de idade, provenientes de plantios localizados no Município de Rio Negro, Estado do Paraná. Coletaram-se aleatoriamente 5 árvores por espécie, seccionadas em toretes para obtenção de partículas e determinação da densidade da madeira. As partículas foram geradas com as dimensões nominais de $0,07 \times 0,4 \times 1,9 \text{ cm}$ (espessura, largura e comprimento).

As condições de manufatura das chapas foram: densidade da chapa = $0,75 \text{ g/cm}^3$, umidade das partículas = 5%, conteúdo de resina = 8%, tempo de prensagem = 8 min, temperatura = 180°C , pressão = 40 kg/cm^2 .

Foram determinadas para chapas de cada espécie, densidade de 12 camadas sucessivas, sendo 6 a partir da superfície superior e 6 da superfície inferior, com espessura de 1 mm. Os MOE e MOR, foram determinados para chapas com espessura original, após retiradas de 1 e 2 camadas superficiais (superior e inferior) de $\pm 1,3 \text{ mm}$ cada. Os métodos de ensaios foram baseados na norma ASTM D-1037.

O método estatístico empregado foi a análise de co-variância, ajustando-se os valores de cada propriedade em torno da densidade média das chapas de 4 espécies. As diferenças entre as médias foram avaliadas através de teste de médias (SNK), ao nível de probabilidade de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para densidades da madeira e chapa, razão de compactação, gradiente vertical de densidade, módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), estão apresentados em formas de tabelas e gráfico, nos itens a seguir.

Densidades da Madeira e da Chapa

Os valores médios da densidade da madeira (dm), densidade da chapa (dc) e Razão de compactação (Rc), estão apresentados na Tabela 1 a seguir:

TABELA 1

Espécie	dm (g/cm ³)	dc (g/cm ³)	Rc
<i>taeda</i>	0,47	0,76	1,61
<i>glabra</i>	0,48	0,74	1,55
<i>serotina</i>	0,48	0,76	1,59
<i>palustris</i>	0,54	0,75	1,38

Entre as espécies, as densidades médias de *P. taeda*, *P. glabra* e *P. serotina* apresentaram valores praticamente iguais. A densidade média do *P. palustris*, de 0,54 g/cm³, foi superior às demais espécies. As densidades médias das chapas de 4 espécies apresentaram valores em torno da densidade calculada de 0,75 g/cm³.

A Razão de compactação, que é a relação entre a densidade da chapa e densidade da madeira, apresentou para *P. patula* valor bem inferior que das demais espécies.

Gradiente Vertical de Densidade

A Figura 1 apresenta os perfis do gradiente vertical de densidade das chapas de 4 espécies estudadas, obtidos a partir de determinação de densidades as 6 camadas superiores e 6 inferiores.

Como pode-se observar, para todas as espécies estudadas, os perfis do gradiente vertical de densidade apresentaram tendências para o formato em "M", ou seja, superfícies superior, inferior e o centro da chapa com menor densificação que as camadas intermediárias. As chapas de *P. palustris* apresentaram maior densificação da porção média que das chapas das demais espécies. A maior densidade da madeira do *P. palustris* pode ter influído para maior transferência do calor para o centro da chapa, reduzindo a resistência à compressão das partículas, resultando na maior densificação.

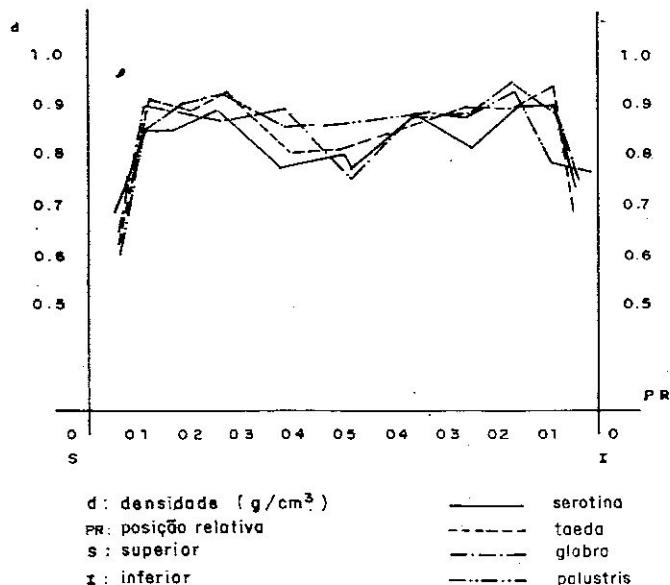


Figura 1: Gradiente Vertical de Densidade.

Módulos de Elasticidade

Os valores médios de módulos de elasticidade (MOE) e densidade média dos corpos de prova em 3 diferentes espessuras das compras das chapas de 4 espécies, estão apresentados na Tabela 2, a seguir.

Para chapas com espessura original e após retirada de 1 camada superficial, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as chapas

TABELA 2
MÓDULO DE ELASTICIDADE

Espécie		<i>taeda</i>	<i>serotina</i>	<i>palustris</i>	<i>glabra</i>	Análise estatística
EO	MOE	38.383	42.108	38.558	38.006	ns
	d	0,744	0,744	0,744	0,744	
	MOEa	39.142	42.068	37.638	38.206	
1C	MOE	68.240	66.207	66.703	67.383	ns
	d	0,810	0,810	0,810	0,810	
	MOEa	68.106	67.866	66.209	66.351	
2C	MOE	51.155	54.189	46.165	40.393	T, Se > G, P
	d	0,747	0,747	0,747	0,747	
	MOEa	51.757	53.737	45.111	41.296	
Análise estatística		1C > E0,2C 2C > E0	1C > E0,2C 2C > E0	1C > E0,2C	1C > E0,2C	

Legenda:

MOE (kg/cm²): Módulo de elasticidade (média dos valores originais);
 d (g/cm³): Densidade média;
 MOEa (kg/cm²): Módulo de elasticidade (médias ajustadas);
 EO: Chapas com espessura original;
 1C: Chapas após retirada de 1 camada;
 2C: Chapas após retirada de 2 camadas

das 4 espécies. No entanto, após retirada de 2 camadas superficiais, as chapas de *P. taeda* e *P. serotina* apresentaram maior MOE que as chapas de *P. glabra* e *P. palustris*. Provavelmente, após retirada dessas camadas superficiais de *P. taeda* e *P. serotina*, tiveram as camadas mais densificadas expostas aos esforços de tração e compressão em flexão estática. Mesmo porque, analisando os perfis do gradiente vertical de densidade, observa-se que a densificação das camadas não ocorre de forma uniforme entre as chapas de diferentes espécies. Há de se ressaltar também que, as chapas de *P. palustris* que apresentaram menor Razão de compactação, deveriam resultar em menor MOE, no entanto, esta diferença não foi constatada, principalmente para chapas com espessura original. Este resultado é satisfatório quando se considera o aspecto econômico da utilização desta espécie, em virtude do menor volume de material necessário para produção de chapas de mesma densidade, devido à maior densidade da madeira.

A avaliação dos MOE em corpos de prova de 3 diferentes espessuras demonstraram resultados altamente satisfatórios.

Observa-se que após retirada de 1 camada superficial, os valores do MOE aumentaram significativamente com relação às chapas com espessura original. Resultados estes, que vêm a comprovar a influência do gradiente vertical de densidade sobre esta propriedade. Com a retirada de 1 camada superficial menos densificada, ocorre a exposição de camadas mais densificadas aos esforços em flexão estática, elevando sensivelmente o MOE. Observa-se também aumento da densidade média do corpo de prova devido à remoção de camadas menos densificadas.

Após retirada de 2 camadas superficiais, o MOE diminuiu devido à remoção de camadas de maior densi-

ficção, expondo as de menor densificação aos esforços. No entanto, é interessante salientar que os valores de MOE nessas condições foi maior que das chapas com espessura original, na maioria dos casos. Ao analisar os perfis do gradiente vertical de densidade, pode-se constatar que ao aproximar do centro da chapa, ocorre redução gradativa da densidade das camadas, no entanto, ainda apresentam valores maiores que da densidade da superfície da chapa, justificando maior MOE que das chapas com espessura original. A densidade média dos corpos de prova diminuiu devido à remoção de camadas mais densificadas.

Módulo de Ruptura

Os valores médios de módulo da ruptura (MOR) e densidade média dos corpos de prova em 3 diferentes espessuras, das chapas de 4 espécies, estão apresentados na Tabela 3.

A análise estatística demonstrou que para chapas com espessura original, o *P. serotina* apresentou maior MOR que *P. glabra*, *P. palustris* e *P. taeda*. Após retirada de 1 camada superficial não se constataram diferenças entre as espécies. Após retirada de 2 camadas, o *P. serotina* apresentou maior MOR que as demais espécies e, o *P. taeda* maior MOR que o *P. palustris*. Embora a menor Razão de compactação das chapas de *P. palustris* possam justificar o menor MOR obtido, entre as chapas das demais espécies, este parâmetro não pode explicar os resultados obtidos, pois, apresentaram Razões de compactação similares.

Assim como foi observado para o MOE, com a retirada de 1 camada superficial, menos densificada, constataram-se aumentos significantes nos valores do MOR. Após retirada de 2 camadas superficiais houve redução no MOR, devido à remoção de camadas de maior densi-

TABELA 3
MÓDULO DE RUPTURA

Espécies	<i>taeda</i>	<i>serotina</i>	<i>palustris</i>	<i>glabra</i>	Análise estatística
EO MOR	310,52	348,22	320,61	304,82	Se > G, P, T
d	0,744	0,744	0,744	0,744	
MORa	317,99	347,83	311,57	306,78	
1C MOR	403,20	424,61	410,43	409,49	ns
d	0,812	0,812	0,812	0,812	
MORa	403,91	434,75	403,59	405,48	
2C MOR	350,34	395,12	314,44	319,05	Se > T, P, G T > G
d	0,747	0,747	0,747	0,747	
MORa	354,54	391,97	307,40	325,34	
Análise estatística	1C > EO 2C > EO	1C > EO 2C > EO	1C > EO, 2C	1C > EO, 2C	

Legenda:

MOR (kg/cm²): Módulo de ruptura (média dos valores originais);
d (g/cm³): Densidade média;
MORa (kg/cm²): Módulo de ruptura (médias ajustadas);
EO: Chapas com espessura original;
1C: Chapas após retirada de 1 camada;
2C: Chapas após retirada de 2 camadas.

ficação da porção intermediária da chapa. Com relação às chapas com espessura original e após retirada de 2 camadas superficiais, os valores do MOR não apresentaram diferenças marcantes, com excessão para as chapas de *P. taeda* e *P. serotina*.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, as seguintes conclusões podem ser tiradas:

— Os perfis do gradiente vertical de densidade apresentaram para chapas de todas as espécies, menor densificação nas camadas superficiais e no centro da chapa, e maior densificação das camadas intermediárias, aproximando-se do formato em “M”.

— Entre as 4 espécies estudadas, com excessão das chapas após retiradas de 2 camadas superficiais, não apresentaram diferenças significativas entre si. Cabe ressaltar a vantagem econômica da utilização de *P. palustris*, pela necessidade de menor volume de material para manufatura de chapas de mesma densidade, em função da maior densidade da madeira com relação às das demais espécies.

— Tanto para o MOE como para o MOR, com raras exceções, as chapas após retirada de 1 camada superficial, apresentaram valores superiores que as chapas com espessura original e após retirada de 2 camadas superficiais, devido a exposição de camadas mais densificadas dos esforços em flexão.

— As chapas após retirada de 2 camadas superficiais apresentaram na maioria dos casos, maiores valores de MOE e MOR que as chapas com espessura original.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. In: Annual Book of ASTM Standards, ASTM D 1037-78B. Philadelphia, 1982.
- GERARD, J.C. Dimensional behavior of particles in simulated particleboard constructions. *For. Prod. J.*, 16(6): 40-48, 1966.
- HEEBINK, B.G.; LEHMANN, W.F. & HEFTY, F.V. Reducing particleboard pressing time: exploratory study. *USDA For. Serv. Res. Pap. FPL-180*, 1982. 13 p.
- KELLY, M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. FPL-10*, 1977. 66 p.
- SUCHSLAND, O. The density distribution in flakeboard. *Q. Bull. Michigan Agr. Exp. Sta. Michigan State Univ.*, 45(1): 104-121, 1962.

TRATAMENTO DE PARTÍCULAS DE *Acacia mearnsii* DE WILD. PARA PRODUÇÃO DE CHAPAS DE CIMENTO-MADEIRA*

Divino Eterno Teixeira

Eng. Florestal

Pesquisador do LPF/DIRPED/IBAMA

Tânia Lúcia Guimarães

Eng. Florestal

End. atual: FUNTAC - Rio Branco - AC

Brasília - DF

RESUMO

Partículas de *Acacia mearnsii* (A. negra) foram tratadas ou com mineralizante ou com banho de água quente a 80°C (por 1/2 hora ou 1 hora), seguido de banho em cloreto de cálcio (CaCl₂), objetivando seu uso na confecção de chapas de cimento-madeira. Este tratamento é necessário devido à presença de grande quantidade de extrativos e açúcares que madeiras de folhosas podem apresentar.

O primeiro tratamento usado foi a testemunha, sendo a chapa de cimento-madeira manufaturada usando-se somente partículas, cimento e água.

No segundo tratamento foram adicionados 3% de CaCl₂ (baseado no peso do cimento) à água antes de se misturar as partículas e o cimento. Nos outros tratamentos as partículas foram submetidas à extração em água quente a 80°C por 1/2 hora (tratamento 3) e 1 hora (tratamento 4), e então secos a um conteúdo de umidade de 3% e, depois disto, estas partículas foram misturadas com água e cimento. O quinto tratamento foi similar a este último descrito, porém se adicionaram 3% de CaCl₂, baseado no peso do cimento, à mistura.

Pela análise de variância não houve diferença significativa entre os 4 primeiros tratamentos.

O tratamento 5 apresentou os melhores resultados, principalmente em resistência, que foi cerca de 6 vezes maior que os módulos de resistência (MOR) e de elasticidade (MOE) da testemunha.

ABSTRACT

Particles of *Acacia mearnsii* (A. negra) were treated with mineralizant (CaCl₂) or with hot water at 80°C (for 1/2 hour or 1 hour) and then treated with calcium chloride (CaCl₂), aiming there use in the cement-bonded particleboard manufacturing. This treatment is necessary due to the presence of great amount of extractives and sugar in the hadwood species.

The first treatment was the blank being the cement-bonded particleboard manufactured using only particles, cement, and water.

* Trabalho apresentado no 6.º Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Campos do Jordão — São Paulo — Brasil, de 22 a 27 de setembro de 1990.