

R E S U M O

Algumas características fundamentais dos compensados e uma rápida análise de dois defeitos muito comuns em tais chapas, o empenamento e o fendilhamento facial. Tentativa de explicação gráfica do mecanismo de tensões nos compensados planos bem como os efeitos dos desequilíbrios de tais tensões.

S U M M A R Y

The author discusses some characteristics of plywood panels and presents a brief analysis of two very common defects found on them: warping and face checking. An effort is made to graphically explain the stresses in flat plywood as well as the disequilibrium effects of such stresses.

A indústria de compensados luta com uma série de dificuldades, principalmente depois do aparecimento de vários sucedâneos, tais como chapas de fibra, chapas de partículas aglomeradas e, mesmo alguns tipos de chapas sintéticas.

Houve uma grande evolução nesta indústria com o desenvolvimento de novas colas e novos processos de fabricação. O compensado não tem até agora sido substituído em determinadas aplicações. Como, porém, cada vez mais, o compensado é usado em certas aplicações especiais, a qualidade torna-se cada dia mais um fator de extrema importância. Pretende-se neste artigo expor algumas observações e resultados de pesquisas efetuadas sobre o compensado, tanto em laboratórios como em indústrias.

Serão abordados dois defeitos que, sem dúvida, são de grande importância nesta indústria, antes porém, resumir-se-á algumas das propriedades mais importantes dos compensados.

a — Características gerais

As principais vantagens do compensado quando comparado com a madeira sólida, são suas tendências à regularização das propriedades físicas e mecânicas ao longo do comprimento e da largura da chapa, maior resistência ao rachamento e menores mudanças nas dimensões em função da variação do conteúdo de umidade. Quanto maior o número de lâminas para uma dada espessura, mais iguais são as características mecânicas

e menor diferença de variação de dimensões nas direções longitudinais e transversais e, maior resistência ao rachamento.

b — Retratibilidade do compensado

Por retratibilidade entende-se a variação das dimensões em virtude da variação da umidade. A retratibilidade do compensado varia com a espécie, as proporções das espessuras das lâminas e, o número de lâminas e, a combinação de espécies. Testes efetuados no Laboratório de Produtos florestais de Madison, EUA, com compensados de três lâminas, de espessuras idênticas e da mesma espécie, mostraram o seguinte: as chapas foram encharcadas com água e depois secas até zero por cento de umidade, as medições mostraram que havia uma retração de 0,45% na direção paralela às fibras das lâminas faciais e 0,67% no sentido transversal, as espessuras das chapas variavam de 2,5 mm a 12,5 mm, é interessante acentuar que a retração da madeira sólida na direção paralela às fibras é de cerca de 0,1 a 0,2% enquanto que a retração na direção perpendicular às fibras pode variar de 2 a 10%, dependendo da espécie e, se no plano radial ou tangencial. Logo o compensado, mesmo que seja seco depois de manufaturado (o que não é uma prática recomendável) não se deformará significativamente, pois as contrações longitudinais e transversais são quase iguais. Em espessura, todavia a retratibilidade do compensado, para todos

* Engenheiro Florestal, Projeto UNDP FAO — IBDF.

os fins práticos, não difere da madeira sólida de que é feito.

Compensados de 69 espécies de madeiras, incluindo madeiras tropicais foram testados por laboratórios Inglês (1), concluiu-se que a retratibilidade média do compensado nas direções transversal e longitudinal é cerca de vinte vezes menor do que a retratibilidade das lâminas de madeira sólida perpendicularmente às fibras. Pode-se exemplificar isto da seguinte maneira: tomando-se uma lâmina de Pinho de um metro de largura quando verde, medindo-se esta lâmina quando completamente seca verifica-se que ela terá aproximadamente 92,00 centímetros, enquanto que o compensado manufaturado com esta mesma lâmina e com 1,0 metro de largura quando úmido, passaria medir 99,60 centímetros quando completamente seco. Enquanto a lâmina contrair-se-ia 8,00 centímetros o compensado apenas contrair-se-ia cerca de 4,00 milímetros.

c — Construção Balanceada

Uma chapa de compensado deve ser construída simetricamente no sentido da espessura para conservar suas dimensões e sua forma quando houver mudança de seu conteúdo de umidade. O equilíbrio é obtido usando-se um número ímpar de lâminas. As lâminas devem, então, ser arranjadas de tal modo que para qualquer lâmina de uma dada espessura, haverá uma lâmina paralela da mesma espessura e da mesma espécie ou de mesmas propriedades do lado oposto do miolo e igualmente distante do miolo.

Qualquer mudança da umidade de uma chapa introduzirá ou aliviará tensões internas em virtude da grande diferença na retratibilidade da madeira nas direções paralela e perpendicular às fibras. Quando as fibras da lâmina central ou miolo estão em ângulo reto com as fibras da face, a retratibilidade transversal às fibras de todas as lâminas transversais é amplamente diminuída, havendo apenas uma mudança muito pequena nas dimensões das lâminas adjacentes nas direções das fibras. Se as faces são exatamente da mesma espessura, de mesma densidade e por outros aspectos, balanceadas, as tensões são distribuí-

das simetricamente e não haverá empenamento.

O EMPENAMENTO DO COMPENSADO

A tendência do compensado de empenar-se como resultado das tensões causadas pela contração e pelo inchamento é quase eliminada pela construção balanceada. Se por hipótese uma face de um compensado de 3 lâminas é colado com as fibras na mesma direção que as fibras da lâmina do miolo e, a umidade da chapa é reduzida, as tensões internas não serão simetricamente distribuídas porque uma lâmina facial não limita a contração do miolo enquanto a outra lâmina o faz. Como resultado há um abaulamento da chapa. O abaulamento pode ocorrer em menor grau em qualquer compensado de três lâminas de construção não balanceada em virtude de as faces opostas serem de diferentes espécies, espessuras, densidades, retratibilidade, ou outras propriedades. Em uma chapa de cinco lâminas, principalmente, as bandas transversais devem ser adequadamente montadas para evitar o abaulamento das chapas. (Entende-se por bandas transversais as lâminas imediatamente interiores às faces em compensados de mais de 3 lâminas).

Numerosos testes têm mostrado que quando o conteúdo de umidade da chapa varia, há menos empenamento em compensados feitos com espécies de baixa densidade e o empenamento cresce à medida que aumenta a densidade da madeira utilizada.

Um miolo espesso com relação à espessura total da chapa, ajuda a manter uma superfície plana e não empenada. Em geral, o miolo de uma chapa de três faces deve ter de metade a sete décimos da espessura total da chapa se a ausência de empenamento é uma consideração importante.

Pode ser encontrado na manufatura de compensado outra forma de empenamento que é denominado torcimento, pois a peça empenada parece ter sido torcida. O torcimento pode ser causado pelo desvio do paralelismo entre duas lâminas correspondentes, isto é, desvio da direção das fibras de duas lâminas situadas à mesma distância do miolo. Ensaio efe-

tuados mostraram que um desvio de apenas 5 graus entre a direção das fibras de duas lâminas correspondentes em uma chapa, por exemplo, as bandas transversais, pode provocar considerável torcimento. Um método de eliminação do torcimento é cortar as lâminas de tal modo que a direção das fibras seja paralela aos bordos das folhas. A direção das fibras pode ser determinada pelo rachamento da lâmina ou pela observação visual.

Nem sempre é possível ou conveniente cortar as lâminas na exata direção das fibras. Em tais casos a tendência ao empenamento pode ser eliminada se as lâminas são coladas de tal modo que as fibras das lâminas opostas correspondentes sejam paralelas, mesmo que a direção de suas fibras não sejam exatamente perpendiculares ao miolo. Esta montagem de lâminas pode ser feita mais facilmente quando são usadas lâminas faqueadas e, lâminas adjacentes no bloco faqueado são coladas de ambos os lados do miolo de tal modo que elas tenham a mesma posição relativa que tinham no bloco. Quando é exigida completa ausência de empenamento e se utilizam lâminas desenroladas pode ser necessário examinar-se cada lâmina para certificar-se que seja montada na posição correta.

Em compensados de 5 lâminas a direção das fibras das bandas transversais é o fator mais importante da prevenção do empenamento. As faces, sem dúvida exercem alguma influência, mas a influência das faces não é tão grande quanto a das bandas transversais.

Outro fator importante no empenamento dos compensados é a madeira de tensão, madeira de tração das folhosas e madeira de compressão nas coníferas, muito frequente no Pinho do Paraná e é conhecida pelo nome vulgar de canastra. A madeira de compressão desenvolve-se quando a árvore é submetida a ações mecânicas e, segundo Kollmann (2) a ocorrência deste tipo de madeira anormal no Pinheiro do Paraná é devida à ação dos ventos em povoamentos ralos.

A madeira de compressão do Pinheiro do Paraná, segundo o mesmo autor, é mais densa do que a normal e, frequentemente causa variação na espessura da lâmina durante a laminação. Além desta

dificuldade no desenrolamento, o grande problema da madeira de compressão é sua grande retratibilidade longitudinal, isto é, quando seu conteúdo de umidade é alterado, há muito maior variação nas dimensões na direção das fibras do que em madeira normal.

A retratibilidade longitudinal média da madeira normal de Pinho do Paraná, isto é o encolhimento da madeira na direção das fibras, quando ela seca do estado de verde à até completamente seca, é de cerca de 0,14%, enquanto que em madeira de compressão (canastra) a retratibilidade longitudinal atinge uma média de 0,55% (3). Esta diferença de 0,41% pode parecer insignificante pois a diferença entre a retratibilidade tangencial (encolhimento na largura das lâminas desenroladas em torno) e a retratibilidade longitudinal na madeira normal pode ser de até 10,0%, no entanto, esta diferença aparentemente pequena na retratibilidade longitudinal entre madeira normal e madeira de compressão, provoca o desequilíbrio das tensões dentro da lâmina. Quando há diminuição da umidade em uma chapa composta de lâminas de madeira normal e, conseqüentemente, redução das dimensões o grande encolhimento das lâminas na direção transversal às fibras é quase que completamente anulado pelas lâminas perpendiculares, pois na direção transversal há maior facilidade de acomodamento pois nesta direção a madeira tem muito menor resistência mecânica e, conseqüentemente há um equilíbrio com uma contração menor daquela que a lâmina teria na direção transversal se estivesse isolada.

Para facilitar a compreensão do raciocínio acima utilizar-se os meios gráficos. Ver fig. 1, A retratibilidade longitudinal (encolhimento na direção das fibras pela redução da umidade) é indicada pelos vetores (setas) nas lâminas faciais, e, são bastante pequenos pois seu valor é muito pequeno, no pinho do Paraná cerca de 0,14%. Na direção transversal a retratibilidade da lâmina é muito maior, até 10,0% para a mesma madeira, por isso é representada por vetores bem maiores (ainda que não em proporção exata). Na chapa representada na fi-

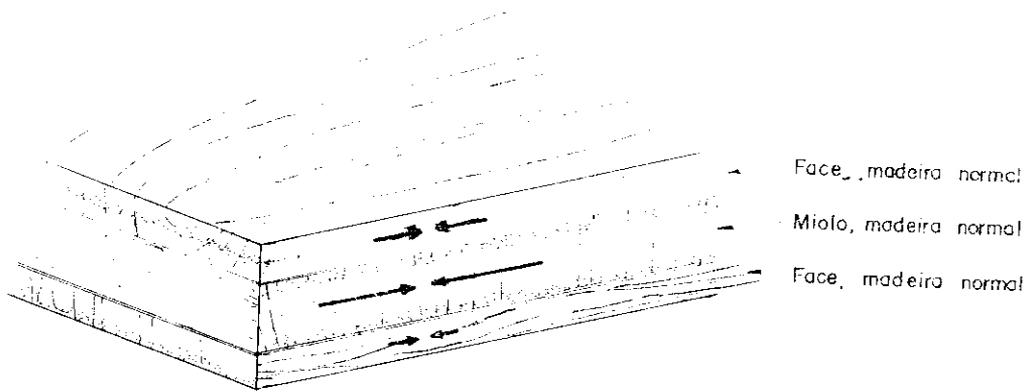


FIG. 1

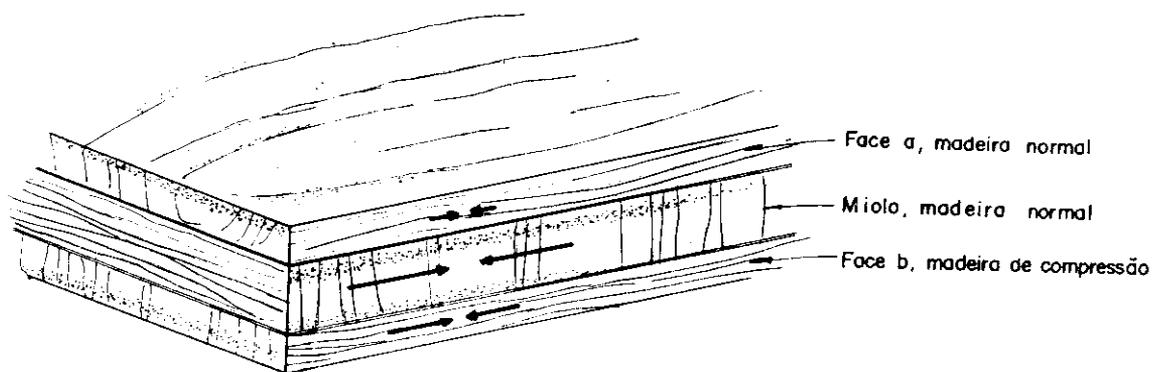


FIG. 2

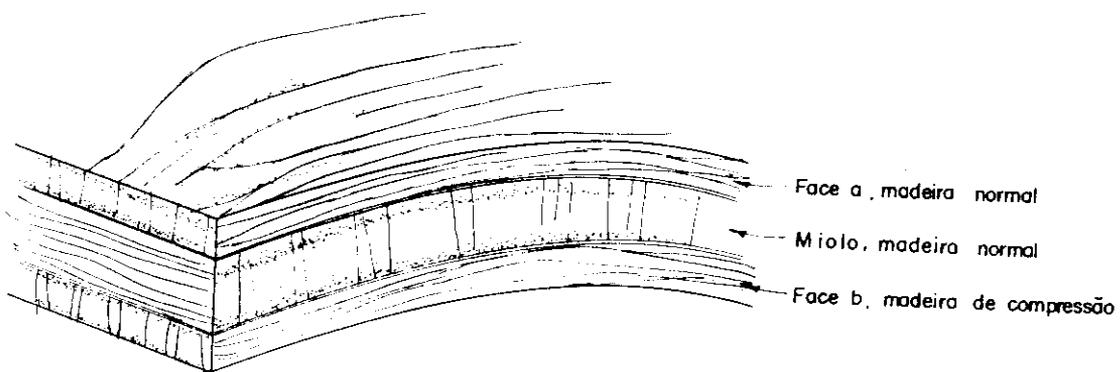


FIG. 3

Figura 1 não há empenamento pois as duas faces são de mesma espessura, estão com suas fibras perfeitamente paralelas, são da mesma espécie, ambas são de madeira normal tendo logicamente a mesma retratibilidade e, tinham a mesma umidade quando o compensado foi manufaturado. A lâmina central encolhe-se mais do que as faces, no lado observado mas como está colada às faces e estas têm grande resistência na direção das fibras, há então uma tensão, como que a lâmina interna puchando as faces, como porém as duas faces são idênticas, portanto têm a mesma resistência à tração, não há deformação. Então a chapa diminuirá de volume e o lado considerado no desenho contrair-se à mais do que as lâminas faciais e menos do que o miolo se consideradas individualmente, isto é, não estivessem coladas. Porém, se uma das faces é de madeira de compressão (canastra) e contrai-se mais do que a outra, de madeira normal, Fig. 2, as retratibilidades são representadas pelos vetores, nota-se que a Face a, de madeira normal tem retratibilidade menor do que a Face b, de madeira de compressão. Caso esta chapa sofra uma mudança de umidade, por exemplo, perca umidade na armazenagem ou uso, acontecerá o seguinte: a Face b, contrair-se-á mais do que a face a, logo, não haverá equilíbrio e ocorrerá que a chapa empenará mais ou menos como mostra a Fig. 3.

Se a chapa tivesse uma face completamente de madeira de compressão a chapa tornar-se-ia curva, como, porém, isto não ocorre, a madeira de compressão ocorre em faixas e apenas em um dos lados da árvore e, conseqüentemente, distribui-se em faixas mais ou menos largas nas lâminas desenroladas em torno laminador, a chapa contendo madeira de compressão tornar-se-á ondulada, o que é, sem dúvida um grave defeito. Como a maioria de nossas fábricas de compensado não selecionam as lâminas, retirando a canastra seria interessante que se estudasse com mais profundidade tal assunto a fim de se determinar a viabilidade de se recomendar a retirada da canastra dos compensados, principalmente quando se deseja um produto de qualidade isento de empenamentos e ondulações.

O Fendilhado Facial do Compensado

Em virtude de as lâminas faciais serem impedidas de se contraírem transversalmente pelas bandas transversais ou pelo miolo, as tensões resultantes das mudanças de umidade podem se desenvolver até o ponto em que pequenas fendas abrem-se na superfície da face. O modelo de fendilhado pode variar grandemente e o fendilhado pode restringir o uso da chapa em certas aplicações, tais como móveis, lambri etc., pode, no entanto, não ter importância em outras aplicações.

A tendência ao fendilhado varia com a espécie e depende das características inerentes à madeira tal como retratibilidade, densidade etc. (1). Lâminas faqueadas radiais (que são obtidas pelo corte na direção dos raios da tora) contraem-se menos do que as lâminas desenroladas em torno (corte tangencial) da mesma espécie de madeira e, conseqüentemente estão menos sujeitas ao fendilhado (1).

As rachaduras de laminação, quando profundas, podem acelerar o desenvolvimento de fendilhado facial, em geral a face mais lisa e firme da lâmina deve ser deixada para o lado de fora na formação das chapas. Quando o lado com rachaduras está para fora, há possibilidade do aparecimento prematuro de fendilhado a menos que um forte lixamento remova toda a superfície defeituosa. Lâminas finas estão menos sujeitas ao desenvolvimento de fendilhado do que as espessas da mesma espécie e sob as mesmas condições. Colando-se a lâmina facial, por exemplo, paralelamente à lâmina imediatamente inferior, aumenta-se a espessura da face e, portanto, há um aumento da tendência ao aparecimento do fendilhado.

Quando a lâmina facial é retirada do passador de cola e levada para a prensa a frio, ela deve ter um conteúdo de umidade não maior do que a umidade média que a chapa terá em serviço. Uma maior umidade no momento da colagem resultará em aumento das tensões na chapa depois de prensada e seca e, pode levar a um fendilhado prematuro. Frequentemente um tempo muito longo de montagem antes da prensagem permite à lâmina facial expandir-se excessivamente

pela absorção de água da cola antes da pressão ser aplicada. Quando esta chapa é seca, a excessiva tensão na face pode resultar em fendilhamento. Excessiva água na cola e camada de cola muito espessa podem contribuir para o fendilhamento sob certas condições. Exposições alternadas da chapa a altas e baixas umidades, podem, também levar a fendilhamento prematuro. Na maioria dos casos as chapas podem ser expostas às mudanças normais em interiores, as quais pro-

duzirão mudanças no conteúdo de umidade de cerca de 8% entre os pontos máximo e mínimo, sem o desenvolvimento de fendilhado superficial (1), exposições a mudanças mais severas podem resultar em fendilhamento superficial. Acabamentos que retardam a taxa de umidade, tais como resinas sintéticas de alta qualidade, bem como vernizes e tintas de alta qualidade, retardarão o aparecimento do fendilhamento superficial mas, usualmente não o evitarão.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Forest Products Laboratory.
1964, Manufacture and General Characteristics of Flat Plywood, U. S. Forest Service.
- 2 Kollmann, F. & W. Cotté Jr. Principles of Wood Science and Technology, Verlag, Berlin, 1968.
- 3 Maxon Y Pillow
1951, Some Characteristics of Brazilian Parana Pine Affecting Its Use for Millwork, Forest Products Research Society.