

Influência da gramatura na resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento em painéis compensados de *Copaifera duckei* Dawyer e *Eperua oleifera* Ducke

Nerci Nina LIMA¹, Nabor da Silveira PIO², Ulisses Silva da CUNHA³, Fernando Cardoso LUCAS FILHO⁴, José BARBOSA FILHO⁵

RESUMO

A madeira por ser um material de origem orgânica responde de várias maneiras aos diversos produtos nela empregados, inclusive a aplicação de cola a qual depende do seu teor de umidade, tendendo a atingir um teor de umidade em equilíbrio dinâmico com a umidade relativa da atmosfera. Atualmente utilizam-se lâminas com teores de umidade entre 5 e 15% de acordo com o tipo de resina utilizada. O presente estudo avaliou o efeito de 04 gramaturas (270; 330; 364 e 390 g/m²) na produção de painéis compensados utilizando as espécies: *Copaifera duckei* Dawyer e *Eperua oleifera* Ducke. As espécies utilizadas foram retiradas da área de manejo florestal sustentável da Gethal Indústria de Madeira Compensada Ltda localizada em Manicoré-Am. As lâminas foram produzidas com espessuras de 2,2 mm. As variáveis do ciclo de prensagem foram controladas seguindo as orientações técnicas estabelecidas pelo fabricante da resina. Foi avaliada a resistência da linha de cola, com amostras da capa e do miolo em condições seca e pós-fervura. Para análise estatística foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo em esquema fatorial dos tratamentos. Confrontando os valores médios da tensão de ruptura e a percentagem de falha na madeira obtidos nesta pesquisa, ensaio seco e pós-fervura, com os da literatura, foi verificado que os painéis avaliados atendem aos critérios estabelecidos, podendo ser indicados para uso interior e exterior, pois de acordo com a Norma EN 314-2 (1993) o valor médio da tensão de ruptura em conjunto com a porcentagem de falha na madeira encontram-se em um padrão aceitável de comportamento.

PALAVRAS-CHAVE: lâminas, linha de cola, adesivos.

Effects of amount of adhesive spread on the glue line shear strength in the plywood of *Copaifera duckei* Dawyer and *Eperua oleifera* Ducke

ABSTRACT

The wood as a source of organic material responds in different ways to different treatments her employees, including the application of glue which depends on its moisture content, tending to reach a moisture content in dynamic equilibrium with relative humidity of the atmosphere. Currently we use blades with moisture levels of between 5 and 15% according to the type of resin used. This study evaluated the effect of 04 weights (270, 330, 364 and 390 g/m²) in the production of panels using offset the species: *Copaifera ducker* Dawyer and *Eperua oleifera* Ducke. The species were removed from the area of sustainable forest management Gethal Plywood Industry Ltd. located in Manicoré-Am. The slides were produced with thickness of 2.2 mm. The variables of the pressing cycle of were controlled by following the technical guidelines set by the manufacturer of resin. The property was assessed to resilience of the line of glue, with samples of the hood and the kernels in drought conditions and post-boil. Statistical analysis was applied an experimental design with in a factorial arrangement of treatments. Confronting the average values of voltage collapse and the percentage of failure in wood obtained in this research, test and post-boiling dry, with the literature, it appears that the panels assessed meet the established criteria, may be indicated for use inside and outside Because according to EN 314-2 (1993) the average voltage collapse along with the percentage of failure in the wood are at an acceptable standard of behavior.

KEYWORDS: veneer, glue line, adhesive.

¹ Universidade Federal do Amazonas. E-mail: nlima@ufam.edu.br

² Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Departamento de Ciências Florestais. E-MAIL: nspio@ufam.edu.br

³ Universidade Federal do Amazonas. E-mail: ulisses@ufam.edu.br

⁴ Universidade Federal do Amazonas. E-mail: fecarlu@ufam.edu.br

⁵ Universidade Federal do Amazonas. E-mail: jbarbosa@ufam.edu.br

INTRODUÇÃO

Como a floresta Amazônica é rica em diversidade madeireira, várias espécies apresentam propriedades adequadas para usos finais como móveis, construções leves e pesadas, embalagens, *pallets*, pisos e chapas de compensado.

Barbosa *et al* (2001), cita que há centenas de espécies madeireiras que ocorrem na região, mas que ainda são desconhecidas ou pouco conhecidas, certamente existem várias com propriedades similares aquelas já tradicionais e de grande aceitação para o mercado.

Com o avanço da tecnologia o setor produtivo de madeira da região Norte vem sendo importante para a economia brasileira, pois com a estabilização da economia, o setor florestal passou a ser atrativo principalmente no mercado moveleiro (PIO, 2002).

Isto torna necessário promover nos mercados espécies regionais alternativas para substituir aquelas já tradicionalmente conhecidas. Tais espécies não são ainda comercializadas por absoluto desconhecimento de suas propriedades e potencial econômico.

A madeira por ser um material de origem orgânica responde de várias maneiras aos diversos produtos nela empregados, inclusive a aplicação de cola a qual depende do seu teor de umidade, tendendo a atingir um teor de umidade em equilíbrio dinâmico com a umidade relativa da atmosfera (KOLLMANN e COTE, 1968).

A redução do teor de umidade da madeira envolve gastos de energia pelo processo de secagem. Esse processo é importante para produção de painéis compensados, que exige teores de umidade específicos com o objetivo de assegurar uma boa colagem. Atualmente utilizam-se lâminas com teores de umidade entre 5 e 15% de acordo com o tipo de resina utilizada (SILVA *et alli*, 1998).

Na colagem de lâminas de madeira para produção de compensados, diversos fatores devem ser considerados como as características inerentes a madeira, ao adesivo e procedimentos empregados na colagem (IWAKIRI *et alli*, 1999).

Devem-se verificar as conseqüências das determinadas alterações qualitativas e quantitativas dos adesivos bem como as condições de prensagem que podem influenciar na qualidade do produto final. O excesso de umidade com temperaturas de prensagem elevadas provocam falhas pela formação de bolhas debilitando a colagem (SELLERS, 1985).

O tempo de assemblagem é necessário para que haja compatibilidade da cola com a lâmina de madeira, antes de serem prensadas.

O processo de colagem é complexo, pois devem ser consideradas variáveis como temperatura, tempo de prensagem e pressão que associadas as características das peças apresentam

diferenças mesmo quando retiradas da mesma árvore. A colagem dependerá das características do adesivo, e de variáveis relacionada com o ambiente, com a estrutura morfológica da madeira, com a maneira que a madeira foi processada antes de ser colada, com a geometria da peça, etc (MARRA, 1992).

A influência da quantidade de cola na fabricação de compensados em geral, é um fator importante, e está relacionada com o teor de umidade influenciando decisivamente na resistência da junta e na estabilidade do produto colado (SELBO, 1975).

Dependendo da viscosidade do adesivo, madeiras que possuem poros grandes absorvem mais cola conferindo melhor adesão. No entanto a gramatura deverá ser compensada sempre que houver alteração de espessura, pois lâminas mal torneadas (corrugadas) necessitam maior gramatura (IWAKIRI, 1998).

A linha de cola só apresentará problemas podendo gerar falhas no produto final se durante o processo de colagem não forem levados em considerações fatores como a qualidade e viscosidade do adesivo, teor de umidade das lâminas e o grau de limpeza da superfície. Devido aos problemas encontrados na linha de cola pelas indústrias em geral, o custo elevado da matéria-prima empregado para compor o adesivo, bem como o processo técnico de aplicação, baseado normalmente em uma determinada quantidade g/m² de área, e necessário que se desenvolvam novas técnicas para otimizar o processo industrial, garantindo a qualidade do produto.

O presente artigo tem como objetivo avaliar o efeito de 04 gramaturas de cola (270; 330; 364 e 390 g/m²) na produção de painéis compensados de *Copaiba mari-mari* (*Copaifera duckei* Dawyer) e *Copaiba jacaré* (*Eperua oleifera* Ducke), através da propriedade de cisalhamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem e coleta do material

As espécies utilizadas no presente estudo foram retiradas da área de manejo florestal sustentável da Gethal Indústria de Madeira Compensada Ltda localizada em Manicoré, no estado do Amazonas.

Foram utilizadas duas espécies florestais: *Copaifera duckei* Dawyer, (copaíba mari-mari), família Caesalpiniaceae e *Eperua oleifera* Ducke, (copaíba jacaré), família Caesalpiniaceae, sendo utilizada cinco árvores por espécie.

A decisão de trabalhar com essas espécies foi em virtude da disponibilidade do material (lâminas) pela empresa e por ainda serem poucos conhecidas quanto as suas propriedades físico-mecânicas, quando utilizadas em painéis compensados principalmente a espécie *Eperua oleifera* que é a mais utilizada para este fim no estado do Amazonas.

Após o abate, as toras foram transportadas por balsa para a Indústria de

Madeira Compensada Gethal Ltda, localizada no município de Itacoatiara – AM, onde foi realizado todo o processo de laminação das toras e fabricação dos painéis.

No pátio da empresa, as árvores foram traçadas seguindo as dimensões padrão do torno laminador da empresa de aproximadamente 2,65 m. De cada árvore foram geradas 3 toras num total de 30 toras, sendo 15 da espécie *Copaifera duckei* e 15 de *Eperua oleifera*.

As espécies foram identificadas no laboratório de anatomia da madeira do CPPF – Coordenação de Pesquisa de Produtos Florestais - INPA, através do método de comparação.

Os corpos-de-prova foram confeccionados na marcenaria do CPPF – INPA.

Determinação da densidade básica da madeira

Durante o traçamento que originou as toras para laminação, foram retirados 4 discos com 5 cm de espessuras da base, meio e topo da árvore.

Os discos de madeira foram utilizados para determinar a densidade básica das espécies.

Manufatura dos painéis compensados

Após o cozimento das toras, a uma temperatura em torno de 80°C por um período de 72 h as toras receberam um novo destopo, e em seguida foram desenroladas em um torno industrial automático. O torno foi aferido de acordo com o padrão da empresa para proporcionar uniformidade na espessura desejada.

As lâminas foram produzidas com espessuras de 2,2 mm, aferidas por microton, seguindo o padrão da empresa. Ao saírem do torno, as lâminas foram enroladas em bobinas para em seguida serem guilhotinadas.

As lâminas foram secas em um secador industrial contínuo a uma temperatura de 120°C por um período que variou entre 25 e 30 minutos com teor de umidade médio final de 6%. O teor de umidade das lâminas após a secagem foi obtido através de medidor elétrico do tipo resistência.

Depois de secas, as lâminas foram classificadas em duas categorias: a de melhor qualidade para capa; e as inferiores para miolo. Essa classificação foi baseada na Norma de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados (IBDF, 1985).

Cada chapa foi composta de nove lâminas com dimensões de 2,55 x 1,22 x 0,0022 m. Foram produzidos 40 (quarenta) painéis, sendo 20 por espécie distribuídas em 8 tratamentos.

Na colagem das lâminas foi utilizado um adesivo a base de fenolformaldeído. A composição do adesivo foi basicamente da mistura simples da resina em uma bateadeira com as demais

partes componentes da formulação adotada pela empresa, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Formulação do adesivo fenol-formoldeído

Adesivo	Componentes	Partes por peso	(%)
	Resina FF	108	75,52
Fenol	Farinha de trigo	15	10,49
formaldeído	Água	20	13,99
Total	-	143	100

O controle das propriedades do adesivo após seu preparo foi realizado através do copo Ford para leitura da viscosidade, e para a medição do pH foi utilizado um Peagametro, verificando assim o estado e as condições para utilização.

Foram utilizadas quatro diferentes gramaturas de cola aplicadas em linha dupla: 270, 330, 364 e 390 g/m², valores normalmente utilizados pelas indústrias de compensados. A gramatura 364 g/m² e a utilizada pela empresa e foi tomada como testemunha.

O intervalo entre um tratamento e outro variou de 10 a 15 minutos, e a montagem de cada painel teve em média de 4,6 minutos para espécie *Copaifera duckei* e 3,8 minutos para espécie *Eperua oleifera*, com o tempo total de montagem de 5 horas, seguindo as recomendações do fabricante da resina.

As variáveis do ciclo de prensagem foram controladas seguindo as orientações técnicas estabelecidas pelo fabricante da resina, conforme tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Variáveis do ciclo de prensagem

Variáveis	Valores
Adesivo	Resina fenol-formaldeído
Temperatura	135 °C
Tempo de prensagem	20 min.
Gramatura da cola	270; 330; 364 e 390 g/m ²
Pressão específica	12 kg/cm ²
Umidade da lâmina	6 %

Avaliação dos painéis

Após a prensagem dos painéis, os mesmos foram transportados para a sala de climatização no laboratório de física da madeira da Universidade Federal do Amazonas, e acondicionados a uma temperatura de 20°C até entrarem em equilíbrio com o ambiente, o teor de umidade foi verificado aleatoriamente através de medidor elétrico.

O principal fator avaliado nos painéis foi o comportamento das diferentes gramaturas: 270; 330; 364 e 390 g/m² ao esforço de cisalhamento, para determinar sua propriedade.

Foram adotadas as normas Européias EN 310 e 314-2 (1993) que descrevem procedimentos para os ensaios de resistência da linha de cola e flexão estática.

Os corpos de prova para os ensaios mecânicos foram retirados a 5 cm da borda dos painéis, evitando o efeito da bordadura, e as dimensões dos corpos-de-prova foram: 25 mm x 800 mm x espessura painel.

Os testes mecânicos foram realizados no laboratório de tecnologia da madeira do curso de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná.

O ensaio de resistência da linha de cola foi realizado com amostras da capa, onde era testada a resistência da linha de cola da lâmina da capa do painel, e lâminas do miolo onde era testada a resistência da linha de cola da lâmina do miolo, em condições seco corpos-de-prova a umidade ambiente e pós-fervura, corpos-de-prova com alto grau de stress. O número de corpos de prova para cada espécie e ensaio é mostrado na tabela 3.

Tabela 3 - Números de corpos de prova para ensaio por espécie e normas utilizadas

Espécie	Ensaio	Condição	Corpo de prova (p/p)	Total cps	Norma
<i>Copaifera duckei</i>	Cisalhamento	Seco	10	200	EN310:1993
		Pós-fervura	10	200	
<i>Eperua oleifera</i>	Cisalhamento	Seco	10	200	EN310:1993
		Pós-fervura	10	200	

Nota: (p/p) = corpo de prova por painel
Cps: corpos de prova

Análise estatística

Foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo em esquema fatorial dos tratamentos utilizando o programa estatístico SISVAR conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Espécies, variáveis e gramaturas aplicadas nos tratamentos

Espécie	Ensaio	Variáveis Seco e Pós-fervura	*Tratamentos	Gramatura (g/m ²)
<i>Copaifera duckei</i>	Cisalhamento	Capa e miolo	T1	270
			T2	330
			T3	364
			T4	390
<i>Eperua oleifera</i>	Cisalhamento	Capa e miolo	T1	270
			T2	330
			T3	364
			T4	390

*Para cada tratamento foram usadas cinco repetições

A tabela 5 mostra o esquema da análise de variância realizado.

Tabela 5 - Análise de Variância da interação gramatura x espécie

Fator de Variação	Graus de Liberdade
Gramatura	3
Espécie	1
Gramatura x espécie	3
Erro	28
Total	39

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade básica

A densidade básica é importante para a determinação da temperatura ótima de cozimento da tora e do tempo de aquecimento necessário para temperaturas desejadas no cerne, (KEINERT JUNIOR, 1994).

A tabela 6 mostra os valores médios da densidade básica, desvio padrão e coeficiente de variação por espécie.

Tabela 6 - Valores médios da densidade, desvio padrão e coeficiente de variação

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
<i>Copaifera duckei</i>	0,60	0,0858	14,40
<i>Eperua oleifera</i>	0,62	0,0681	10,97

De acordo com a Tabela 6 há pouca diferença entre as espécies estudadas e segundo Lutz (1978), espécies com valores de densidade básica variando entre 0,40 e 0,70 g/cm³ são adequadas para produção de lâminas.

O valor da densidade básica para a espécie *Copaifera duckei* (0,60 g/cm³), foi próximo ao valor 0,62 g/cm³ encontrado por IBAMA (2001).

Propriedades dos painéis

Resistência da linha de cola – ensaio miolo e capa seco

Este ensaio tem como objetivo determinar o grau de colagem em chapas compensadas e avaliar a resistência do painel. Por meio do valor obtido é possível avaliar a porcentagem de falha na madeira complementando o resultado do ensaio.

Os valores obtidos devem avaliar as condições físicas e mecânicas do uso das chapas antes e após o seu envelhecimento. Este ensaio é efetuado sob duas condições: teste de cisalhamento a seco e teste de cisalhamento com fervura dos corpos de prova o que provoca situação de elevado stress ao produto.

A análise de variância realizada, para o ensaio de resistência da linha de cola e falha na madeira miolo seco, para as espécies

estudadas indicam não haver diferenças significativas, a nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos avaliados.

Tabela 7 - Valores médios de resistência da linha de cola (rlc) e falha na madeira

Gramatura de Cola (g/cm ²)	RLC Miolo seco (N/mm ²)		FNM Miolo seco (%)	
	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>
(T1) 270	2,97 ^{ns}	2,87 ^{ns}	38,2 ^{ns}	29,7 ^{ns}
(T2) 330	3,88 ^{ns}	3,10 ^{ns}	34,4 ^{ns}	31,4 ^{ns}
(T3) 364	3,66 ^{ns}	3,45 ^{ns}	20,4 ^{ns}	15,0 ^{ns}
(T4) 390	3,67 ^{ns}	2,93 ^{ns}	17,0 ^{ns}	46,0 ^{ns}

(FNM) para a posição miolo seco
ns- Tratamento que não diferem da testemunha ao nível de 5%

A Tabela 7 apresenta os valores médios de resistência da linha de cola e falha na madeira para os ensaios de miolo seco.

Entretanto, entre as espécies, houve diferença significativa para posição miolo seco. Os dados estão apresentados na Tabela 8. Isso indica que os tratamentos analisados para *Copaifera duckei* obteve o melhor resultado de maneira que a interação entre cola e madeira e maior para esta espécie.

Tabela 8 - Valores médios de rlc para a variável resposta espécie posição miolo seco

Espécie	Número de painéis	RLC (N/mm ²) Miolo seco
<i>Copaifera duckei</i>	20	3,55 ^{ns}
<i>Eperua oleifera</i>	20	3,09 [*]

RLC: Resistência da Linha de Cola
ns-Não significativo
*- Significativo ao nível de 5% pelo Teste de Tukey

A tabela 8 mostra os valores médios para a RLC no miolo ensaio a seco.

O resultado da análise de variância do ensaio capa seco da resistência de linha de cola e falha na madeira, indicam diferença estatística significativa para a espécie *Eperua oleifera* a 5% de probabilidade. Os valores médios são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores médios de resistência da linha de cola (rlc) e falha na madeira (fnn) para a posição capa seca - espécies *Copaifera duckei* e *Eperua oleifera*

Gramatura de Cola (g/cm ²)	RLC Capa seco (N/mm ²)		FNM Capa seco (%)	
	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>
(T1) 270	2,73 ^{ns}	2,80 [*]	99,2 ^{ns}	93,4 ^{ns}
(T2) 330	2,96 ^{ns}	3,12 [*]	95,0 ^{ns}	96,3 ^{ns}
(T3) 364	3,05 ^{ns}	2,28 [*]	98,6 ^{ns}	95,6 ^{ns}
(T4) 390	2,87 ^{ns}	2,84 [*]	93,6 ^{ns}	98,8 ^{ns}

Teste Unilateral de Dunnett
* - Tratamento que diferem da testemunha ao nível de 5%
ns - Tratamento que não diferem da testemunha

Não houve diferenças significativas para a resistência ao cisalhamento posição capa seca da espécie *Copaifera duckei*, porém, na interação dos fatores estudados, espécie *Eperua*

oleifera, foi verificado diferenças significativas. Os tratamentos analisados pelo Teste Dunnett, todos foram superiores ao T3 (controle), indicando que para esta espécie as gramaturas analisadas são inferiores a testemunha.

Quanto à falha na madeira também não apresentaram diferença significativa, a nível 5 % de probabilidade, para as espécies estudadas.

Resistência da linha de cola – ensaio miolo e capa pós-fervura

Para o ensaio de resistência da linha de cola posição miolo pós-fervura e falha na madeira, os resultados da análise de variância para as espécies *Copaifera duckei* e *Eperua oleifera*, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

A Tabela 10 apresenta os valores médios de resistência da linha de cola e falha na madeira para as espécies estudadas.

Com relação aos valores do teste de média para resistência da linha de cola e falha na madeira ensaio posição capa pós-fervura, os resultados da análise de variância para as espécies *Copaifera duckei* e *Eperua oleifera* indicam que não houve diferença significativa.

A Tabela 11 revela os valores médios para os ensaios de resistência da linha de cola e falha na madeira posição capa pós-fervura.

Tabela 10 - Valores médios de resistência da linha de cola (rlc) e falha na madeira

Gramatura de cola (g/cm ²)	RLC Miolo pós-fervura (N/mm ²)		FNM Miolo pós-fervura (%)	
	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>
(T1) 270	1,52 ^{ns}	1,67 ^{ns}	11,0 ^{ns}	48,6 ^{ns}
(T2) 330	1,49 ^{ns}	1,68 ^{ns}	14,6 ^{ns}	49,0 ^{ns}
(T3) 364	2,03 ^{ns}	1,98 ^{ns}	13,6 ^{ns}	44,8 ^{ns}
(T4) 390	2,15 ^{ns}	1,65 ^{ns}	15,8 ^{ns}	47,0 ^{ns}

(FNM) para posição I miolo pós-fervura - espécie *Copaifera duckei* e *Eperua oleifera*
ns- Tratamento que não diferem da testemunha ao nível de 5%
Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 11 - Valores médios de resistência da linha de cola (RLC) e falha na madeira

Gramatura de cola (g/m ²)	RLC Miolo Pos-Fervura (N/mm ²)		FNM Miolo Pos-Fervura (%)	
	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>	<i>C. duckei</i>	<i>E. oleifera</i>
(T1) 270	1,70 ^{ns}	1,59 ^{ns}	93,8 ^{ns}	99,8 ^{ns}
(T2) 330	1,81 ^{ns}	1,73 ^{ns}	95,8 ^{ns}	96,0 ^{ns}
(T3) 364	1,80 ^{ns}	1,47 ^{ns}	97,0 ^{ns}	98,4 ^{ns}
(T4) 390	1,63 ^{ns}	1,56 ^{ns}	90,8 ^{ns}	95,4 ^{ns}

(FNM) para posição capa pós-fervura - espécies *Copaifera duckei* e *Eperua oleifera*
ns - Tratamento que não diferem da testemunha ao nível de 5%

A Tabela 12 apresenta a comparação dos resultados de resistência de linha de cola e falha na madeira obtidos neste trabalho com outros da literatura.

De acordo com Pio (1996) e Silva (1994) o teste de cisalhamento é o que determina a qualidade da linha de cola. Comparando os valores obtidos nesta pesquisa em relação a gramatura de cola com os valores encontrados na Tabela 13, observa-se que apesar da diferença entre a gramatura de cola existente nesta pesquisa com os autores citados, a resistência da linha de cola ensaio seco para as duas espécies apresentaram comportamento consideravelmente superior.

Quanto à percentagem de falha na madeira apresentaram resultados superiores em relação à capa tanto para o ensaio seco como pós-fervura em comparação aos demais autores. Porém esses autores utilizaram a norma (ABNT, 1986) o qual não especificava nenhum valor para tensão de ruptura e falha na madeira, pois a mesma estava em processo de revisão.

Portanto, confrontando os valores médios da tensão de ruptura e a percentagem de falha na madeira obtidos nesta

pesquisa, ensaio seco e pós-fervura, com os valores médios apresentados na Tabela 13, foram verificados que os painéis avaliados atendem aos critérios estabelecidos, podendo ser indicados para uso interior e exterior, pois de acordo com a Norma EN 314-2 (1993) o valor médio da tensão de ruptura em conjunto com a porcentagem de falha na madeira proporciona uma avaliação mais completa e adequada sobre a qualidade da colagem o que não devem ser menores que o limite estabelecido conforme tabela abaixo.

Assim, com base na Tabela 13, conforme aumenta a tensão de ruptura a exigência em termos de falha na madeira reduz, ate o momento em que pode ser desprezada, ou seja, quando a tensão de ruptura for muito alta (igual ou superior a 10,2 kgf/cm² ou 1,0 Mpa).

Considerando os valores obtidos nesta pesquisa, os quais foram superiores em todos os tratamentos e com base nos requisitos da norma européia, os compensados avaliados podem ser indicados para uso exterior.

Tabela 12 - comparação dos resultados de resistência da linha de cola obtidos com outras literaturas

Fonte	Espécie	Espes Lâm. (mm)	Gram. (g/cm ²) FF	FNM (%)		RLC (kgf/cm ²)	
				Seca Miolo/cap	Pós-ferv..	Seca Miolo/cap	Pós-ferv.
Gaiotto 1993	<i>E. grandis</i>	2	180	78	98	20,54	15,56
Bortoletto 2003	<i>Eucalyptus</i>	2	360	0 -34,3	0,6-17,2	22,6-27,4	19,1-24,2
Medina 1986	<i>P. elliotii</i>	3	300	80	54	2,49	-
Pio 1996	<i>E. robusta</i> <i>E. scabra</i>	2	180	34	-	21,86	-
				48	-	25,98	-
Interamnense	<i>E. cloziana</i> <i>E. maculata</i>	2	175	42	40	21,24	10,8-16,6
				37	35	25,28	
Dissertação 2006	<i>C. duckei</i>	2,2	270	38,2-99,2	11,0-93,8	30,3-27,8	15,5-17,3
			330	34,4-95,0	14,6-95,8	39,5-30,2	15,2-18,4
			364	20,4-98,6	13,6-97,0	37,3-31,1	20,7-18,3
			390	17,0-93,6	15,8-90,8	37,4-29,3	21,9-16,6
			270	29,7-93,4	48,6-99,8	29,3-28,5	17,0-16,2
	<i>E. oleifera</i>	2,2	330	31,4-96,3	49,0-96,0	31,6-31,8	17,1-17,6
			364	15,0-95,6	44,8-98,4	35,1-23,2	20,1-15,0
			390	46,2-98,8	47,0-95,4	29,8-28,9	16,8-15,9

Nota:* Os valores de resistência de linha de cola foram transformados para kgf/cm² para serem comparados

Tabela 13 - requisitos de colagem para painéis compensados

Resistência da linha de cola AP esforço de cisalhamento	
Tensão de ruptura (N/mm ²)	Ruptura ou Falha na Madeira (%)
0,2 ≤ TR < 0,4	≥ 80
0,4 ≤ TR < 0,6	≥ 60
0,6 ≤ TR < 1,0	≥ 40
1,0 ≤ TR	Sem exigências

Fonte: EN 314-2 (1993)

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência de linha de cola quando comparados com as especificações da norma EN 314-2 (1993), indicam que os painéis das duas espécies avaliadas podem ser destinados ao uso exterior.

Para os painéis onde os tratamentos não indicaram diferenças significativas entre as gramaturas avaliadas, tanto para a posição capa quanto miolo, pode-se indicar a menor gramatura de cola.

A gramatura de melhor desempenho foi a 330 g/m² quando avaliada na posição capa para a espécie *Copaíba jacaré* (*Eperua oleifera*.)

Comparando os valores obtidos nesta pesquisa com os valores encontrados na literatura, observa-se que a gramatura de cola utilizada nesta pesquisa foi similar para a posição capa ensaio seco dos demais autores indicando boa qualidade da linha de cola dos painéis.

A porcentagem de ruptura ou falha na madeira apresentou valores superiores, porém, compatíveis com outros autores.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BARBOSA, A.P, *et al.* Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central: In biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Parcerias Estratégicas. no.12. Setembro 2001. 421 p.
- BORTOLETTO JUNIOR, G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação de suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. Revista Scientia Forestalis, n. 63, p. 65-78, jun. 2003.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. European Standard EN – 310/314-2. Plywood: Bonding quality. Part 2: Requirements. Bruxelas. 1993.
- GAIOTTO, M.R.; WATAI, L.T.; JANKOWSKY, I.P. Avaliação experimental do compensado de eucalipto. In: Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro, Anais. Curitiba. 1993. 595-599 p.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Madeiras Brasileiras. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php > Acesso em: 21 janeiro 2001.
- IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Normas de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados-CQCC. Brasília. 1985. 79 p.
- INTERAMNENSE, M.T. Utilização das madeiras de *Eucalyptus Cloeziana* (F.MUELL), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados. 1998. 82 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- IWAKIRI, S; *et al.* Produção de chapas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* Engelm com inclusão laminar. Cerne. V.5, n.2, Lavras. 1999. 94p.
- KEINERT JUNIOR, S. Laminação, Produção e Testes de Compensados a partir de *Eucalyptus spp.* Relatório de Pesquisa apresentado ao CNPq. (não publicado).Curitiba. 1994. 93 p.
- KOLLMANN, F. F. P.; COTE, W. A. Principles of wood science and technology. New York: Springer-Verlag, v.1. 1968.
- KOLLMANN, F.F.P.; KUENZLI, E.W.; STAMM, A.J. Principles of wood science and technology. v. 2 – Wood based materials. Berlin, New York .1975. 703 p. LUTZ, J.F. Woody veneer: log selection, cutting and drying. USDA. Technical Bulletin. 1978.
- MARRA, A. A. Technology of wood bonding principles in practice. New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. 453 p.
- MEDINA, J. C. Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm. 1986. 113 f. Dissertação (Mestrado em 73 Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- PIO, N. S. Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados. 1996. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- PIO, N. S. Produção de painéis estruturais de lâminas paralelas (PLP) de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. 2002. 168 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SELBO, M. L. Adhesive Bonding of wood. Technical Bulletin. n° 1512. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Washington D.C. 1975.
- SELLERS, T. Plywood and adhesive technology. New York: Marcel Dekker. 1985. 661 p.
- SILVA, D.A.; TOMASELLI, I.; IWAKIRI, S. Influência da umidade na resistência da linha de cola e estabilidade dimensional do compensado utilizando resina de alta reatividade. SCIENTIA FORESTALIS. n° 54, p.69-80, dez. 1998.
- SILVA, F.M. Espécies tropicais para manufatura de painéis compensados. 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP.

Recebido em 27/02/2009
Aceite em 06/04/2010

