

SUMMARY

This study performed a behavioral analysis of different structural composition boards constructions utilizing taeda Pine Vener in the core. Two densities (0,60 and 0,75 g/cm³) and two resin levels (6 and 8%) were used totalizing 12 treatments. The constructions with 1 and 2 veneers in the core were compared in their properties to composition boards with no veneer and five ply plywood. The following properties were studied linear expansion, thickness swelling, modulus of elasticity, and internal bond. The results demonstrated that the two ply veneer core efficiently reduces linear expansion and thickness swelling. Modulus of elasticity is not affected by the inclusion of veneer, and the internal bond values are lower than those for no veneer in the core.

Composition boards with veneer core can be an economical alternative for industry.

RESUMO

Este trabalho fez uma análise comportamental de 2 construções diferentes de chapas de partículas estruturais utilizando no seu miolo lâminas de madeira de Pinus taeda. Foram utilizadas duas densidades nominais (0,60 e 0,75 g/cm³) e duas percentagens de adesivo (6 e 8%). As construções com 1 e 2 lâminas foram comparadas com chapas sem lâmina e compensado de 5 camadas. As propriedades analisadas foram, expansão linear, inchamento em espessura, módulo de elasticidade e ligação interna. Os resultados demonstraram que a inclusão de dupla camada de lâminas realmente se traduz na redução da expansão linear e inchamento em espessura. Módulo de elasticidade é praticamente não afetado pela inclusão laminar, e os valores de ligação interna caem. A conclusão é que a inclusão laminar pode ser uma alternativa industrial econômica.

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela Bolsa concedida.

1. INTRODUÇÃO

Considerando que o Brasil hoje teria praticamente 6 empresas diferenciadas produzindo aglomerados (chapas de partículas) e que estas empresas tem uma capacidade total instalada de 80.200 m³/mês ou 962.400 m³/ano segundo dados da revista "Indústria Moveleira" (1989) e sabendo-se por dados da FAO (1983) os mais recentes que a produção mundial chega a 42,079 milhões de m³ a nossa participação chega aos 2,29% do total mundial é claro talvez muito menos se tivéssemos os dados de 1989.

Isto significa dizer que estamos praticamente à sombra do mundo não só em quantidade, mas também em desenvolvimento de tecnologia e qualidade.

Acreditamos ser importante, que apesar de toda a tecnologia nesta área estar calcada no conhecimento dos Países mais desenvolvidos, uma instituição como a Universidade Brasileira não só deve preparar profissionais para este setor, mas

também pesquisar com matérias-primas aqui existentes e adaptar tecnologias mais modernas a nossa realidade para que tenhamos informações científicas aqui geradas.

O laboratório de Painéis de madeira do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná vem já a 8 anos estudando em escala piloto o desenvolvimento e o comportamento de chapas de partículas estruturais a partir de Pinus spp e Eucalyptus spp.

Estas chapas além de oferecerem propriedades de resistência superior as chapas normais comerciais produzidas no Brasil, o que as recomenda para construção civil, também esteticamente são bastante recomendáveis para indústria moveleira.

2. JUSTIFICATIVA

Sendo estas chapas produzidas de partículas de madeira chamadas "Wafers" que são de comprimento superior a todos os tipos de partículas

¹ Titular - Painéis de madeira - Curso de Eng^a Florestal UFPR

produzidas exceto o "Strand", quando da consolidação do painel, grandes tensões de compressão são introduzidas e em função do baixo teor de adesivos utilizado, suas propriedades de estabilidade dimensional são bastante prejudicadas, principalmente aquela chamada de inchamento em espessura, o que se refletirá em certa queda das propriedades de resistência principalmente quando exposta a intempérie. Justifica-se então estudar a produção destes painéis, introduzindo-se na construção lâminas de madeira utilizando-se do princípio de "Laminação Cruzada", estas lâminas funcionariam não só como divisores no miolo do painel, mas também como elementos de restrição ao inchamento e expansão lineares destas chapas.

Sendo utilizadas no miolo podem utilizar-se lâminas de espécies de baixo valor comercial o que também aumentaria o momento de inércia e por conseguinte melhoraria as propriedades de resistência e baixaria provavelmente custos de produção.

3. OBJETIVOS

Foram objetivos desta pesquisa:

- a) Produzir chapas de partículas estruturais a partir de *Pinus taeda* com inclusão laminar (reforço).
- b) Estudar o seu comportamento em relação a compensados produzidos da mesma espécie.
- c) Comparar os resultados com chapas de partículas estruturais sem inclusão laminar.
- d) Inferir sobre o comportamento destas chapas com reforço quanto a sua viabilidade de produção e comportamento físico-mecânico em duas densidades e dois diferentes teores de adesivo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento da indústria de chapas de partículas tem sido caracterizada por grandes e dramáticas mudanças em equipamento, resinas e produtos desde a década de 40, Kollmann Et Alli (1975).

Chapas de partículas estruturais caracterizam-se pela utilização de partículas consideradas grandes (estas partículas possuem dimensões intermediárias, entre os cavacos e flocos especificados na tabela de elementos primários de madeira, Marra Et Alli (1975)).

Este aumento nas dimensões das partículas e o emprego de um adesivo resistente à água, tem possibilitado melhoras substanciais tanto em resistência mecânica como estabilidade dimensional. Trata-se portanto de produto inédito e que tem penetrado mercados substituindo o compensado em certos usos principalmente em países como Estados Unidos e Canadá.

Um fator que merece destaque é aquele relacionado aos custos do produto final. Aqui, mais uma vez as chapas de "Wafers" apresentam-se favoráveis em relação ao compensado.

Pois, apesar do custo da resina fenólica ser relativamente elevado, os níveis empregados na fabricação destas chapas são considerados baixos, devido ao aumento na dimensão das partículas e a conseqüente diminuição da área superficial específica.

Por outro lado, as fontes de matéria-prima são as mais variadas possíveis, compreendendo resíduos de serraria e exploração florestal, árvores provenientes de desbastes e espécies de baixo valor comercial em geral, Brito, O, E. (1984).

4.1. PERFORMANCE ESTRUTURAL

As características de performance de compensados estruturais são freqüentemente utilizados como padrão para comparação de painéis estruturais feitos de partículas. Enquanto que a maioria das propriedades de chapas de partículas podem ser modificadas por diferentes matérias-primas e processos, é muito difícil elevar todas suas propriedades de importância ao nível dos compensados sem exceder o preço destes.

Módulo de elasticidade em flexão (MOE), expansão linear (EL) e inchamento em espessura (IE) são propriedades importantes de painéis estruturais

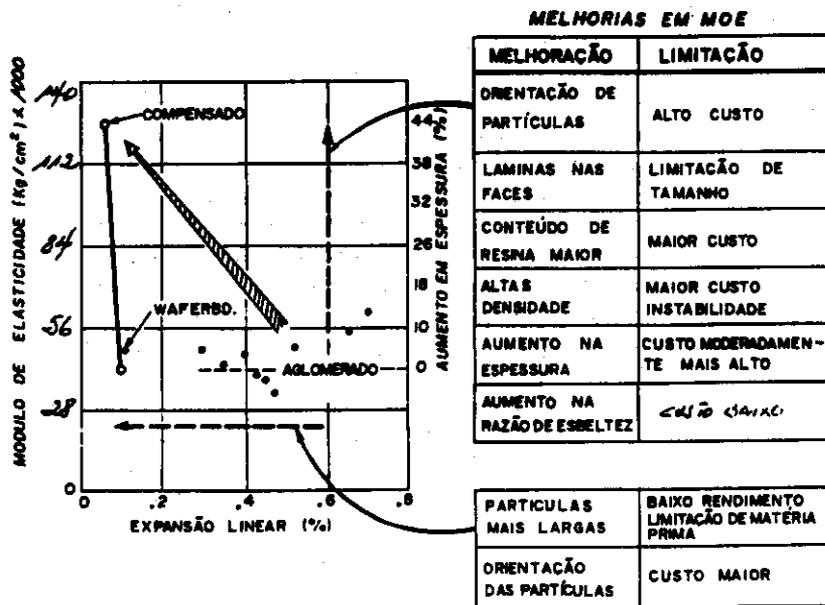


Figura 1: RELAÇÃO ENTRE (MOE) E (EL) PARA VÁRIAS CHAPAS DE COMPOSIÇÃO. A TABELA LISTA VÁRIOS MÉTODOS PELOS QUAIS ESTE RELACIONAMENTO PODE SER MELHORADO PARA CHAPAS DE PARTÍCULAS.

4.1.1. MÓDULO DE ELASTICIDADE

O módulo de elasticidade (MOE) é um parâmetro que indica a rigidez de um material submetido a um determinado esforço. Em geral, módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) são afetados de forma similar por vários parâmetros de processamento. Aumento da densidade de chapa, aumento de grau de orientação das partículas e conteúdo de resina, também aumentam os valores de MOE e MOR, Kelly (1977). De seis diferentes espécies introduzidas no Brasil e estudadas pelo laboratório de Painéis de madeira da UFPr como os pinus, taeda, elliottii, pinaster e patula e os Eucalyptus saligna e viminalis todos se mostraram promissores com valores sempre excedendo o mínimo exigido de 30.000 Kg/cm², Keinert, S. J. (1988).

4.1.2. LIGAÇÃO INTERNA

A resistência a ligação interna (resistência a tração perpendicular ao plano da chapa) é um importante indicador de qualidade de chapa.

Esta não somente revela a qualidade da linha de cola mas também é importante ferramenta de controle de qualidade que em combinação com MOE dão indicações de balanço na construção do painel que é afetado pelo ciclo da prensa, Suchsland, O. (1977).

A maioria dos pesquisadores encontraram valores altos de ligação interna com o aumento da densidade de chapa, aumento do teor de resina e com o aumento do tempo de prensagem e temperatura.

O gradiente vertical de densidade na chapa afeta de forma adversa os valores de ligação interna. Superfícies altamente densificadas aumentam a resistência em flexão de chapas, mas o miolo com menor densidade normalmente reduz o valor da propriedade ligação interna, Strickler, M. O. (1959) e Plath, I. e Schnitzler, E. (1974).

De seis diferentes espécies introduzidas no Brasil e estudadas pelo laboratório de Painéis de madeira da UFPr como os Pinus, taeda, elliottii, pinaster e patula e os Eucalyptus saligna e viminalis todos se mostraram promissores com valores sempre excedendo o mínimo exigido pela norma americana CS 236-66.

4.1.3. ESTABILIDADE DIMENSIONAL

O efeito do teor de umidade em chapas de partículas é de fundamental importância nas suas propriedades e usos.

Redução na resistência das chapas e expectativa de vida não confiável são problemas que tem prejudicado a utilização estrutural devido a mudanças no teor de umidade, Halligan, A. F. (1970).

4.1.3.1. INCHAMENTO EM ESPESSURA

Existe controvérsia na literatura com respeito ao efeito da densidade de chapa na propriedade inchamento em espessura devido ao chamado efeito de não retorno em espessura causado pelas tensões de compressão introduzidas durante a prensagem. Vital Et Alli (1974) estudando chapas produzidas de folhosas exóticas de quatro densidades diferentes, concluiu que para todas as combinações de espécies quanto maior a razão de compactação (1,6) menor a absorção de água do que a menores razões de compactação (1,2). Já quanto a propriedade inchamento em espessura quanto maior a densidade de chapa maiores valores foram encontrados. Suchsland, O. (1972) determinou valores de inchamento em espessura para 10 diferentes tipos de chapas de partículas comerciais e não encontrou nenhuma correlação entre estes valores e a densidade de chapa. Sem controle do ciclo da prensa e não utilização de aditivo Keinert S, J. (1988), encontrou para as espécies de Pinus estudadas altos valores de inchamento em espessura, com exceção aos Eucalyptus que tiveram razões de compactação menor do que 1.

4.1.3.2. EXPANSÃO LINEAR

A expansão linear de chapas de partículas quando expostas a umidade é muito menor que o inchamento radial mas maior que o inchamento longitudinal da madeira sólida, com exceção feita a aquelas chapas onde as partículas forem muito bem orientadas, onde a expansão linear na direção da orientação se aproximam aos valores de inchamento longitudinal da madeira enquanto que a expansão linear no sentido perpendicular ao alinhamento se aproximara do inchamento radial da madeira, Geimer Et Alli (1975).

5. DESENHO DO EXPERIMENTO E RESULTADOS

Para este experimento foi utilizada a espécie de Pinus taeda extraída de povoamento da Empresa Embrasca localizado em Campo Alegre S.C. com

idade de 15 anos. Foram retiradas 10 árvores ao acaso e determinada a densidade média da madeira a 12% de umidade (base peso seco de madeira) cujo resultado foi de $0,41 \text{ g/cm}^3$. A partir desta matéria prima foram retirados dois toretes da base, dois do meio e dois junto a altura comercial, todos com 2 metros de comprimento, totalizando 60 toretes. Deste material foram produzidos lâminas e partículas para fabricação dos compensados e chapas de partículas, segundo o desenho do experimento, tabela 1. Foram 5 repetições por tratamento.

As construções das chapas de partículas com 1 e duas lâminas são mostradas na figura 2.

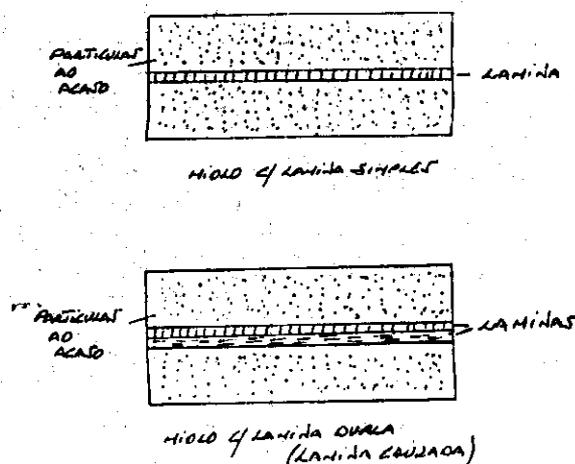


FIGURA 2: Tipos de chapas de partículas estruturais com reforço laminar

As chapas de partículas foram manufaturadas nas dimensões de $55 \times 55 \times 1,3 \text{ cm}$, utilizando o seguinte ciclo de prensagem, temperatura: 180° C , pressão: 40 Kg/cm^2 , tempo de prensagem: 8 minutos, tendo como adesivo utilizado o Fenol-Formol.

Os compensados produzidos foram manufaturados nas dimensões de $55 \times 55 \times 0,75 \text{ cm}$, utilizando o seguinte ciclo de prensagem, temperatura: 135° C , pressão: 8 Kg/cm^2 , tempo de prensagem 8 minutos, tendo como adesivo utilizado o Fenol-Formol.

Os seguintes testes foram executados para avaliação dos painéis produzidos visando cumprir com os objetivos propostos:

a) Expansão Linear em duas direções expondo os corpos de prova (2 por chapa) a umidades relativas de 47% a 93% - Determinação por relógio comparador seção 108 - ASTM - 1037.

b) Inchamento em espessura-corpos de prova

(2 p/ chapa) imersos em água por 2 e 24 horas - determinação por relógio comparador (seção 101 - ASTM 1037).

c) Módulo de elasticidade em flexão-corpos de prova 12 p/ chapa - determinação em máquina

5.1. EXPANSÃO LINEAR

A tabela 2 em conjunto com a figura 3 mostram os resultados de expansão linear para os

universal de teste mecânicos (ASTM 1037).

d) Ligação interna - Corpos de Prova (2 p/ chapa) - determinação em máquina universal de testes mecânicos (ASTM 1037).

importância quando se refere a utilização estrutural de uma chapa. O efeito restritivo da inclusão dupla conferindo características da construção de um compensado a chapa de partículas faz com que esta se

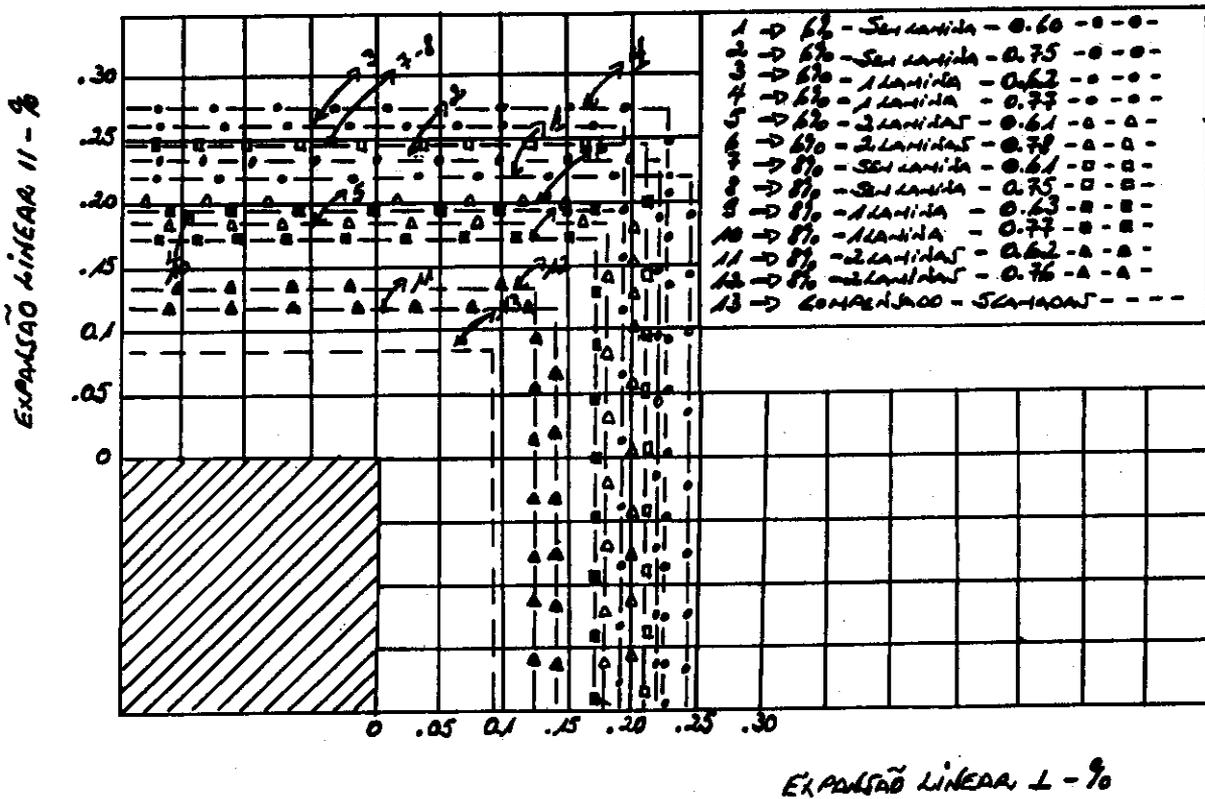


Figura 3: Médias ajustadas pela covariável densidade de chapa

diversos tipos de construções. Após ajustados os valores desta propriedade em relação a densidade e chapa observou-se que houve ligeiro acréscimo nos valores de expansão quando a densidade de chapa aumentava mas este acréscimo não foi significativo.

Quando se analisa as construções com inclusão laminar (1 ou 2 lâminas) em relação aos controles sem inclusão laminar (sem lâmina), nota-se significativa redução da expansão linear na construção com 2 lâminas em relação as construções sem lâmina ao nível de 8% de adesivo, chegando a 100% no sentido paralelo (||), esta redução é de fundamental

comparar ao próprio compensado em comportamento de expansão segundo mostra a figura 3. Todos os valores encontrados estão bem baixo dos valores para aglomerados comuns como mostra a figura 1 o que faz com que todas as construções preencham perfeitamente os requisitos do padrão comercial norte americano CS 236-66 (N.P.A.).

5.2. INCHAMENTO EM ESPESSURA

A tabela 2 em conjunto com a figura 4 mostram os resultados de inchamento em espessura

para os diversos tipos de construções. Após ajustados os valores desta propriedade em relação a densidade de chapa observou-se como para os valores de expansão linear, ligeiro acréscimo nos valores de inchamento quando a densidade de chapa aumentou ambos os níveis de resina, mas este acréscimo não foi significativo.

Para as construções com 8% de nível de adesivo, em todos os casos os valores foram inferiores quando comparados com as construções com 6% de nível de adesivo concordando com a literatura ou seja que ao aumentar-se o nível de adesivo melhoram as propriedades de inchamento em espessura.

Verificou-se também que as construções com inclusão laminar sempre tiveram valores menores que aqueles sem inclusão laminar e novamente aqui aquela construção com a inclusão de 2 lâminas que recebe o efeito restritivo pelo princípio de "Laminação Cruzada" ao nível de 8% de adesivo apresentaram melhorias de mais de 100% de redução em relação aos controles e novamente se comparando ao comportamento do compensado de 5 camadas segundo mostra a figura 4.

Sempre houve um pequeno acréscimo dos valores de inchamento após 2 horas de imersão com relação a 24 horas de imersão em água.

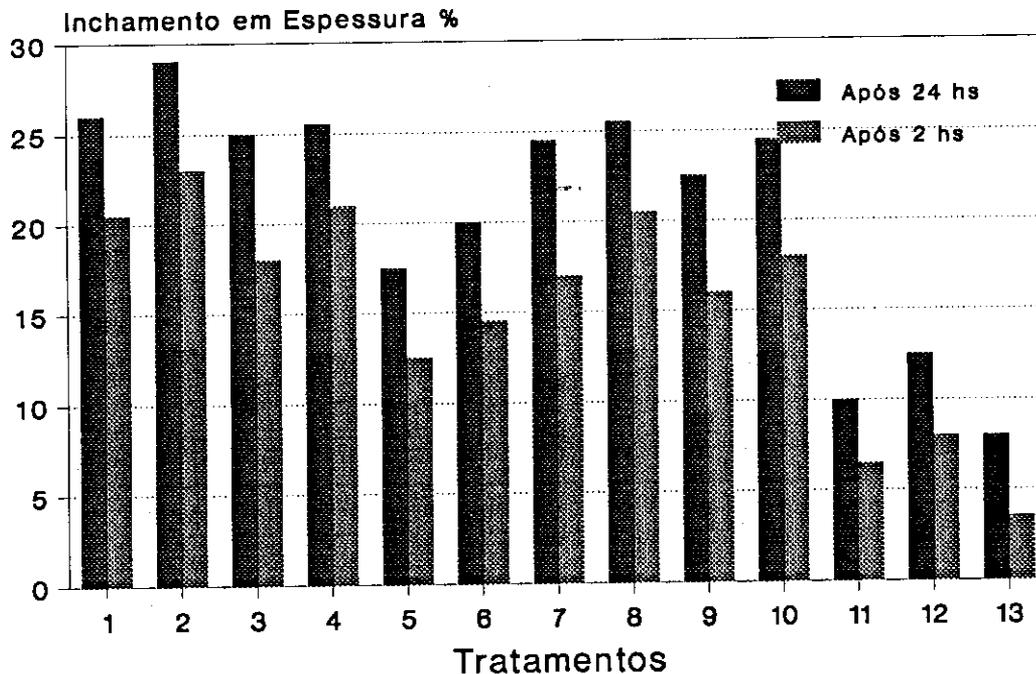


Figura 4: Médias ajustadas pela covariável densidade de chapa

5.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE

A tabela 2 em conjunto com a figura 5 mostram os resultados de comportamento em rigidez para os diversos tipos de construções. Após ajustados os valores destes parâmetros em relação a densidade de chapa observou-se que os valores de MOE aumentaram a medida que a densidade de chapa aumentou para todas as construções, acréscimo este

significativo o que esta em plena concordância com a literatura. Quando se analisou as construções com inclusão laminar (1 ou 2 lâminas) em relação aos controles sem inclusão laminar não houveram diferenças significativas, o que naturalmente era de se esperar pois as lâminas foram colocadas junto a zona neutra o que não tem efeito algum sobre o comportamento em MOE. Todas as construções apresentaram valores de MOE muito superiores aos

aglomerados comuns (figura 1) o que lhes confere performance estrutural mas ainda significativamente abaixo dos valores do compensado de 5 camadas (figura 5). Todos os valores de MOE aqui encontrados são bem superiores aos exigidos pelo padrão comercial norte-americano CS 236-66 (N.P.A.).

5.4. LIGAÇÃO INTERNA

A tabela 2 em conjunto com a figura 6 mostram os resultados de ligação interna para os diversos tipos de construções.

Após ajustados os valores desta propriedade em relação a densidade de chapa, observou-se que

para as construções sem inclusão laminar ou sejam os controles obtiveram resultados muito superiores a aqueles com inclusão laminar, o que pode ser justificado pelo contato prejudicado pela deposição irregular das partículas sobre a superfície das lâminas influenciando o balanço construtivo dos painéis com inclusão laminar. No caso dos controles houve efeito significativo da densidade de chapa e nível de adesivo sobre os valores de ligação interna, aumentando os valores e medida que aumentou a densidade e nível de adesivo de 6 para 8%. No caso da construção sem inclusão laminar na mais alta densidade (tratamento 8) e 8% de nível de adesivo o valor da ligação interna equiparou-se a resistência de colagem em cisalhamento por tração do compensado de 5 camadas.

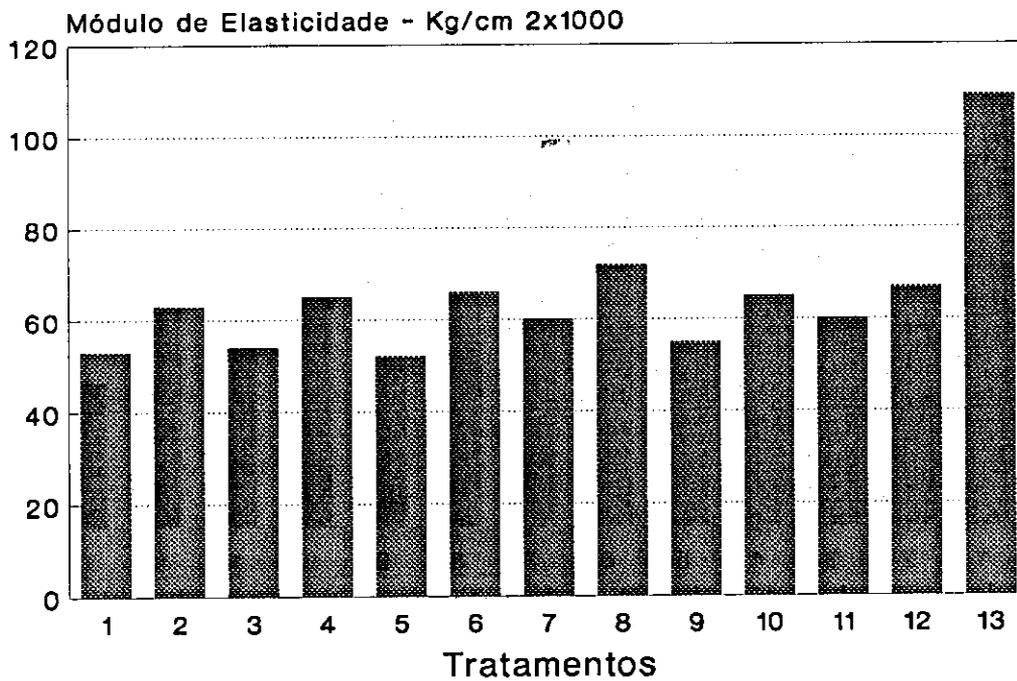


Figura 5: Médias ajustadas pela covariável densidade de chapa

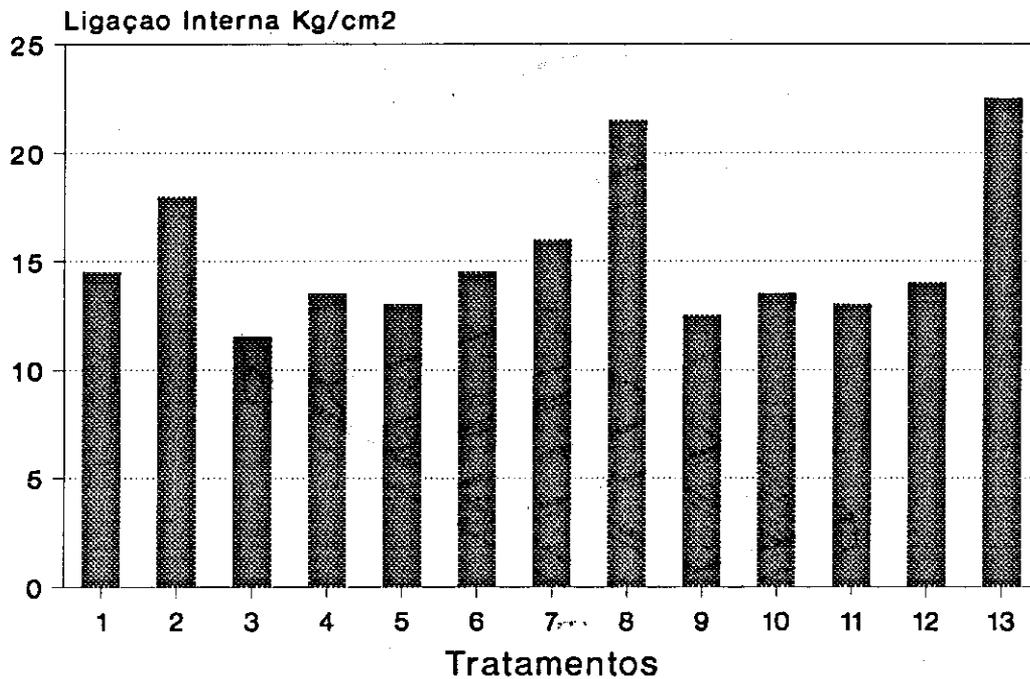


Figura 6: Médias ajustadas pela covariável densidade de chapa

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados e avaliações deste trabalho pode-se concluir que:

a) incorporação de camadas de lâminas, principalmente dupla conferindo efeito restritivo ao painel, reduz eficientemente e efetivamente a expansão linear e comportamento em inchamento em espessura das chapas de partículas estruturais.

b) O módulo de elasticidade não é afetado pela inclusão laminar dos diferentes painéis.

c) O balanço construtivo em termos de ligação interna é prejudicado pela incorporação de lâminas ao

miolo das chapas de partículas estruturais.

d) Quando projetadas estas construções em escala comercial, as seguintes vantagens podem ser obtidas:

1) Utilização eficiente de lâminas de madeira de baixo valor comercial sem impor limitações de tamanho as chapas, (figura 7).

2) Mesmo grandes defeitos como buracos, fendas e aberturas seriam automaticamente preenchidos por partículas.

3) A inclusão de miolo de lâminas pode não aumentar os custos de produção.

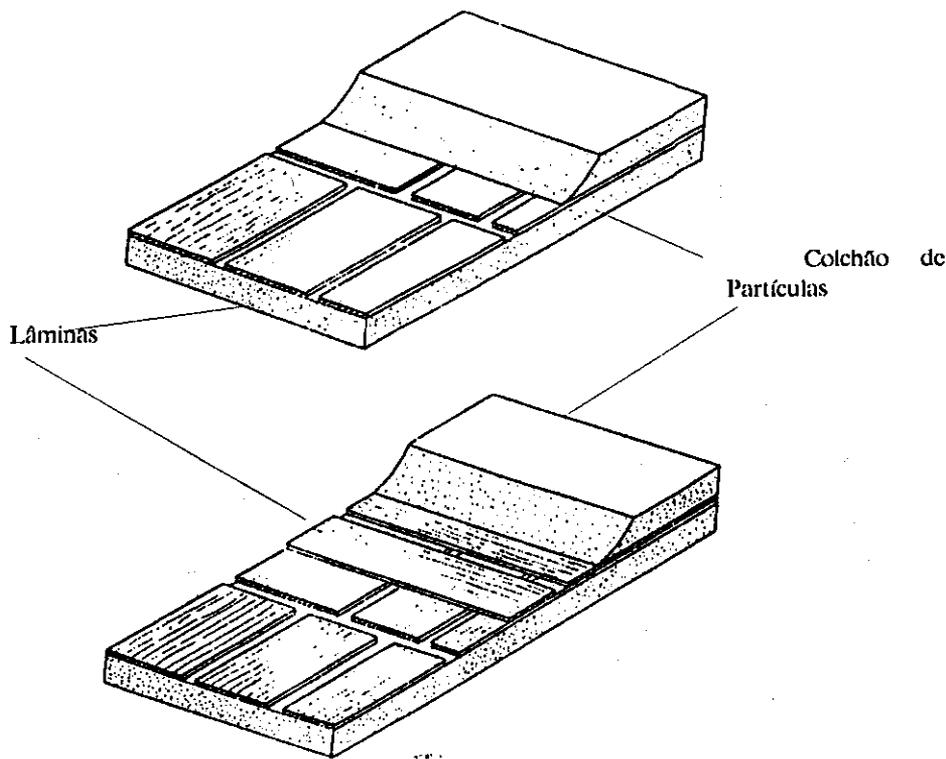


Figura 7: Construções Industriais

7. LITERATURA CITADA

American Society for testing and materials. ASTM Standards. Wood and adhesives, Philadelphia, PA. 1978

Brito, E.O. A Viabilidade de utilização de Espécies de Pinus para a produção de chapas de composição estruturais; "Waferboards". Dissertação de mestrado. 1984

Commercial standard CS 236-66-Mat Formed Wood Particleboard 1968.

Geimer, R.L., Montrey, H.M. Lehmann, W.F. effects of layer characteristics on the properties of three-layer particleboards. For. prod. Jour. 25 (3) (19-29). 1975

Halligan, A.F. A review of thickness swelling in particleboards. Wood science and technology 4 (4) (301-312). 1970.

Keinert, S.J. Chapas de partículas estruturais a partir de Pinus e Eucalyptus spp. Simpósio Bilateral Brasil-Finlândia sobre atualidades florestais Anais - (315 - 326). 1988.

Kelly, M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. U.S.D.A. For. Ser. Gen. Tech. Rep FPL-10. 1977.

Kollmann, F.P., Kuenzi, E.W. and Stamm. A.S. Principles of Wood Science and Technology Vol II. 1975.

Marra Et Alli - Low density composites from high density hardwoods. M.A.E.S. Bulletin nº 610. 1975.

Plath, L. and Schnitzler, E. 1974. The density profile a criterium for evaluating particleboard. Holz rohwerkst. 32 (11) (443-449).

Suchsland, O. 1977 Compression Shear-Test for determination of interna bond strength in particleboard. For. prod. Jour 27 (1) 32-36.

Strickler, M.D. 1959 Effect of press cycle and moisture content on properties of Douglas-Fir Flakeboard. For. prod. Jour 9 (7) (203-205).

Vital, B.R., Lehmann, W.F. and Boone. R.J. 1974. How Species and board densities affect the properties of exotic hardwood particleboards. For. prod. Jour. 24 (12) (37-45).

TABELA 1
DESENHO DO EXPERIMENTO

Construção	Conteúdo de Resina Fenólica	Miolo com uma Lâmina	Miolo com duas Lâminas	Controle sem Lâmina	Compensado de 5 camadas
Partículas do tipo Wagner de Pinus taeda	6%	0,62	0,61	0,60	0,45
		0,77	0,78	0,75	
	8%	0,63	0,62	0,61	
		0,77	0,75	0,74	

TABELA 2
MÉDIAS AJUSTADAS DAS PROPRIEDADES POR ANÁLISE DE COVARIÂNCIA

TRATAMENTOS

Tipo de Chapa	Nível de Densidade		Código	Expansão Linear		Inchamento em Espessura (%)	Módulo de Elasticidade (Kg/cm ²)	Ligação Interna (Kg/cm ²)
	Adesivo %	g/cm ³		(%)	(%)			
Partículas sem Lâminas	6	0,60	1	0,22	0,24	26,5	53.000	14,5
Partículas sem Lâminas	6	0,75	2	0,23	0,22	29,0	62.000	18,0
Partículas 1 Lâminas	6	0,62	3	0,26	0,19	25,0	55.000	11,6
Partículas 1 Lâminas	6	0,77	4	0,27	0,23	26,0	64.000	13,6
Partículas 2 Lâminas	6	0,61	5	0,185	0,18	16,5	52.000	13,4
Partículas 2 Lâminas	6	0,78	6	0,20	0,20	19,2	66.000	14,2
Partículas sem Lâminas	8	0,61	7	0,245	0,21	24,0	60.000	16,0
Partículas sem Lâminas	8	0,75	8	0,245	0,21	26,0	72.000	21,60
Partículas 1 Lâminas	8	0,63	9	0,17	0,17	22,0	56.000	12,40
Partículas 1 Lâminas	8	0,77	10	0,19	0,17	24,1	64.000	13,20
Partículas 2 Lâminas	8	0,62	11	0,12	0,14	9,50	60.000	12,80
Partículas 2 Lâminas	8	0,76	12	0,14	0,12	11,1	69.000	13,90
Compensado 5 Camadas	—	0,45	13	0,08	0,09	7,50	109.000	23,0