



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Câmpus de Itapeva

**ANA PAULA FOGAÇA**

**DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE COLAGEM E  
DESEMPENHO MECÂNICO DE PAINÉIS EGP  
COMERCIAIS**

Itapeva - SP  
2014

**ANA PAULA FOGAÇA**

**DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE COLAGEM E  
DESEMPENHO MECÂNICO DE PAINÉIS EGP  
COMERCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Inácio de Campos

Itapeva - SP  
2014

F665d Fogaça, Ana Paula  
Determinação da qualidade de colagem e desempenho mecânico  
de painéis EGP comerciais / Ana Paula Fogaça. – – Itapeva, SP, 2014  
56 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia  
Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de  
Mesquita Filho", Campus Experimental de Itapeva, 2014

Orientador: Cristiane Inácio de Campos

Banca examinadora: Gláucia Aparecida Prates, Bruno Santos  
Ferreira

Bibliografia

1. Painéis de madeira 2. Colagem. 3. Resistência de materiais. I.  
Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 674.8



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Câmpus de Itapeva

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Oswaldo e Denise, por me apoiar e incentivar em todos os momentos da minha vida, sempre com muito amor, carinho e palavras sábias.

Ao meu namorado, Rodrigo pela paciência e carinho.

À toda a minha família, sem a qual eu não seria a mesma.

Aos meus amigos, principalmente minhas amigas de república, vocês sempre serão muito importantes.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane pela amizade e fundamental ajuda nesse trabalho.

À UNESP pela oportunidade de crescer profissionalmente e pessoalmente.

À todos os professores pelo empenho e dedicação para sermos bons profissionais.

À todos os funcionários da UNESP – Itapeva, em especial o técnico Brito pela ajuda na realização desse trabalho.

À todos meu muito obrigado.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de colagem e a resistência mecânica de painéis comerciais de EGP a partir das especificações de ensaios das normas ASTM D - 5572/1999, ASTM D - 5751/1999 e ABNT NBR 7190/1997, relativas aos ensaios mecânicos de flexão estática, tração paralela e cisalhamento na linha de cola. Os painéis utilizados foram doados por uma empresa local. Foram doados dois tipos de painéis, os de classe A (isentos de defeitos naturais na madeira como nós, bolsas de resina, desvios de grã) e o classe C (o qual permite os defeitos naturais da madeira). Os painéis estudados são produzidos 90% com madeira de *Pinus elliottii* e 10% *Pinus taeda*. Os resultados obtidos nos ensaios foram comparados com normas vigentes e trabalhos encontrados na literatura, e de modo geral se encontram dentro dos valores exigidos pelas normas e em outros estudos, sendo que como era de ser esperado os painéis classe A apresentaram maior resistência mecânica nos três teste realizados quando com parados aos painéis classe C.

Palavras-chave: Madeira Colada Lateralmente, Emendas *finger joint*, PVAc.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Itapeva

## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the quality of bonding and the mechanical strength of commercial EGP panels, according to the of ASTM D - 5572/1999, ASTM D - 5751/1999 and ABNT NBR 7190/1997 specifications test of Static Bending, tensile parallel and shear strength at the bond line. The panels used were donated by a local company. Two types of panels were chosen, the class A, which has no natural defects in the wood such as nodes, pitch pockets, and deviations of grain; and class C, which allows the natural defects of wood. The panels are produced with 90% of *Pinus elliottii* and 10% *Pinus taeda*. The test results were compared to the literature, and generally range within the values required by the standards and by other studies. In addition, as was to be expected, the class A panels presented greater resistance in the three mechanical tests, when compared to the class C panels.

Keywords: Laterally Glued Wood, finger joint, PVAc.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Painel de compensado multilaminado.....	4
<b>Figura 2:</b> Painel de madeira aglomerada.....	4
<b>Figura 3:</b> Painel de <i>Waferboard</i> .....	5
<b>Figura 4:</b> Painel de OSB.....	5
<b>Figura 5:</b> Painel de fibra dura.....	6
<b>Figura 6:</b> Painel de compensado sarrafeado.....	6
<b>Figura 7:</b> Painel de LVL.....	7
<b>Figura 8:</b> Painel de EGP.....	7
<b>Figura 9:</b> Emenda do tipo <i>finger joint</i> .....	8
<b>Figura 10:</b> Sarrafos considerados classe A.....	9
<b>Figura 11:</b> Sarrafos classe B.....	10
<b>Figura 12:</b> Sarrafos classe C.....	10
<b>Figura 13:</b> Sarrafos impróprios para painéis de EGP comerciais.....	10
<b>Figura 14:</b> Box que separam os sarrafos.....	11
<b>Figura 15:</b> Equipamento que faz os dentes na madeira.....	11
<b>Figura 16:</b> Detalhe da fresa que faz a emenda de <i>finger joint</i> .....	12
<b>Figura 17:</b> Ripas emendadas por <i>finger joint</i> .....	12
<b>Figura 18:</b> Painéis a caminho da prensa de alta frequência.....	13
<b>Figura 19:</b> Prensa de alta frequência.....	14
<b>Figura 20:</b> Painel de EGP formado.....	14
<b>Figura 21:</b> Painel de EGP sendo embalado.....	15
<b>Figura 22:</b> Painel de EGP pronto para comercialização.....	15
<b>Figura 23:</b> a) Painel de EGP classe A e b) painel de EGP classe C, produzidos pela indústria.....	26
<b>Figura 24:</b> a) Desdobro do painel em ripas e b) aplainamento das ripas.....	27
<b>Figura 25:</b> Confeção dos corpos de prova.....	27
<b>Figura 26:</b> Esquema para retirada dos corpos de prova de flexão estática.....	28

<b>Figura 27:</b> a) Corpos de prova de flexão, EGP classe A e b) corpos de prova de flexão, EGP classe C.....	29
<b>Figura 28:</b> a) Corpos de prova de tração, EGP classe A e b) corpos de prova de tração, EGP classe C.....	29
<b>Figura 29:</b> a) Corpos de prova de cisalhamento, EGP classe A e b) corpos de prova de cisalhamento, EGP classe C.....	30
<b>Figura 30:</b> Ensaio de flexão estática.....	32
<b>Figura 31:</b> Ensaio de tração paralela às fibras.....	33
<b>Figura 32:</b> Ensaio de cisalhamento.....	34
<b>Figura 33:</b> Ruptura na emenda tipo <i>finger joint</i> , painel classe A.....	37
<b>Figura 34:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> , painel classe A.....	38
<b>Figura 35:</b> Ruptura na madeira, painel classe A.....	38
<b>Figura 36:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> , painel classe C.....	39
<b>Figura 37:</b> Ruptura inteira na emenda de <i>finger joint</i> , painel classe C.....	40
<b>Figura 38:</b> Ruptura na madeira painel classe C.....	40
<b>Figura 39:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> e na madeira, painel classe C.....	41
<b>Figura 40:</b> Ruptura no defeito da madeira (nó).....	41
<b>Figura 41:</b> Ruptura na madeira de <i>finger joint</i> , na tração.....	42
<b>Figura 42:</b> Ruptura na madeira, teste de tração.....	42
<b>Figura 43:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> inteira, na tração.....	43
<b>Figura 44:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> e na madeira, teste de tração.....	43
<b>Figura 45:</b> Ruptura na madeira no teste de tração.....	44
<b>Figura 46:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> dentro da sapata.....	44
<b>Figura 47:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> e na madeira, teste de tração, painel classe C.....	45
<b>Figura 48:</b> Ruptura na linha de cola, painel classe A.....	45
<b>Figura 49:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> , painel classe A.....	46
<b>Figura 50:</b> Ruptura na madeira, painel classe A.....	46
<b>Figura 51:</b> Ruptura na linha de cola, painel classe A.....	47
<b>Figura 52:</b> Ruptura no defeito da madeira (nó), teste de cisalhamento.....	47
<b>Figura 53:</b> Ruptura na emenda de <i>finger joint</i> e no defeito da madeira.....	48

<b>Figura 54:</b> Ruptura na linha de cola com nó ao lado.....	48
<b>Figura 55:</b> Distância mínima entre extremidade do dente e nó.....	49
<b>Figura 56:</b> Dimensões da emenda e dos dentes.....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Classificação dos adesivos segundo sua origem.....	20
<b>Tabela 2:</b> Adesivos adequados para cada classificação de uso .....	23
<b>Tabela 3:</b> Classes de durabilidade e condições de aplicações.....	24
<b>Tabela 4:</b> Análise dos resultados.....	35
<b>Tabela 5:</b> Rupturas ocorridas nos teste mecânicos ensaiados, para painéis EGP classe A .....	35
<b>Tabela 6:</b> Ruptura ocorridas nos testes mecânicos ensaiados, para painéis EGP classe C. ....	37
<b>Tabela 7:</b> Rupturas ocorridas no teste de tração paralela às fibras painel classe A.....	43
<b>Tabela 8:</b> Rupturas ocorridas no teste de tração paralela às fibras em painéis classe C.	46

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1.	Painéis de madeira.....	3
3.2.	Painéis de Madeira Colada Lateralmente (EGP).....	8
3.2.1.	Processo produtivo do painel de EGP.....	9
3.3	Espécies utilizadas na produção de painéis EGP.....	16
3.4	Adesivos.....	16
3.4.1	Características do adesivo.....	17
3.4.2	Composição e características da madeira.....	18
3.5	Adesivos utilizados para cada classe de uso.....	20
3.5.1	Acetato de Polivinila (PVAc).....	21
3.5.2	Características do Polivinil Acetato (PVAc).....	22
3.5.2.1	Viscosidade.....	22
3.5.2.2	Resistência.....	22
3.5.2.3	pH.....	22
3.5.2.4	Temperatura.....	22
3.5.2.5	Teor de sólidos.....	23
3.6	Qualidade da Colagem.....	23
3.7	Estudos Anteriores sobre painéis EGP.....	24
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1	Materiais.....	26
4.2	Metodologia.....	27
4.2.1	Corpos de prova de flexão estática.....	28
4.2.2	Corpos de prova de tração paralela.....	29
4.2.3	Corpos de prova de cisalhamento na linha de cola.....	29
4.2.4	Realização dos teste mecânicos.....	30
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	35
5.1.	Valores médios de resistência encontrados.....	35
5.2	Análise dos tipos de ruptura.....	37

5.2.1 Flexão Estática.....	37
5.2.2 Tração paralela.....	42
5.2.3 Cisalhamento na linha de cola.....	45
6. CONCLUSÃO.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## 1 – INTRODUÇÃO

Os produtos engenheirados de madeira vêm apresentando amplo desenvolvimento, principalmente no final do século XX. Aliado a isso e a crescente demanda por tais produtos, a indústria madeireira cada vez mais desenvolve tecnologias para o uso mais eficiente da madeira. (AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION, 2006). O Brasil dispõe de condições especiais para se tornar um importante produtor mundial de painéis à base de madeira, uma vez que é detentor de tecnologia e de terras, o que pode transformá-las em extensas plantações de florestas de rápido crescimento. Essa característica, associada a materiais e produtos alternativos, acrescenta ao país a possibilidade de se tornar um dos principais fabricantes desses produtos.

Aliado ao desenvolvimento dos produtos derivados de madeira verifica-se a necessidade de minimizar as perdas geradas no processamento mecânico da madeira e, cada vez mais busca-se a otimização do processo através de novos produtos que utilizem peças menores, permitindo maior utilização da tora. Atualmente existem inúmeras formas para que se atinjam estas necessidades, através, por exemplo, de equipamentos de alta tecnologia compostos de funções de última geração que permitem o aproveitamento mais racional da matéria-prima.

Dentre os produtos derivados de madeira pode-se destacar os painéis de madeira colados lateralmente (EGP - *Edge Glued Panel*), produto este que surge como uma solução para as indústrias madeireiras, como serrarias e setores moveleiros, com o intuito de minimizar as perdas com resíduos gerados no processamento da madeira. Os painéis são colados lateralmente com adesivos sintéticos e unidos ao longo de seu comprimento por emendas de topo do tipo *finger joint*, que são uma evolução do processamento mecânico da madeira. Os painéis EGP apresentam-se como uma proposta cada vez mais promissora no segmento de painéis especialmente voltados para a construção civil e indústria moveleira.

Com base no exposto anteriormente é que surgiu a proposta do presente estudo que foi avaliar as propriedades físico-mecânicas de painéis EGP comerciais a partir de documentos normativos vigentes.

## **2 – OBJETIVOS**

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar as propriedades mecânicas de painéis de madeira colados lateralmente (EGP) de duas diferentes classes comerciais, ou seja, Painéis Tipos A e C a partir de documentos normativos nacionais e internacionais.

Os objetivos específicos deste estudo foram:

- Caracterizar os painéis quanto desempenho mecânico através de ensaios de cisalhamento na linha de cola (ASTM D - 5751/1999 e ABNT – NBR 7190/1997), flexão estática e tração paralela (ASTM D – 5572/1999)
- Análise dos resultados obtidos nos testes de caracterização e comparar os resultados com normas vigentes e trabalhos encontrados na literatura.

### 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir será apresentada a revisão da literatura que serviu de embasamento teórico para o desenvolvimento do presente estudo. Inicialmente uma apresentação dos painéis à base de madeira, classificação dos painéis e, por fim um maior detalhamento do painel EGP objeto do presente estudo e o principal adesivo empregado na produção do mesmo.

#### 3.1 – Painéis de madeira

O setor florestal pode ser dividido em dois grandes grupos: não-madeireiros e madeireiros. Os produtos não-madeireiros são: frutas, óleos, resinas, entre outros. Já os produtos madeireiros são aqueles processados mecanicamente, destacando-se os setores de celulose e papel e painéis reconstituídos. Os produtos de madeira processada mecanicamente podem ser definidos como a madeira serrada, lâminas, chapas de madeira e produtos de maior valor agregado (PMVA). Este último agrupa, entre outros produtos: molduras, portas, janelas, pisos e componentes para móveis (ABIMCI, 2007).

Segundo Mattos *et al.* (2008), os painéis são estruturas fabricadas em madeira na forma de lâminas ou em diferentes estágios de desagregação, que são aglutinados com o uso de temperatura, pressão e em alguns casos resinas. Ainda segundo o autor, esse tipo de produto surgiu na necessidade de se substituir a madeira maciça, devido a sua escassez e alto valor.

Gonçalvez (2000), apresenta uma classificação dos painéis a base de madeira, a partir do material industrial padronizado utilizado na formação desse produto; ficando divididos em: painéis de lâminas; painéis de partículas; painéis de fibras; painéis de ripas ou sarrafos.

Iwakiri (2005) define os conceitos básicos dos principais tipos de painéis de madeira, os quais são apresentados a seguir:

- Compensado Multilaminado: painel composto de lâminas de madeira sobrepostas em número ímpar de camadas, formando um ângulo de 90° entre camadas adjacentes (Figura 1).

**Figura 1:** Painel de Compensado Multilaminado



Fonte: Madeirama (2014).

- Painéis de madeira aglomerada: painel produzido com partículas de madeira encoladas normalmente com resina ureia-formaldeído, com distribuição aleatória de partículas e consolidado através de prensagem a quente (Figura 2).

**Figura 2:** Painel de madeira aglomerada.



Fonte: Aguedaplaca (2014).

- *Waferboard*: painel de uso estrutural, produzido com partículas maiores de formatos quadrado ou ligeiramente retangular encolados com resina fenol-formaldeído, com distribuição aleatória das partículas e consolidado através de prensagem a quente (Figura 3).

**Figura 3:** Painel de *Waferboard*.



Fonte: Portuguese Alibaba (2014).

- Painéis de partículas orientadas (*Oriented strand board – OSB*): painel de uso estrutural produzido com partículas longas de formato retangular, encoladas com resinas fenol-formaldeído e/ou isocianato, orientadas na mesma direção, consolidada através de prensagem a quente (Figura 4).

**Figura 4:** Painel de OSB.



Fonte: Freepik (2014).

- Painéis de fibras duras (*Hardboard*): painéis de fibras de alta densificação, com espessura fina e homogênea, produzidas a partir de fibras de madeira encoladas com resina fenol-formaldeído e consolidadas através de prensagem a quente (Figura 5).

**Figura 5:** Painel de fibras duras.



Fonte: Luciomarcasilho (2014).

- Compensado sarrafeado: painel composto de sarrafos e as faces com lâminas de madeira (Figura 6).

**Figura 6:** Painel de Compensado sarrafeado.



Fonte: Macopa (2014).

- Painéis de lâminas paralelas (LVL): painel constituído de lâminas de madeira coladas no mesmo sentido da grã (Figura 7).

**Figura 7:** Painel de LVL.



Fonte: Portal da Madeira (2009).

- Painéis de colagem lateral (*Edge glued panel – EGP*): painel composto de sarrafos colados lateralmente e nos topos através de *finger joints* (Figura 8).

**Figura 8:** Painel de EGP.

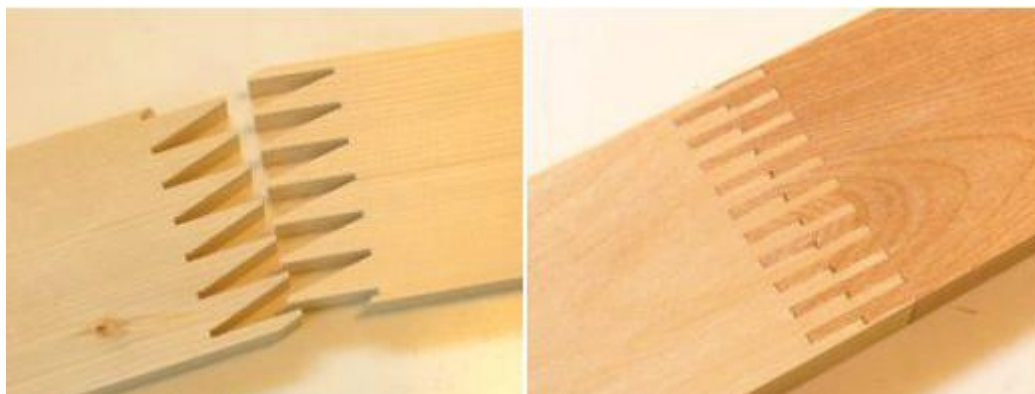


Fonte: Global Wood (2014).

### 3.2 – Painel de Madeira Colado Lateralmente (EGP)

O Painel de Madeira Colado Lateralmente, (EGP - *Edge Glued Panel*) é formado a partir de sarrafos da madeira serrada, os quais são colados lateralmente com ligação adesiva e pode possuir emendas ao longo de seu comprimento, chamadas de emendas de topo tipo *finger joint* (BRASIL, 2007) A seguir é ilustrado na Figura 9, uma emenda do tipo *finger joint*.

**Figura 9:** Emenda de topo tipo *finger joint*.



Fonte: Global Wood (2014).

As madeiras utilizadas para a confecção desses painéis provem de árvores de pequeno porte, como por exemplo, madeiras de desbastes ou até de resíduos da indústria, transformando-a em um produto mais valioso (REMADE, 2008).

Segundo a ABIMCI (2007), esses painéis são considerados produtos de maior valor agregado (PMVA), pois como o próprio nome já diz agrega valor ao produto primário, no caso os sarrafos de madeira.

Segundo Mayer (2008), a produção de painel de EGP tem seu ponto positivo, pois permite o aproveitamento de madeiras que possuam pequenos defeitos, resíduos de serrarias ou de outros setores, porém por esses painéis serem produzidos com árvores muito jovens elas possuem fibras de menor comprimento e espessura, e também menor massa específica do painel, resultando em menor rigidez e propriedades mecânicas inferiores se comparados com painéis produzidos com lenho adulto.

Macedo e Junior (2007), citam que normalmente as emendas dentadas são distribuídas em toda a extensão do painel, influenciando na sua resistência. Sendo por esse motivo imprescindível o conhecimento da resistência mecânica das emendas para seu bom funcionamento.

Segundo Prata (2010), a utilização do painel de EGP se dá principalmente na produção de móveis, portas, pisos, e também na construção civil. Sendo que em estudo setorial da ABIMCI (2007), a maior parte da produção de painel EGP é voltada para o mercado doméstico.

A maior parte da produção do painel de EGP é absorvida pelas indústrias do setor moveleiro nacional. O crescimento anual da produção do painel está em torno de 4% e as exportações vêm evoluindo a uma média anual de 30%, sendo seus principais destinos, Alemanha e Coréia (SILVA, 2014).

A norma regida para padronização da resistência desses painéis no Brasil é a EN – 13353 (2003), a qual especifica as exigências de qualidade da colagem, não tendo até o momento uma norma brasileira para regularização de tal procedimento.

### 3.2.1 – Processo produtivo do painel de EGP

Na produção dos painéis de EGP, primeiramente ocorre o desdobro da tora em tábuas e depois em ripas, porém elas não são homogêneas, afinal a madeira possui desvios de grã, nós, bolsões de resina, etc.; então em um equipamento de *scanner* essas ripas são seccionadas em sarrafos de acordo com esses pontos onde tem defeitos e os que não tem. Abaixo são apresentados da Figura 10 a 13 os sarrafos adequados para cada classe de uso.

**Figura 10:** Sarrafos considerados classe A.



Fonte: Soares (2014).

**Figura 11: Sarrafos classe B.**

Fonte: Soares (2014).

**Figura 12: Sarrafos classe C.**

Fonte: Soares (2014).

**Figura 13: Sarrafos impróprios para painéis de EGP comerciais.**

Fonte: Soares (2014).

E então eles são separados de acordo com sua qualidade em box, como apresentado abaixo pela Figura 14.

**Figura 14:** Box que separam os sarrafos



Fonte: Soares (2014).

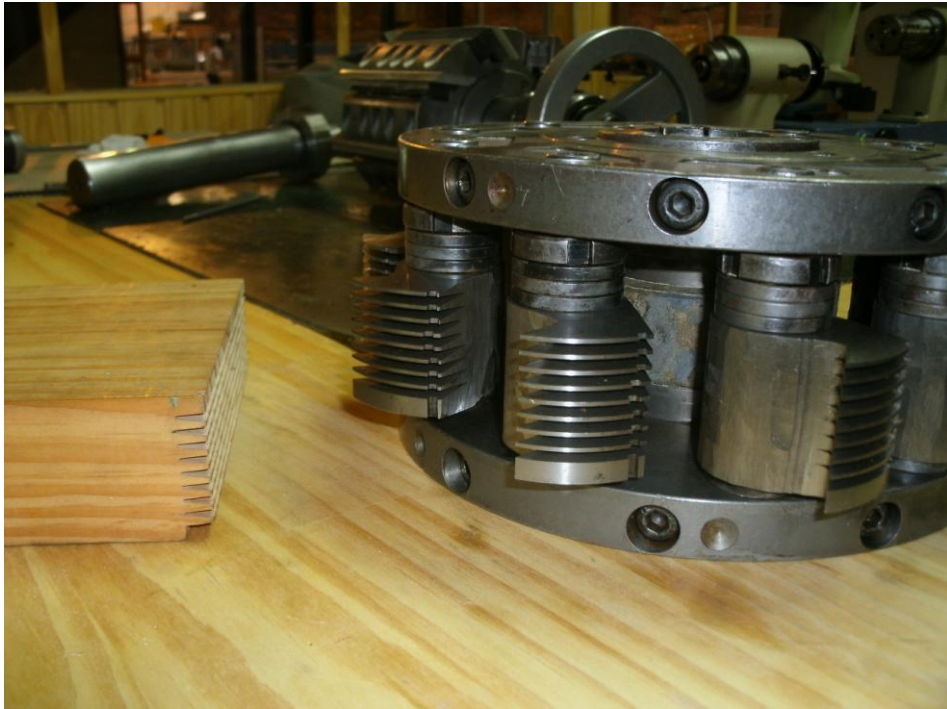
Para que se possa começar a etapa de colagem é necessário que se façam as emendas de *finger joint*, essa etapa de fazer a emenda e como ficam as ripas já unidas são ilustradas pela Figura 15 a 17.

**Figura 15:** Equipamento que confecciona os dentes na madeira.



Fonte: Bueno (2014).

**Figura 16:** Detalhe da fresa que faz a emenda de *finger joint*.



Fonte: Bueno (2014).

Dessa maneira as emendas de *finger joint* já podem ser unidas formando as ripas.

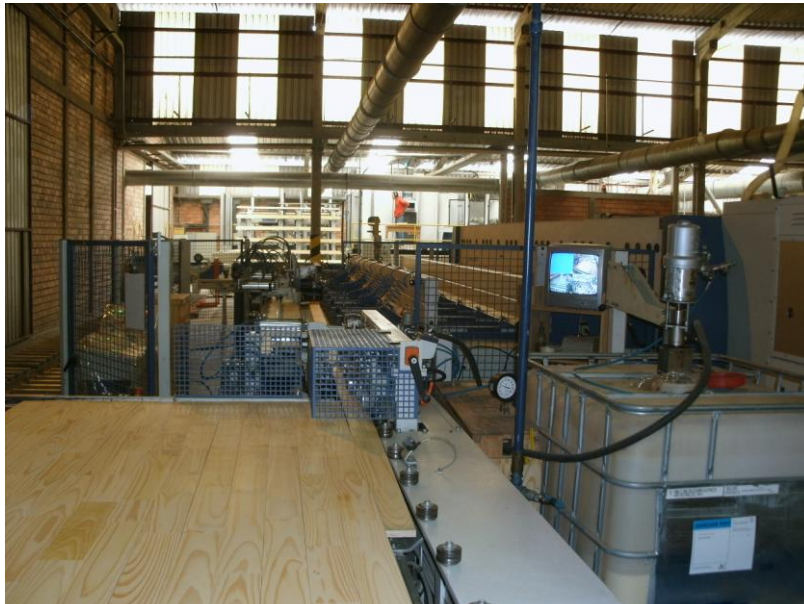
**Figura 17:** Ripas emendadas por *finger joint*.



Fonte: Bueno (2014).

Em seguida as ripas são coladas lateralmente, em uma prensa de alta frequência. Essas prensas de alta frequência são diferentes das convencionais devido a sua radiação eletromagnética onde há um aquecimento volumétrico que interage com todo o material e o calor é gerado no seu interior. Já nas prensas convencionais o calor é gerado na superfície e é transportado pela madeira até seu interior (Roussy *et al.*, 1995). Por isso as prensas de alta frequência são mais eficientes, pois são mais rápidas e possuem um aquecimento homogêneo e seletivo na linha de cola, evitando assim o aquecimento na madeira e suas possíveis variações dimensionais, sendo necessário apenas regulá-la para o ponto ótimo de colagem para cada necessidade. Segundo Pereira *et al.* (2005) a qualidade da colagem é melhorada quando se aumenta o tempo de prensagem, porém se ultrapassado seu ponto ótimo começa a aquecer a água existente na madeira, causando deformações. O procedimento de prensagem pode ser analisado nas Figuras 18 e 19.

**Figura 18:** Painéis a caminho da prensa de alta frequência.



Fonte: Bueno (2014).

**Figura 19:** Prensa de alta frequência.



Fonte: Bueno (2014).

Após a prensagem os painéis já estão prontos para serem embalados e aguardarem transporte, essas etapas podem ser vista nas Figuras 20 a 22.

**Figura 20:** Painel de EGP formado.



Fonte: Bueno (2014).

**Figura 21:** Painel de EGP sendo embalado.



Fonte: Bueno (2014).

**Figura 22:** Painel de EGP embalado pronto para comercialização.



Fonte: Bueno (2014).

### 3.3 – Espécies utilizadas na produção de painéis EGP

Atualmente o painel de EGP é produzido em sua maioria com a madeira de Pinus, podendo também ser produzido com outras espécies de madeira, como, Eucalipto, Teca e Imbuia (ALMEIDA, 2013).

A diminuição de florestas nativas ao redor do mundo e a necessidade de madeira como matéria-prima, tanto em escala industrial como comercial, alavancou as atividades de florestamento e reflorestamento. Sendo assim, a madeira de pinus passou a ser um dos gêneros mais procurados para a realização de plantios manejados e de rápido crescimento no Brasil, tal como o eucalipto. Das espécies de Pinus plantadas no Brasil, destaca-se *Pinus elliottii* Engelm, por apresentar viabilidade na produção de resinas, madeira serrada em geral, madeira roliça (postes e moirões), polpa e papel, e painéis laminados e particulados (CADEMARTORI, 2012).

Para a madeira de pinus, os plantios mais extensos foram estabelecidos nas Regiões Sul e Sudeste, com as espécies *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. Isto se deve, principalmente, por estas espécies apresentarem boa adaptação a estas regiões devido ao clima e ao tipo de solo (PRATA, 2006).

Segundo Rocha (2000), o eucalipto apresenta algumas vantagens com relação às espécies de pinheiros, porém, quando se trata de madeira como matéria-prima para a indústria de madeira sólida, o primeiro tem algumas desvantagens. As dificuldades apresentadas pelas espécies de eucalipto estão relacionadas com a qualidade da madeira que afetam o seu processamento e uso mecânico, tal como o encolhimento elevado, susceptibilidade ao colapso e à presença de crescimento e tensões.

Os plantios de rápido crescimento disponível atualmente no Brasil são além do gênero *Eucalyptus*, os plantios do gênero *Pinus* concentrados nas regiões sul e sudeste do país. Espécies tropicais deste gênero estão sendo estudadas a fim de expandir os plantios e disponibilizar estas espécies consideradas exóticas, aliviando a pressão de nossas florestas naturais (PRATA, 2010).

Ainda segundo o autor, as melhores espécies tropicais indicadas para colagem lateral em painéis sarrafeados e EGP são espécies que apresentam menor massa específica aparente, sendo elas o *Pinus chiapensis*, *Pinus c. hondurensis*, *Pinus maximinoi* e *Pinus oocarpa*. Já para a colagem de topo, a preferência é dada para as espécies de maior massa específica aparente, sendo elas, o *Pinus tecunumanii*, *Pinus caribaea hondurensis* e o *Pinus maximinoi*.

### **3.4 – Adesivos**

Segundo Iwakiri (2005), a utilização de adesivos pelo homem data de alguns milhares de anos, sendo que seu uso acentuou-se com o surgimento de máquinas de beneficiamento de madeira, e posteriormente, para a colagem de lâminas para produção de compensados.

Carneiro *et al.*(2001), cita que aproximadamente 70% dos produtos madeireiros consomem algum tipo de adesivo, e isso se deve pela crescente substituição da madeira por seus derivados, aumentando assim também a fabricação de adesivos sintéticos.

Segundo Iwakiri (2005) o processo de colagem envolve três elementos importantes: adesivo, aderente e adesão. Sendo que o adesivo é uma substância capaz de manter materiais unidos superficialmente, ou seja, substâncias com propriedades aderentes; aderente é o termo designado para indicar os sólidos unidos por adesivos; e adesão é um fenômeno o qual gera a interação entre superfícies sólidas e uma segunda fase, que consiste de partículas individuais como moléculas, pequenas gotas, pó, etc.

Adesivo é um termo genérico que designa uma categoria de produtos (colas, resinas, pasta, goma, cimento) cuja finalidade é prender, ligar ou juntar dois ou mais materiais. Em termos industriais, é toda substância com propriedades de aderir algo fortemente a um substrato igual ou diferente, formando uma ligação superficial forte e duradoura, e se desenvolve dentro de condições específicas, tais como calor, pressão e tempo (RECH,2007; CARDOSO JR, 2008 apud OSTAPIV, 2011).

De acordo com Iwakiri (2005), é necessário analisar todo um conjunto de fatores que influenciam em uma colagem adequada da madeira, para que ao fim do processo obtenha-se um produto de qualidade. E podem ser agrupadas em quatro grandes grupos:

- Características do adesivo
- Composição e características da madeira
- Procedimentos empregados na colagem
- Condições de uso do material colado

#### **3.4.1 – Características do adesivo**

A característica e qualidade do adesivo estão diretamente relacionadas a diversos fatores, onde pode-se destacar: a viscosidade, o tempo de gelatinização, teor de sólidos e o pH do adesivo. A seguir estes principais aspectos serão detalhados de modo a permitir uma melhor compreensão do processo de colagem.

Segundo Iwakiri (2005), a viscosidade é o quanto um líquido consegue resistir ao fluxo livre, ou seja, quão fluido ele é. Para a confecção de um painel é necessário que se tenha a

viscosidade adequada do adesivo, viscosidades muito altas pode gerar dificuldades no espalhamento do mesmo, havendo menor penetração do adesivo, gerando uma ligação fraca entre adesivo e madeira. Já a viscosidade abaixo da necessária, pode ocorrer uma absorção excessiva de adesivo pela madeira e gerar uma linha de cola “faminta”, gerando novamente uma ligação fraca, resultando em um painel de má qualidade.

O tempo de gelatinização pode ser medido em segundos, minutos ou horas, e corresponde ao período transcorrido do preparo do adesivo para aplicação, incluindo adição de catalisadores, extensores, entre outros; até o ponto de endurecimento, sendo esse o ponto de máxima elasticidade do adesivo. (IWAKIRI, 2005).

Ainda segundo o autor, o gel-time é muito importante para se saber a vida útil do adesivo, ou seja, quando o mesmo atinge seu ponto máximo admitido para sua aplicação.

Teor de sólidos é a quantidade de partículas sólidas do adesivo que efetivamente ficam após a prensagem, ou seja, quando ocorre o endurecimento do adesivo, a cura. O restante evapora, pois era água a qual é usada para auxiliar na penetração do mesmo (IWAKIRI, 2005).

Segundo Kollmann (1975), o pH influencia na solidificação de adesivos, diminuindo sua resistência na linha de cola, principalmente em materiais celulósicos, a madeira, e devem ser controlados.

Segundo Iwakri (2005), o pH tanto da madeira quanto a do adesivo devem ser analisadas, sendo que o pH do adesivo deve estar entre 2,5 a 11; valores fora dessa faixa podem resultar na degradação das fibras da madeira, além do aparecimento excessivo de espuma na mistura.

### **3.4.2 – Composição e características da madeira**

- Propriedades físicas da madeira

De acordo com vários autores, entre eles, Kollmann (1959) e Vital (1984), a densidade é uma das principais características para se qualificar uma espécie de madeira, sendo que existem mudanças entre elas, sendo necessário analisar intrinsecamente cada fator de uso individualmente.

Segundo Iwakiri (2005), a densidade da madeira é inversamente proporcional à sua porosidade, sendo assim madeiras com baixa densidade tem maior penetração de adesivos, podendo ocorrer linha de cola faminta. Ainda segundo o autor a densidade também pode influenciar as madeiras de maior densidade a terem alterações dimensionais quando submetidas a umidade, gerando altas tensões na linha de cola.

Autores como, Nock e Richter (1978) e Raknes (1982), afirmam que adesivos tendem a curar mais rápido em madeiras com baixos teores de umidade, pois tendem a penetrar mais na madeira se afastando da linha de cola.

A mudança do teor de umidade da madeira leva a instabilidade dimensional (retração e inchamento), resultando em linhas de cola com tensões, ineficientes. É inviável a colagem de madeiras no estado verde, com alto teor de umidade, ou com alta densidade devido ao alto coeficiente de contração (MARRA, 1992).

Variações dimensionais, que ocorrem após a cura do adesivo, contribuem para a deterioração das ligações adesivas, se em contato com água, pois aumentam a tensão da mesma (GASPAR et. al., 2005).

Segundo Prata (2010), se o painel pronto, for utilizado em uma região com alto teor de umidade, a madeira irá absorver essa umidade do ambiente até entrar em equilíbrio. Esse fator associado a uma média a elevada anisotropia resultará em deformações do painel, mesmo tendo sido tomadas as devidas precauções na produção do painel.

- Propriedades químicas da madeira

O pH da madeira é muito importante de se conhecer, para qualquer tipo de adesivo que irá ser usado, pois a madeira tem uma capacidade tampão muito forte, o qual pode interferir conforme meio ácido ou básico no material catalisado (ROWELL, 1995).

Segundo Iwakiri (2005), o pH elevado favorece o pré-endurecimento do adesivo, impedindo-o de fluir e penetrar na madeira de forma mais eficiente.

Morais et al. (2005), classifica os extrativos como componentes secundários, que não fazem parte da estrutura da parede celular, são substâncias solúveis em água e estão presentes principalmente na casca da madeira.

Os extrativos são substâncias fenólicas, as quais entre outras substâncias apresentam em sua composição, principalmente açúcares e gomas de alto peso molecular; e quanto maior essa quantidade de açúcares e gomas menor é a resistência apresentada nas linhas de cola dos painéis de madeira (PIZZI, 1994).

- Propriedades anatômicas da madeira

Segundo Marra (1992), o alburno é a parte viva da madeira, ou seja, possuem suas funções fisiológicas. Quando o alburno morre, ele é denominado de cerne e perde suas características, mudam sua coloração, perde sua permeabilidade, a umidade de equilíbrio é alterada, possui massa específica diferente, e seu comportamento na retração e inchamento também mudam, afetando assim todo o processo de colagem.

Segundo Iwakiri (2005), essas estruturas diferenciadas de lenho inicial e tardio, podem causar problemas na penetração do adesivo, resultando em uma linha de cola “faminta” ou “espessa”.

Prata (2010), relata que a porosidade tem uma relação inversa com a massa específica, portanto madeiras mais densas possuem menos poros ou poros menores, sendo assim costumam apresentar mais tilos ou alto teor de extrativos, diminuindo sua permeabilidade.

Segundo Iwakiri (2005), uma madeira mais porosa permite uma maior penetração do adesivo podendo resultar em uma linha de cola “faminta”, caso a madeira seja pouco porosa resultará em uma linha de cola “espessa”; ambas comprometem a qualidade da colagem, e podem ser adequadas com controle de viscosidade do adesivo.

A inclinação da grã pode afetar o movimento da umidade, a estabilidade dimensional, a resistência mecânica e condições de acabamento superficial. Sendo que na colagem da madeira com o adesivo a grã está diretamente relacionada com a porosidade (IWAKIRI, 2005).

Lenho de reação, corresponde ao lenho de compressão nas coníferas e lenho de tração as folhosas; apresentam alta instabilidade dimensional, podem também gerar tensões difusas na linha de cola, comprometendo a qualidade da ligação (IWAKIRI, 2005).

- Propriedades mecânicas da madeira

Quanto maior a resistência do adesivo, maior será a porcentagem de ruptura ou falha na madeira. Essa resistência é avaliada através de tensões de cisalhamento no plano da ligação e no sentido perpendicular ao adesivo, sendo que essas tensões podem ser geradas por fatores internos ou externos.

### **3.5 – Adesivo utilizado para cada classe de uso**

Segundo Iwakiri (2005), os adesivos podem ser classificados das seguintes formas:

- Adesivos naturais: de origem animal, vegetal, de amidos; éter celulósico e borracha natural.
- Adesivos sintéticos termoplásticos: polivinil/acetato; polivinil/acrilato; polietileno; poliestireno; borracha sintética.
- Adesivos sintéticos termoendurecedores/termofixos: uréia-formaldeído; melamina-formaldeído; fenol-formaldeído; resorcina-formaldeído; tanino-formaldeído; licor sulfito e isocianato.

Tabela 1 – Classificação dos adesivos segundo sua origem:

<b>Tipo de Adesivos</b>	<b>Origem</b>
Naturais	Amidos, dextrina e gomas vegetal
	Cola animal, feita de couro, tendões, ossos, cascos, peles de peixe
	Albumina de sangue solúvel (subproduto de matadouros)
	Caseína (coalhada de leite, cal e outros químicos)
	Proteína vegetal (farinha de soja, amendoins entre outros)
	Goma laca
	Borracha, borracha sintética.
Sintéticos	Asfalto
	Silicato de sódio, oxiclreto de magnésio, etc
	Termofixas (uréia, melamina, fenol, resorcinol, furano, epóxi)
	Termoplásticas (acrílico, poliamida, poliestireno, álcool polivinílico)

Fonte: Kollman (1975) – Tabela traduzida e adaptada por Prata (2010).

### 3.5.1 – Acetato de Polivinila (PVAc)

Os polímeros termoplásticos possuem como característica, a capacidade de ter reversão da cura, ou seja, podem ser fundidos, ou amolecidos quando submetidos à temperatura, podendo voltar a se solidificar quando resfriado, porém quando comparado ao polímeros termofixos, a longo prazo possuem menor resistência ao calor e a umidade (FIORELLI, 2002).

Segundo Bandel (1991), os adesivos vinílicos se enquadram nessa categoria de adesivo termoplástico, pois sua película adesiva é obtida a partir da ação de calor, conferindo-lhe aspecto plástico e sendo possível reverter o processo.

Ainda segundo o autor, a emulsão de PVAc é formada pela polimerização em água de monômeros de vinil; e é produzido em duas etapas: a primeira consiste em uma reação de oxidação entre etileno e ácido acético para produzir o acetato de vinil, produto líquido transparente e muito inflamável; na segunda etapa, o acetato de vinil é polimerizado em uma emulsão aquosa formando uma dispersão aquosa de poli (acetato de vinila).

Embora, em geral, adesivos de PVAc sejam usados principalmente em materiais celulósicos devido a sua adesão excepcionalmente boa para essas superfícies, a madeira pode ser ligada a borracha, espumas flexíveis e rígidas, de fibras sintéticas ou naturais, ou mesmo metal ou outras superfícies não porosas (PIZZI, 1983).

Por ser uma cola a base de água, as resinas PVAc apresentam vantagens como: facilidade e segurança no manuseio; inodoro; não inflamável; baixo custo; secagem rápida sob condições adequadas; fácil limpeza; estabilidade à estocagem (IWAKIRI, 2005).

Segundo a Frihart *et al.* (2010), os adesivos PVAc, apresentam características como sendo um líquido pronto para uso, de cor branco a castanho-claro ao amarelo, sendo que a interface de colagem apresenta-se incolor. Quanto à colagem em si, este líquido pode ser aplicado

diretamente na madeira, prensado em temperatura ambiente ou através de alta frequência, sendo que depois de colado, o produto apresenta alta resistência mecânica quando em ambiente seco, seu ponto crítico de utilização se dá em ambientes com altas temperaturas e alta umidade.

O PVAc é a resina mais utilizada pelas indústrias de painéis de madeira, e um dos motivos é devido a sua cura se processar à temperatura ambiente, diminuindo custos. É muito utilizado na manufatura de painéis colados lateralmente, *finger joint*, móveis, colagem de lâminas, entre outros. Porém devido a sua baixa resistência a umidade ficavam restritos ao uso interno. E então, com alterações químicas surgiram as resinas PVAc – termofixas, com polimerização e cura em prensas a quente e de alta frequência. Esta resina apresenta alto desempenho na colagem, com excelente resistência a água e a temperatura, podendo ser usados em ambientes externos (IWAKIRI, 2005).

A fixação dos substratos de madeira ocorre, principalmente, de forma mecânica obedecendo à seguinte seqüência de fenômenos físico-químicos: umectação das superfícies onde o adesivo é aplicado; penetração adequada nos substratos; secagem (perda de água) e cura (tempo necessário para que o adesivo fique sólido) (HAUBRICH et al, 2007).

### **3.5.2 – Características do Polivinil Acetato (PVAc)**

#### **3.5.2.1 – Viscosidade**

Segundo Iwakiri (2005), a viscosidade do PVAc à uma temperatura de 25°C, varia entre 6000cP a 8000cP.

Para Nock e Ritcher (1978), a cola PVAc, deve ser diluída em água para diminuição de sua viscosidade para trabalho, porém há também uma estreita relação da viscosidade com a temperatura utilizada. Ainda segundo os autores, a viscosidade da cola PVAc pode chegar a até 20000cP à temperatura ambiente.

#### **3.5.2.2 – Resistência**

O endurecimento do adesivo PVAc, está em função da temperatura necessária para a formação de uma película lisa e homogênea, a qual se forma através da eliminação da água do adesivo e formação de ligações entre as estruturas de acetato de polivinila (PRATA, 2006).

Segundo Bandel (1991) a temperatura mínima de formação de película pode variar de acordo com a formulação do adesivo, desde -1°C a 15°C, sendo que em geral, os adesivos vinílicos destinados a cura à quente tem uma temperatura mínima de formação de película de 10 a 15°C.

Segundo Nock e Ritcher (1978), a linha de cola endurecida do adesivo PVAc possui

características visco-elásticas, porém não são eficientes em carregamentos de longa duração.

### **3.5.2.3 – pH**

Segundo Marra (1992), o adesivo PVAc é ligeiramente ácido, apresentando-se em torno de 4,0 a 5,0 ( a 25°C); ainda segundo o autor essa acidez não interfere no processo de colagem da madeira, porém se em contato prolongado com o ferro pode ocasionar manchas e descolorações.

### **3.5.2.4 – Temperatura**

Segundo Pizzi (1983), devido ao adesivo PVAc ser um adesivo termoplástico, ele não possui boas resistências quando submetidos a altas temperaturas; porém para sua formação, durante a aplicação da linha de cola nos painéis, é necessário que se tenham altas temperaturas, pois fazem com que haja uma maior resistência de colagem; e já o contrario resultam em ligações fracas podendo resultar em falhas na ligação.

### **3.5.2.5 – Teor de sólidos**

Segundo Bandel (2001), quanto mais teor de sólidos tiver um resina mais rápida será sua cura, pois menos água haverá em sua formulação. Sendo assim a quantidade de sólidos em uma resina está diretamente relacionada com a formação da película adesiva.

O teor de sólidos do PVAc está em torno de 1g/1h/105°C, ou seja aproximadamente 51-55% (IWAKIRI, 2005).

## **3.6 – Qualidade da Colagem**

Segundo Haubrich et al. (2007), uma colagem eficiente é aquela que tem a capacidade de transferir tensões sem perder coesão e resistência. E ainda segundo o autor, de acordo com as normas internacionais, resistência tem relação com sua durabilidade quando em exposição à umidade e/ou água.

Abaixo é apresentada uma tabela segundo a Forest Products Laboratory (2009), com os adesivos adequados para cada condição de uso:

Tabela 2 – Adesivos adequados para cada classificação e ambiente de uso.

<b>Classificação dos adesivos</b>	<b>Ambiente de uso</b>	<b>Tipos de Adesivos</b>
Estrutural	Exterior	Fenol-formaldeído (FF)
		Resorcinol-formaldeído (RF)
		Fenol-resorcinol-formaldeído (FRF)
	Exterior Limitado	Emulsão polímero/isocianato
		Melamina-formaldeído (MF)
		Melamina-uréia-formaldeído (MUF)
		Isocianato
		Epóxi
		Uréia-formaldeído (UF)
Semi-estrutural	Exterior Limitado	Caseína
		Polivinil acetato “crosslinking”
		Poliuretano
Não Estrutural	Interior	Polivinil acetato (PVAc)
		Animal
		Soybean
		“Hot-melt”
		Amido

Fonte: F P Laboratory (1999) – Tabela traduzida e adaptada por Prata (2010).

Haubrich et al. (2007), cita que no Brasil a norma mais utilizada para classificar a qualidade da colagem do adesivo na madeira é a Norma Européia, EN-204, dividindo-a de acordo com sua durabilidade: D1, D2, D3 e D4.

Sendo que segundo a norma EN-204 (2001) a classe que exigem menor resistência é a D1, ou seja, são de uso para interiores; já o D4 exige maior resistência sendo, portanto utilizados para uso interior com exposição à umidade e uso exterior.

Tabela 3 – Classes de durabilidade e condições de aplicações.

<b>Normas</b>	<b>Classes de durabilidade</b>	<b>Condições de aplicação</b>
<b>Norma EN 204</b>	<b>D1</b>	Uso interior, teor de umidade do ambiente inferior a 15%.
	<b>D2</b>	Uso interior, teor de umidade do ambiente inferior a 18%.
	<b>D3</b>	Uso interior e exterior não diretamente exposto ao ambiente
	<b>D4</b>	Uso interior e exterior, exposto ao tempo com proteção.
<b>Norma ASTM D5751</b>	<b>TIPO I</b>	Uso não estrutural a úmido, em condições de umidade superior a 16%.
	<b>TIPO II</b>	Uso não estrutural a seco, em condições de umidade inferior a 16%.

Fonte: EUROPE NORMATIVE (2001) e ASTM (1996), adaptado por Iwakiri.

### 3.7 Estudos anteriores sobre painéis EGP

Segundo a ASTM D 5572 (1999), a resistência mínima exigida para a madeira (maciça) no teste de flexão é de 13,8 MPa.

Em estudos realizados por Prata (2010), o painel de EGP confeccionado com a madeira de *Pinus taeda* apresenta média de resistência à flexão estática de 33,19 MPa.

Segundo a Vital (2006), ensaios de cisalhamento na linha de cola em juntas coladas com PVAc de média viscosidade obtiveram um valor médio de 9,5 MPa, para a madeira de *Pinus elliottii*.

Para a norma ABNT NBR 7190/1997, os valores de resistência mecânica da madeira maciça de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* para a tração paralela às fibras, são de respectivamente 66,0 e 82,8 MPa.

Segundo Prata (2010), para o painel de EGP fabricado com *Pinus taeda* e adesivo PVAc a média encontrado para o teste de tração normal às fibras foi de 24,54 MPa.

A norma ASTM D 5572 (1999), tem como exigência mínima de resistência o valor de 13,8 MPa.

Em ensaios realizados por Lopes (2013), de acordo com a norma européia (EN – 205/2002), para a resistência média ao cisalhamento na linha de cola, em painéis de EGP fabricados com *Pinus elliottii* e adesivo PVAc de alta e média densidade, chegou-se a 5,41 MPa e 5,64 MPa respectivamente. Já para os painéis produzidos com *Pinus taeda* a média da resistência encontrada para cisalhamento na linha de cola foi de 7,20 MPa.

Segundo Prata (2010), o valor de resistência encontrado para a colagem lateral foi de 2,28 MPa, para o *Pinus taeda*. Ele cita ainda que esse valor está de acordo com o encontrado por Reis et. al. (1982), e Campos e Lahr (2007). O autor ainda explica que essa espécie de pinus sofre influências da gramatura de adesivo, pois possui baixos teores de extrativos permitindo assim que o adesivo penetre mais na madeira.

Segundo a norma ABNT NBR 7190/1997, a média de resistência ao cisalhamento para a madeira serrada de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* são respectivamente de 7,4 e 7,7 MPa.

## 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão apresentados os materiais utilizados no desenvolvimento do estudo e, posteriormente, as metodologias adotadas.

### 4.1. Materiais

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados painéis de EGP, classe A e classe C, doados por empresa local. Os painéis são comercializados pela empresa para uso na construção civil e indústria moveleira, especialmente voltados para a exportação.

Os painéis classe A apresentaram medidas de 1200 x 400 mm e os painéis classe C medidas de 1200 x 300 mm, ambos com espessura de 18 mm. Foram utilizados dois painéis de cada classe para a retirada dos corpos de prova. A Figura 23 apresenta os painéis classe A e classe C, respectivamente.

**Figura 23:** a) Painel de EGP classe A e b) Painel de EGP classe C, produzidos pela indústria local.



Os painéis utilizados foram produzidos com madeira de *Pinus elliotti* e *Pinus taeda* e colados com adesivo PVAc (poliacetato de vinila com ligações cruzadas) e classe de resistência D3 e D4. Os painéis produzidos na empresa tem as peças unidas ao longo do comprimento por ligações dentadas do tipo *finger joint*, e nessas ligações o adesivo utilizado é classe D3. A colagem lateral dos sarrafos é realizada em prensa de alta frequência com adesivo de classe D4, de acordo com o explicado anteriormente.

## 4.2 Métodos

Os ensaios realizados foram os de flexão estática, tração paralela às fibras e cisalhamento na linha de cola, sendo que a norma utilizada para os dois primeiros foi a ASTM D 5572/1999 e para o último foi feita uma adaptação das normas ASTM D 5751/1999 e a ABNT NBR 7190/1997. A seguir apresenta-se o procedimento adotado para a retirada das amostras para as caracterizações descritas anteriormente.

A partir dos painéis apresentados anteriormente foram retirados os corpos-de-prova para cada um dos 3 testes, ou seja, para o teste de flexão estática, teste de cisalhamento na linha de cola e teste de tração paralela às fibras. Sendo que para cada teste foram utilizados 24 corpos-de-prova, onde 12 eram painéis classe A e 12 painéis classe C. As Figuras 24 e 25 ilustram a sequência de retira dos corpos de prova.

**Figura 24:** a) Desdobro do painel em ripas. b) Aplainamento das ripas.



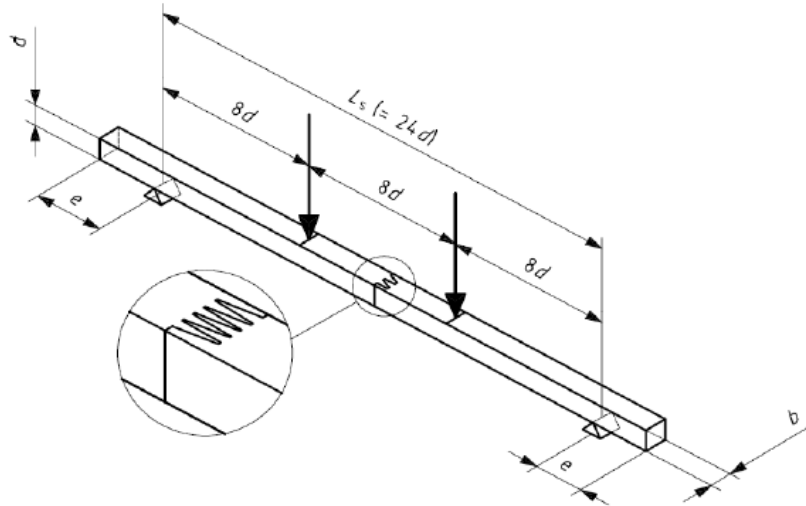
**Figura 25:** Confeção dos corpos de prova para os testes mecânicos.



#### 4.2.1 – Corpos de prova de flexão estática

A Figura 26 foi retirada da norma adotada (ASTM D 5572 / 1999) e mostra como deve ser feito o cálculo das dimensões do corpo de prova de acordo com a espessura do painel.

**Figura 26:** Esquema para retirada dos corpos-de-prova de flexão estática.



- $L_s$  comprimento dos corpos de prova entre os pontos de reação
- $b$  largura da junta vertical
- $d$  altura (espessura) do corpo de prova
- $e$  comprimento do corpo de prova além dos pontos de reação

Fonte: norma ASTM D 5572/1999.

Os corpos de prova para os testes de flexão estática foram retirados de acordo com a norma ASTM D 5572 / 1999, sendo que possuíam dimensões de 482 x 50 x 18 mm, como mostra Figura 27. Pode-se observar pela Figura 27 a diferença visual na qualidade dos painéis, pois os painéis classe A são totalmente isentos de defeitos e os painéis classe C já toleram a maior incidência dos mesmos.

**Figura 27:** a) Corpos de prova de flexão, EGP classe A e b) corpos de prova de flexão, EGP classe C.



#### 4.2.2 – Corpos de prova de tração paralela

Os corpos de prova para os ensaios de tração paralela foram tirados segundo a norma ASTM D 5572 / 1999, e possuem dimensões de 254 x 50 x 18 mm. Como mostra Figura 28 abaixo.

**Figura 28:** a) Corpos de prova de tração paralela às fibras de EGP classes A e b) corpos de prova de tração às fibras, EGP classe C.

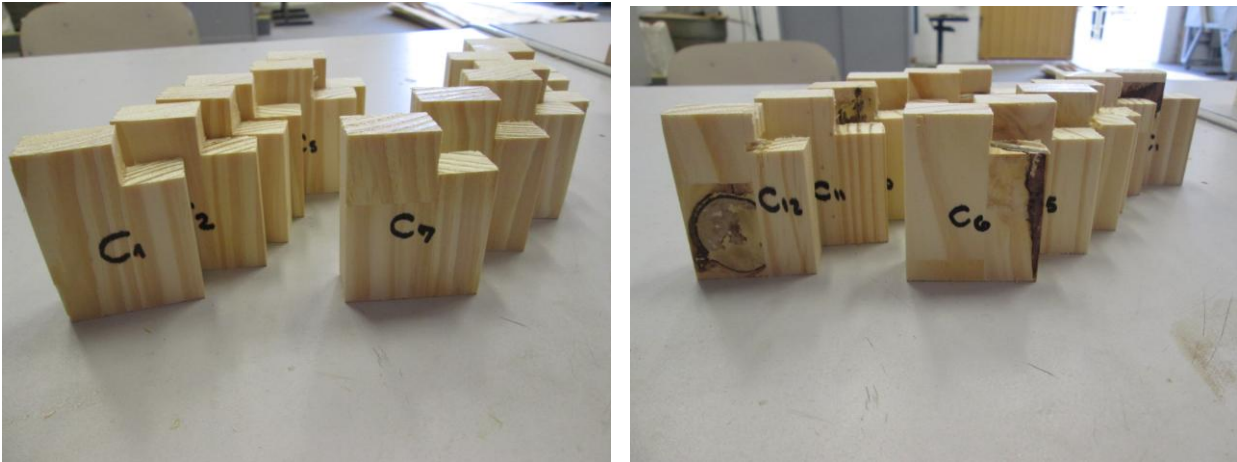


#### 4.2.3 – Corpos de prova de cisalhamento na linha de cola

Ressalta-se que para o teste de cisalhamento na linha de cola foi necessário realizar adaptação do tamanho do corpo de prova, pois o teste de cisalhamento visa obter a força de ruptura na linha de cola do painel, e pelo fato do experimento ter sido realizado com painéis comerciais, seus corpos de prova foram retirados de acordo com uma adaptação das normas ASTM D 5751/1999 e a ABNT NBR 7190/ 1997 para que se pudesse avaliar efetivamente a resistência na linha de cola, onde se supunha que ocorreria o cisalhamento. As amostras utilizadas para esse teste

apresentaram dimensões de 50 x 50 x 18 mm, e um dente de 5 mm (Figura 29).

**Figura 29:** a) Corpos de prova de cisalhamento, classe A e b) corpos de prova de cisalhamento, classe C.



Após a retirada dos corpos de prova realizou-se a determinação da densidade aparente dos painéis estudados de modo a verificar se existe alguma relação direta entre o desempenho mecânico dos painéis e a densidade dos mesmos. Para essa determinação utilizou-se as 6 amostras para o painel classe A e 6 amostras para o painel classe C, ambos retirados do teste de tração paralela às fibras.

#### 4.2.4. Realização dos testes mecânicos

- **Ensaio de Flexão estática**

O ensaio de flexão estática foi realizado em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC modelo DL300000N, com capacidade de 300kN, o carregamento realizado foi monotônico crescente a uma taxa de 10 MPa/min no centro da peça, a distância entre os apoios foi de 432 mm, como especificado em norma, ficando portanto 25mm de cada lado da peça fora dos apoios. O módulo de ruptura (MOR) foi calculado a partir da equação 1 e o módulo de elasticidade pela equação 2.

- Equação 1: Módulo de ruptura para ensaio de flexão estática, segundo ASTM D 5572/1999.

$$\text{MOR} = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Onde:

MOR: módulo de ruptura (MPa)

P: carga máxima aplicada (N)

L: comprimento de intervalo (mm)

b: largura do corpo de prova (mm)

d: espessura do corpo de prova (mm)

- Equação 2: Cálculo do módulo de elasticidade.

$$\text{MOE} = \frac{L^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4 \cdot b d^3 \cdot (a_2 - a_1)}$$

Onde:

MOE: Módulo de elasticidade (MPa)

$L^3$ : distancia entre os centros dos apoios (mm)

$(F_2 - F_1)$ : incremento de carga obtido no trecho linear da curva de deflexão,  $F_1$  deve ser de 10% e  $F_2$  igual a 40% do carregamento total (N)

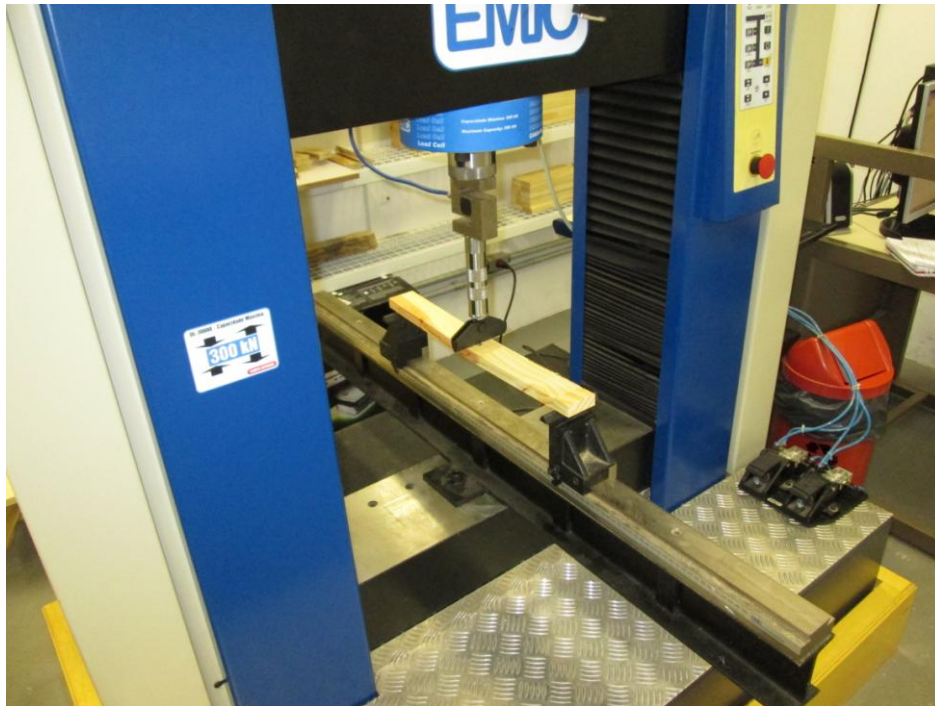
b: largura do corpo de prova (mm)

d: espessura do corpo de prova (mm)

$(a_2 - a_1)$ : incremento da flecha no meio da peça correspondente a  $F_2$  e  $F_1$ .

A Figura 30 ilustra o ensaio de flexão estática realizado.

Figura 30: Ensaio de flexão estática para a determinação de MOE e MOR.



- **Tração paralela**

O ensaio de tração paralela foi realizado em um máquina universal de ensaios da marca EMIC modelo DL300000N, com capacidade de 300kN, o carregamento realizado foi monotônico crescente a uma taxa de 10 MPa/min. O corpo de prova foi acomodado entre duas sapatas, ficando aproximadamente 25 mm dentro de cada lado das sapatas, as quais realizariam seu tracionamento. O módulo de ruptura foi calculado a partir da equação 3.

- Equação 3: Cálculo do modulo de ruptura segundo ASTM D 5572 / 1999.

$$\text{MOR} = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Onde:

MOR: módulo de ruptura (MPa)

P: carga máxima aplicada (N)

L: comprimento de intervalo (mm)

- b: largura do corpo de prova (mm)
- d: espessura do corpo de prova (mm)

A Figura 31 ilustra o ensaio de tração paralela às fibras para a determinação do MOR dos painéis classes A e C quando submetidos à força de tração.

**Figura 31:** Ensaio de tração paralela às fibras.



- **Cisalhamento na linha de cola**

O ensaio de Cisalhamento na linha de cola foi realizado em um máquina de ensaios universal da marca EMIC modelo DL300000N, com capacidade de 300kN, o carregamento realizado foi monotônico crescente a uma taxa de 2,5 MPa/min. Como especificado em norma, o corpo de prova é posicionado na região central do equipamento, na parte onde aplica-se força de compressão e, a amostra é posicionada em um degrau devido a existência do dente. A região onde existe o dente sofrerá a força de cisalhamento. A tensão de cisalhamento é obtida a partir da equação 4.

- Equação 4: Cálculo da resistência ao cisalhamento segundo ABNT NBR 7190/1997.

$$f_{gv} = \frac{F_{v0,m\acute{a}x}}{A_{gv,0}}$$

Onde:

$F_{v0,m\acute{a}x}$ : máxima força de cisalhamento aplicada (N).

$A_{gv,0}$ : área inicial da lâmina de cola do corpo de prova, em um plano paralelo às fibras ( $mm^2$ ).

A Figura 32 ilustra o ensaio de cisalhamento na linha de cola para a determinação da tensão de ruptura e, assim, avaliar a qualidade de colagem dos painéis.

**Figura 32:** Ensaio de cisalhamento.



Após os testes foram realizadas análises visuais das rupturas ocorridas na madeira, consistindo na identificação e posterior contagem de como se deu a ruptura, na madeira, na emenda de *finger joint*, no defeito da madeira; com o número total de amostras e as quantidades de defeitos em cada uma delas, foi calculada a porcentagem de falhas.

## 5 – RESULTADOS E DICUSSÕES

A densidade aparente nos painéis foi de 0,57 g/cm<sup>3</sup> para o painel classe A e 0,53 g/cm<sup>3</sup> para o painel classe C. Pode-se observar a partir desses valores que os painéis de melhor qualidade (classe A) apresentaram maior densidade aparente, tendo em vista que os defeitos redutores de material, são retirados do mesmo. Os painéis classe C apresentaram sempre grande incidência de nós, algumas bolsas de resina, fatores esses redutores de densidade.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos testes de caracterização realizados para os painéis classe A e classe C, a partir da metodologia descrita no item 4.

### 5.1 – Análise dos resultados obtidos nos testes de resistência mecânica

A Tabela 4 apresenta os valores médios para cada classe de painel em seus respectivos testes mecânicos realizados no laboratório e também, seus desvios padrões, valores normativos e encontrados na literatura obtidos para os testes mecânicos realizados em laboratório para cada um dos painéis estudados.

Tabela 4 – Análise dos resultados.

Análise de resultados dos painéis classe A e classe C									
Ensaio		Médias (MPa)		Desvio Padrão		Valores normativos (MPa)		Literatura (MPa)	
		classe A	classe C	classe A	classe C	classe A	classe C	classe A	classe C
Flexão	MOR	44,47	32,54	15,45	11,92	13,8	13,8	33,19	33,19
	MOE	9949	6954	1889	2455	-	-	-	-
Tração paralela às fibras		19,03	13,64	3,537	6,252	13,8	13,8	24,54	24,54
Cisalhamento na linha de cola		10,67	7,39	1,964	2,734	7,7	7,4	9,5	5,6

A partir dos resultados apresentados na Tabelas 4 observa-se que existe diferença entre as resistências dos painéis das classes analisadas. Todas as análises de resistência mecânica realizadas permitiram observar que os painéis EGP classe A foram sempre superiores aos painéis

classe C e, isso pode ser justificado pela qualidade da madeira utilizada na produção dos mesmos, ou seja, a ausência de defeitos proporcionou um painel mais resistente quando comparado ao painel classe C que apresentou os defeitos naturais da madeira.

Com base em estudos anteriores encontrados na literatura observa-se que os painéis classes A e C possuem maior resistência ao cisalhamento quando comparado aos valores obtidos por Prata (2010). Cabe ressaltar que os painéis produzidos por Prata (2010) foram fabricados em laboratório, utilizando prensa de alta-frequência, diferentes variações de madeira de Pinus e PVAc, porém não atingiu o mesmo desempenho dos painéis comerciais utilizados no presente estudo. Segundo estudo do autor, a resistência ao cisalhamento diminui com o aumento da massa específica da madeira, ou seja, menor permeabilidade do adesivo. No entanto, no presente estudo tal afirmação não foi comprovada, pois o melhor desempenho no cisalhamento foi conseguido com os painéis isentos de defeitos (classe A). Destaca-se ainda que o estudo citado utilizou procedimentos não industriais para a colagem das emendas dentadas (*finger joint*) e, sendo assim, a qualidade do painel certamente foi comprometida.

A resistência ao cisalhamento na linha de cola obtida por Lopes *et al.* (2013), encontra-se próxima ao encontrado no presente estudo, sendo que os painéis classe A apresentaram média de resistência superior, e os painéis classe C média de resistência inferior ao encontrado pelo autor. O estudo desenvolvido por Lopes *et al.* (2013) também utilizou madeira de pinus, em condições similares aos painéis comerciais estudados.

Para os valores médios de flexão estática pode-se constatar que os valores estão de acordo com os encontrados por Prata (2010), sendo que os painéis de classe A apresentaram média superior ao encontrado pelo autor e, os painéis classe C apresentaram média ligeiramente inferior ao encontrado pelo autor. Ainda segundo o autor quanto maior a densidade aparente do painel maior será sua resistência à flexão estática. A afirmação dada por Prata (2010) foi comprovada no presente estudo, onde o aumento da densidade aparente do painel proporcionou maiores valores de MOE e MOR garantindo painéis mais resistentes com melhores indicações para aplicações estruturais. Ambos os painéis, classe A e C, estão dentro da mínima resistência à ruptura exigida pela ASTM D 5572 / 1999 no teste de flexão estática que é de 13,8 MPa.

Analisando-se os resultados obtidos nos testes de tração paralela às fibras segundo os valores obtidos por Prata (2010), os painéis comerciais estudados, tanto classe A como classe C, apresentaram valores inferiores aos obtidos pelo autor. Porém segundo a ASTM D 5572 / 1999, ambos estão dentro da resistência mínima exigida.

## 5.2 – Análise visual dos tipos de rupturas para os testes mecânicos

A seguir serão descritos os tipos de rupturas verificadas durante os ensaios mecânicos. Foram observados quatro tipos básicos de ruptura, sendo: ruptura na emenda de *finger joint*, ruptura na linha de cola, ruptura na madeira e, por fim, ruptura nos defeitos da madeira, sendo que esse último ocorreu apenas nos painéis de classe C, ou seja, os painéis que apresentaram defeitos, como nós, bolsões de resina, entre outros.

### 5.2.1 - Flexão Estática

- **Painel de EGP classe A**

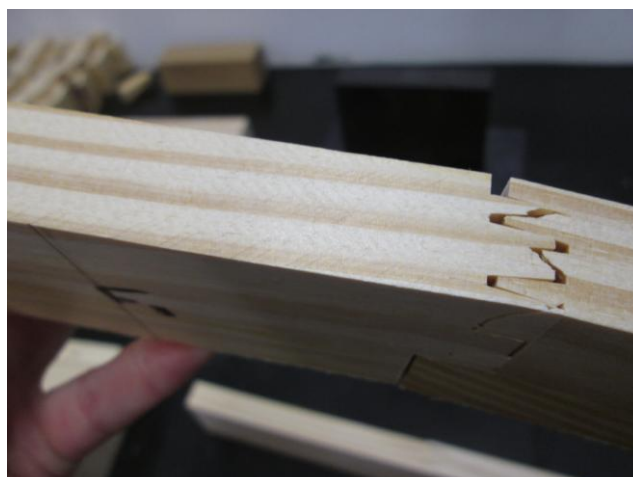
A Tabela 5 apresenta o tipo e a porcentagem de ruptura observada nos corpos de prova para o teste de flexão estática.

Tabela 5: Rupturas ocorridas no teste de Flexão estática, ensaio dos painéis de EGP classe A.

Rupturas no teste de flexão painel classe A	
Tipo de ruptura	Porcentagem (%)
Finger joint	50
Madeira	50

As Figuras de 33 a 35 mostram os principais tipos de rupturas que ocorreram nos ensaios de flexão estática para os painéis classe A.

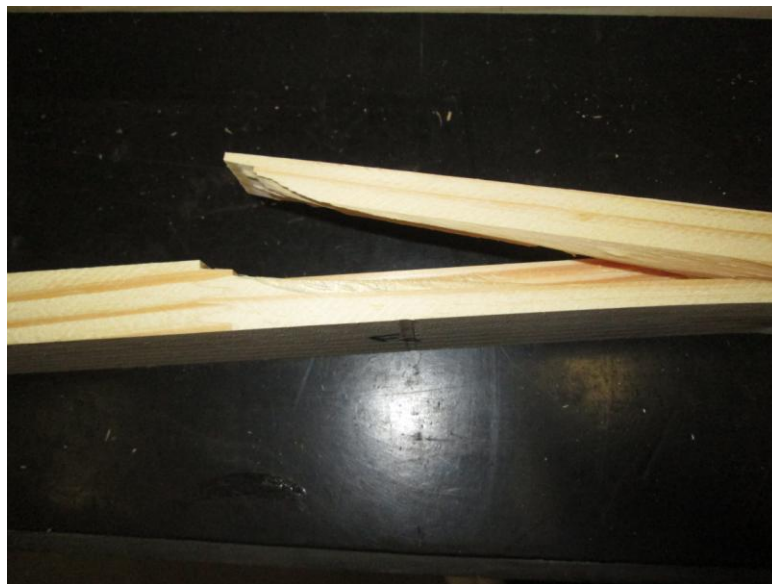
**Figura 33:** Ruptura na emenda tipo *finger joint*, painel classe A.



**Figura 34:** Ruptura na emenda de *finger joint*, painel classe A.



**Figura 35:** Ruptura na madeira, painel classe A.



A partir de uma análise das Figuras 33 a 35 e dos valores obtidos para o MOR na flexão dos painéis classe A, observa-se que a ruptura nas ligações *finger joint* foram mais resistentes.

- **Painel de EGP, classe C**

A Tabela 6 apresenta o tipo e a porcentagem de ruptura observada nos corpos de prova para o teste de flexão estática.

Tabela 6: Rupturas ocorridas no teste de Flexão estática, ensaio dos painéis de EGP classe C.

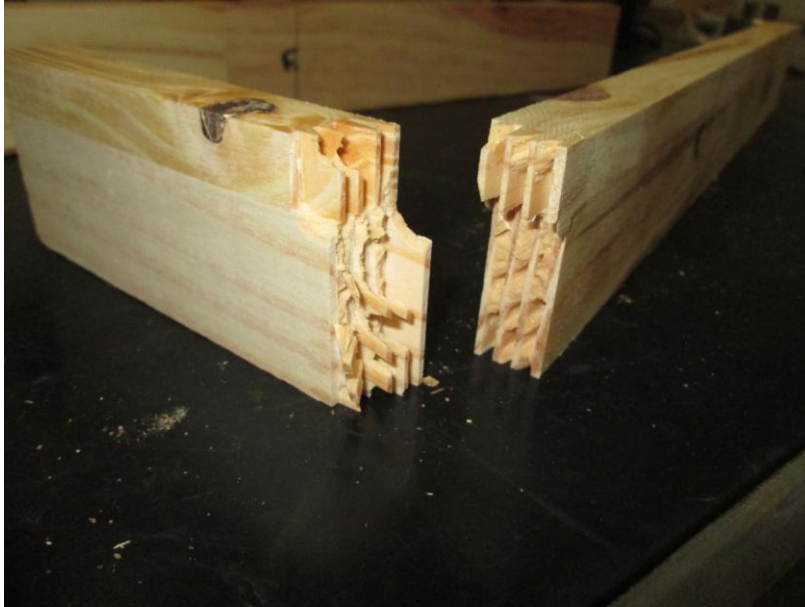
Rupturas no teste de flexão painel classe C	
Tipo de ruptura	Porcentagem (%)
Finger joint	58,4
Madeira	33,3
Defeito na madeira	8,3

As Figuras de 36 a 40 apresentam os tipos de rupturas que ocorreram durante o teste de flexão estática para o painel classe C.

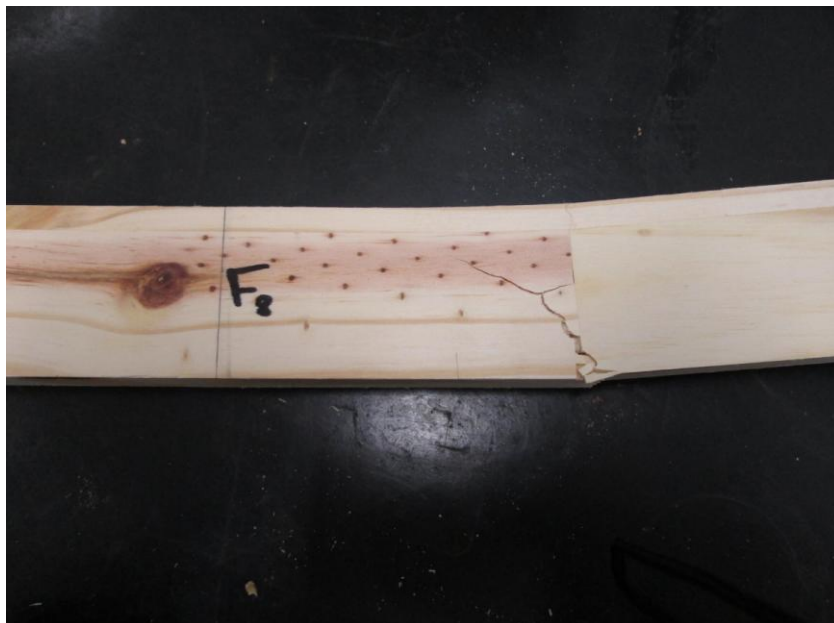
**Figura 36:** Ruptura na emenda de *finger joint*, painel classe C.



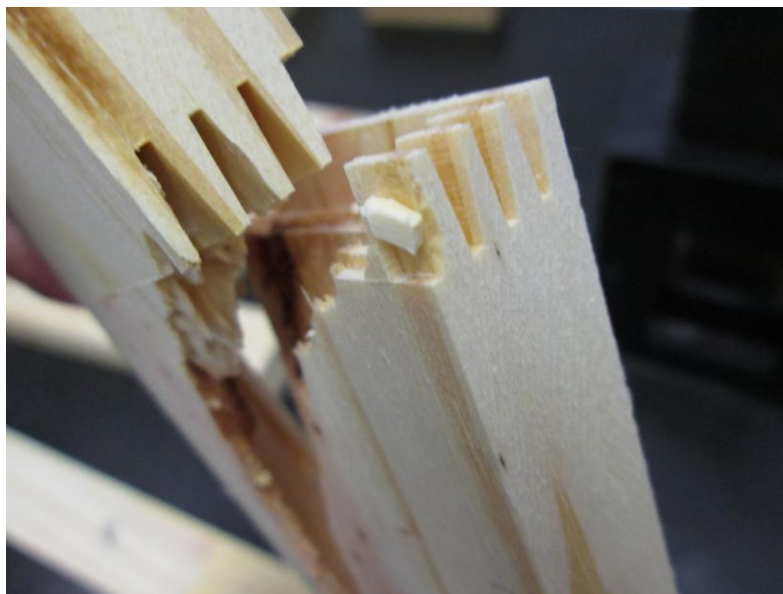
**Figura 37:** Ruptura inteira da emenda de *finger joint*.



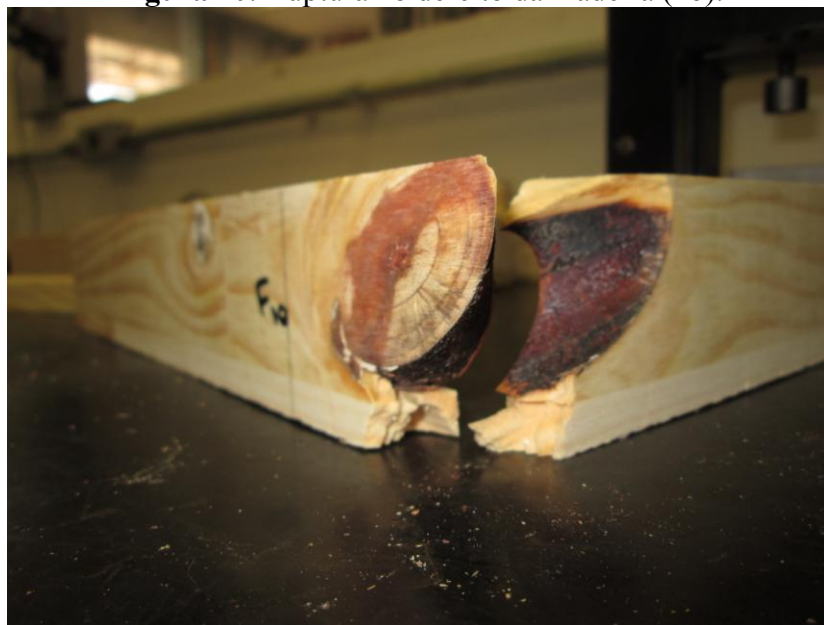
**Figura 38:** Ruptura na madeira.



**Figura 39:** Ruptura na emenda de *finger joint* e na madeira.



**Figura 40:** Ruptura no defeito da madeira (nó).



A partir de uma análise das Figuras 36 a 40 e dos valores obtidos para o MOR na flexão dos painéis classe C, observa-se que a ruptura nas ligações *finger joint* foram menos resistentes, como o esperado.

### 5.2.2 – Tração paralela

- Painel de EGP, classe A

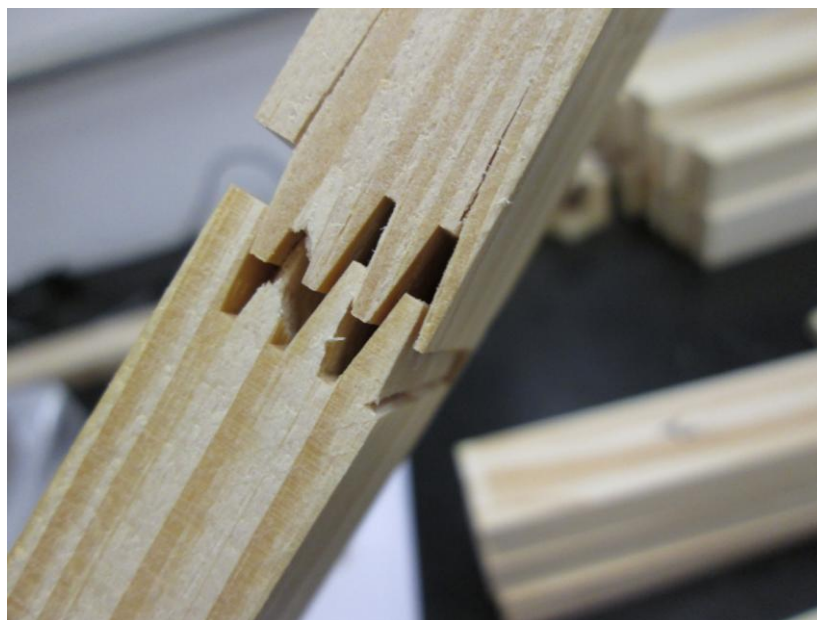
A Tabela 7 apresenta o tipo e a porcentagem de ruptura observada nos corpos de prova para o teste de flexão estática.

Tabela 7 – Rupturas ocorridas no teste de tração paralela às fibras painel classe A.

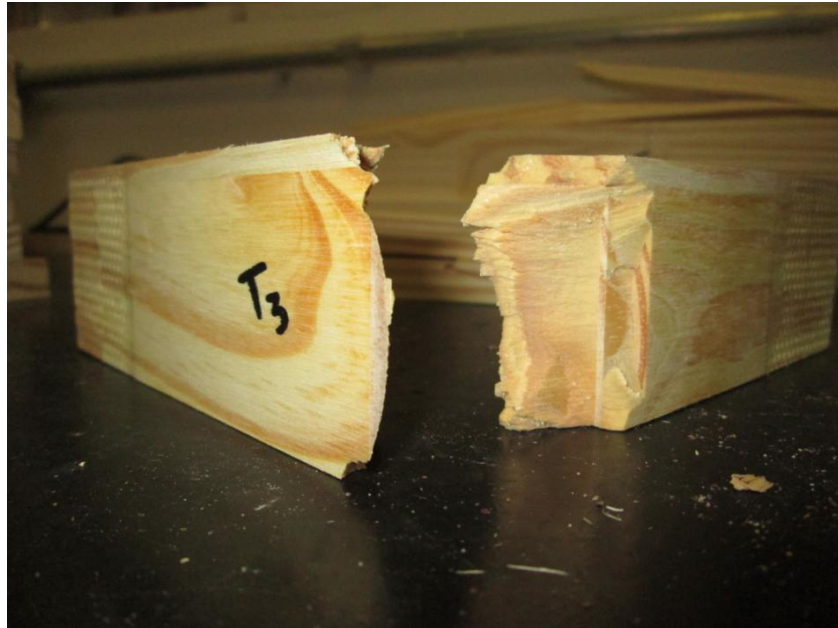
Rupturas no teste de tração painel classe A	
Tipo de ruptura	Porcentagem (%)
Finger joint	58,3
Madeira	41,7

As Figuras 41 a 44 abaixo, mostram as rupturas ocorridas durante o teste de tração paralela às fibras para os painéis de classe A.

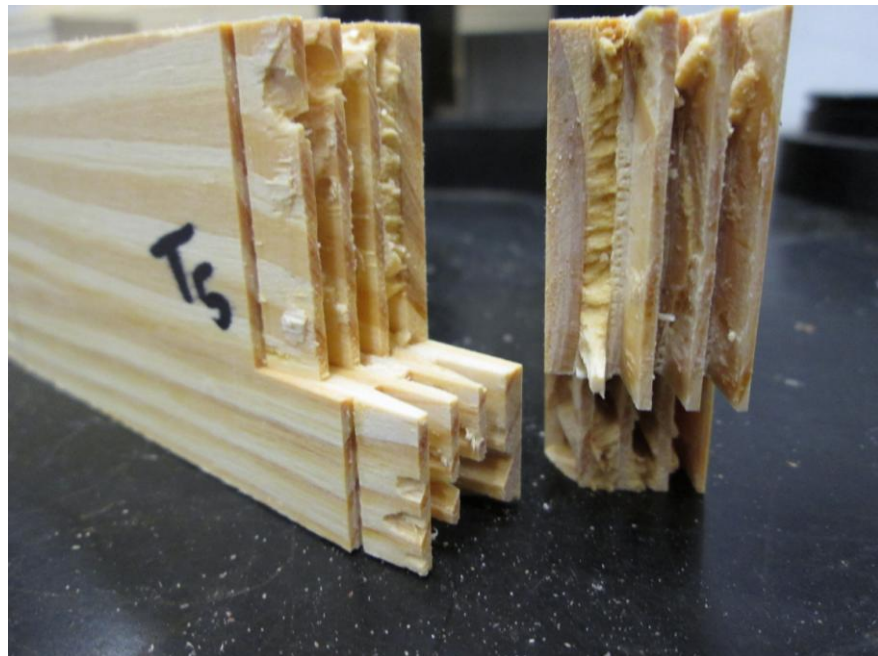
**Figura 41:** Ruptura na emenda de *finger joint*, na tração.



**Figura 42:** Ruptura na madeira.



**Figura 43:** Ruptura na emenda de *finger joint* inteira na tração



**Figura 44:** Ruptura na emenda de *finger joint* e na madeira no teste de tração.



A partir de uma análise das Figuras 41 a 44 e dos valores obtidos para o MOR na tração paralela às fibras dos painéis classe A, observa-se que a ruptura nas ligações *finger joint* foram mais resistentes.

- **Painel de EGP, classe C**

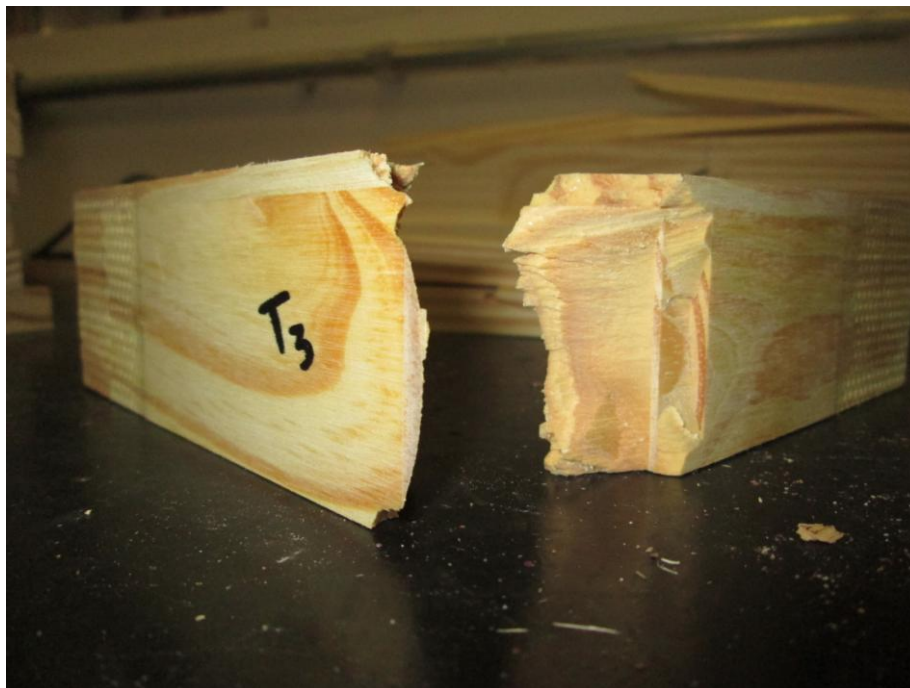
A Tabela 8 apresenta o tipo e a porcentagem de ruptura observada nos corpos de prova para o teste de tração paralela às fibras para o painel classe C.

Tabela 8 – Rupturas ocorridas no teste de tração paralela às fibras em painéis classe C.

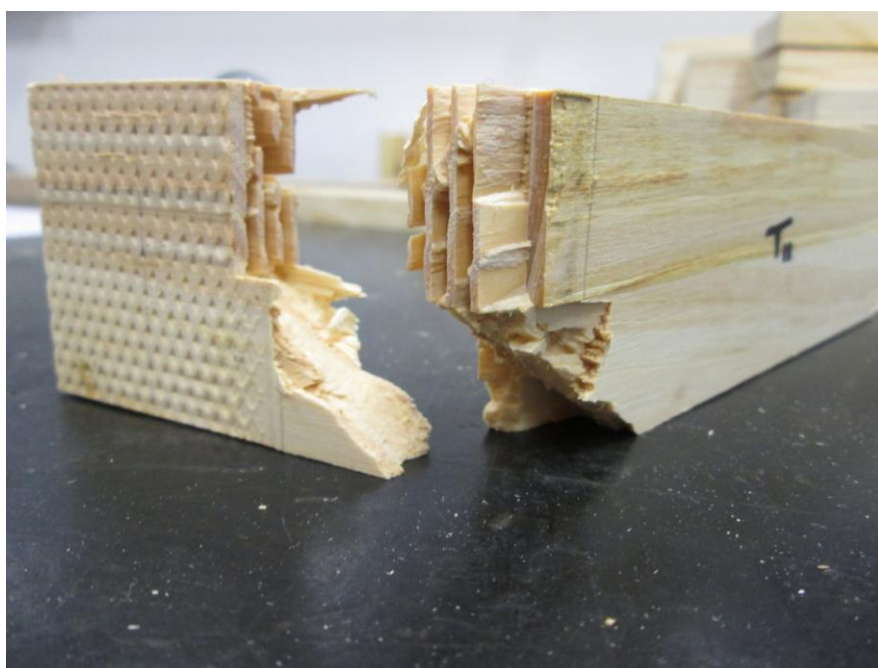
Rupturas no teste de tração painel classe C	
Tipo de ruptura	Porcentagem (%)
Finger joint	58,4
Madeira	33,3
Defeito na madeira	8,3

As Figuras 45 a 47 mostram as rupturas no teste de tração paralela para os painéis classe C.

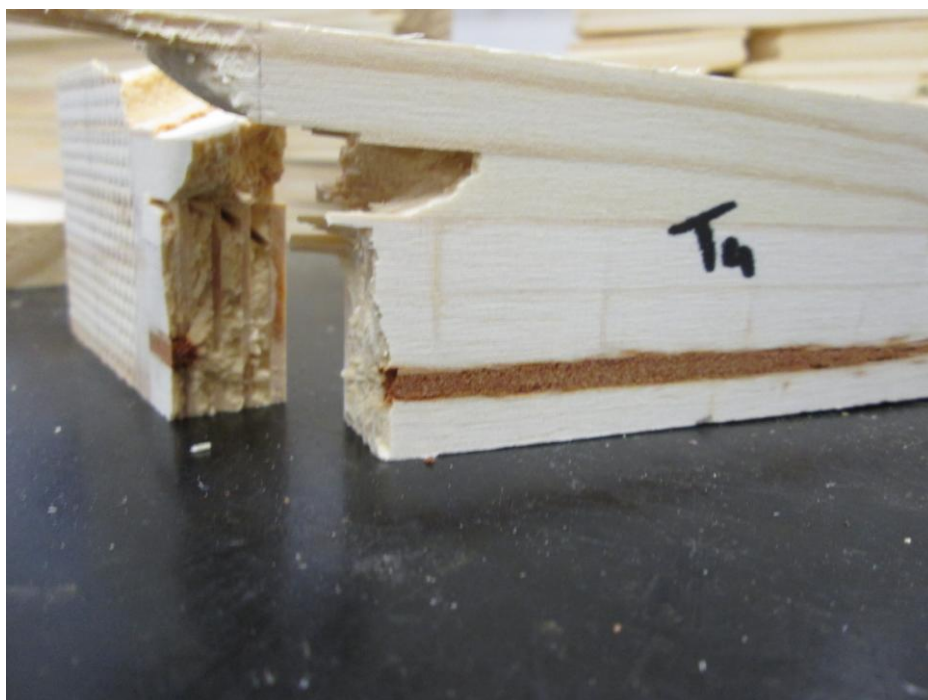
**Figura 45:** Ruptura na madeira no teste de tração.



**Figura 46:** Ruptura na emenda de *finger joint* dentro da sapata.



**Figura 47:** Ruptura na emenda de *finger joint* e na madeira.



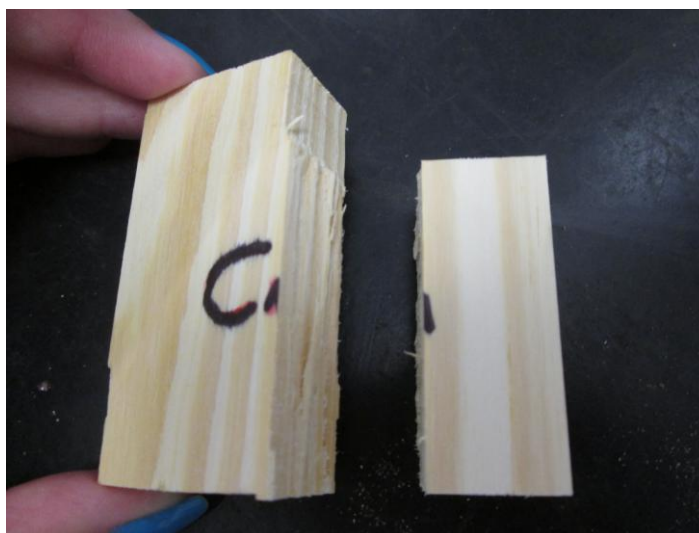
A partir de uma análise das Figuras 41 a 44 e dos valores obtidos para o MOR na tração paralela às fibras dos painéis classe C, observa-se que a ruptura nas ligações *finger joint* foram menos resistentes, como o esperado devido à presença de defeitos naturais da madeira.

### 5.2.3 – Cisalhamento na linha de cola

- **Painel de EGP, classe A**

Abaixo estão apresentadas as imagens referentes ao teste de cisalhamento na linha de cola para os painéis classe A, Figuras 48 a 50.

**Figura 48:** Ruptura na linha de cola, painel classe A.



**Figura 49:** Ruptura na emenda de *finger joint*, painel classe A.



**Figura 50:** Ruptura na madeira, painel classe A.



A partir de uma análise das Figuras 48 a 50 e dos valores obtidos para o MOR no cisalhamento na linha de cola dos painéis classe A, observa-se que a ruptura nas linhas cola foram mais acentuadas, principalmente quando na mesma existiam emendas do tipo *finger joint*, porém assim mesmo apresentaram maior resistência mecânica quando comparados com os painéis classe C.

- **Painel de EGP, classe C**

As imagens abaixo são as do teste de cisalhamento na linha de cola dos painéis classe C, Figuras 51 a 54.

**Figura 51:** Ruptura na linha de cola, painel classe C.



**Figura 52:** Ruptura no defeito na madeira (nó), teste de cisalhamento.



**Figura 53:** Ruptura na emenda de *finger joint* e no defeito da madeira.



**Figura 54:** Ruptura na linha de cola com nó ao lado.



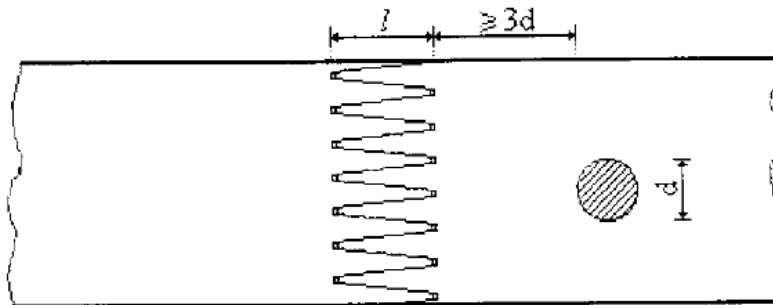
A partir de uma análise das Figuras 51 a 54 e dos valores obtidos para o MOR no cisalhamento na linha de cola dos painéis classe C, observa-se que a ruptura nas linhas de cola foram mais recorrentes, sendo que as mesmas foram acentuadas quando possuíam próximas as ligações defeitos naturais da madeira ou ainda ligações *finger joint*, levando a resultados inferiores aos obtidos nos painéis classe A.

### 5.3. Considerações finais sobre os resultados obtidos nos testes mecânicos

Pode-se analisar pelos ensaios mecânicos que grande parte das rupturas ocorreram nas emendas do tipo *finger joint*, as quais segundo Macêdo (2007), são realmente pontos crítico e possuem menor resistência que a madeira maciça.

Para se obter uma emenda do tipo *finger joint* de boa qualidade e resistências adequadas é importante que se tomem cuidados como não usar madeira da medula, pois possuem menor resistência; e deve-se também evitar defeitos da madeira perto das emendas; para nós o adequado é de uma distância de três vezes o diâmetro do nó (RAKNES, 1982).

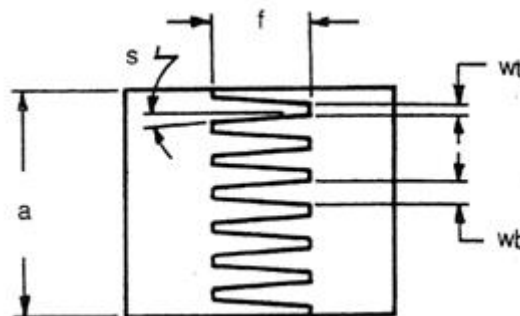
**Figura 55:** Distância mínima entre extremidade do dente e nó.



Fonte: Rankes (1980).

Com esse resultado de maior número de rupturas na emenda seria necessário também analisar se as dimensões do dente estão de acordo com o especificado em norma, como mostra a Figura 55.

**Figura 56:** Dimensões da emenda e dos dentes.



Código	Dimensões, pol. (mm) <sup>d</sup>	Graus
a	1.312 (33.32)	...
f	0.250 (6.25)	...
wt	0.047 (1.19)	...
wb	0.092 (2.34)	...
S (Inclinação)		5°

Fonte: ASTM D 5572/1999.

Outros fatores além do dimensionamento adequado dos dentes da emenda, são a gramatura do adesivo que está sendo utilizado na região da colagem, o qual segundo Iwakiri (2005), em estudo com painéis EGP de *Pinus taeda* apresentou melhores resultados com gramaturas de 170, 190 e 210 g/m<sup>2</sup> com adesivo PVAc. Outro fator importante é o tempo de prensagem do painel, onde deve-se verificar se o mesmo se encontra nos pontos ótimos das variáveis do processo, como temperatura da prensagem, teor de umidade da madeira e as condições de trabalho do adesivo.

## 6 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados e analisados no item anterior pode-se concluir que os painéis comerciais estudados atendem as especificações das normas vigentes. Destaca-se ainda que estudos anteriores de painéis EGP produzidos com madeira de pinus e adesivo PVAc apresentaram resultados inferiores ou similares aos obtidos para os painéis comerciais classes A e C.

Pode-se verificar a partir dos resultados dos ensaios mecânicos que existe diferença de desempenho estrutural entre as classes de qualidade dos painéis, ou seja, os painéis classe A com maior densidade apresentaram valores de MOE e MOR na flexão, resistência ao cisalhamento na linha de cola e resistência na tração paralela superiores aos apresentados pelos painéis classe C. Isso era esperado, pois, os defeitos naturais da madeira não são excluídos nos painéis classe C, o que realmente compromete o desempenho do mesmo. No entanto, as diferentes aplicações a serem dadas aos painéis, tanto classe A como classe C permitem que os mesmos sejam utilizados sem comprometimento de desempenho, pois pode-se designar os usos mais adequados aos painéis a partir de suas classes com base das resistências dos mesmos.

Nas considerações finais já foi constatado que a maioria das rupturas ocorreram na união de *finger joint*, pois as emendas são regiões de concentração de tensão e influenciam no resultado final obtido. Uma hipótese para melhorar a resistência nessa região seria usar o adesivo D4, o qual possui maior resistência, diferentemente do que é usado atualmente o adesivo D3.

Como já mencionado na análise de resultados diversos fatores podem ser estudados de forma mais detalhada e analisados visando um melhor desempenho dos painéis como por exemplo: análise das ligações *finger joint* no que diz respeito ao tamanho do dente, gramatura de cola ou ainda pressão aplicada na união das peças dentadas. No que diz respeito ao processo produtivo dos painéis sugere-se que análises quanto ao temperatura de prensagem, gramatura do adesivo e qualidade do mesmo, qualidade da madeira utilizada, entre outros podem ser ajustados de modo a melhorar ainda mais o desempenho dos painéis produzidos comercialmente.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190** : Projeto de Estruturas de madeira. São Paulo, 1997.

AGLOMERADO de madeira. Disponível em: <<http://aguedaplaca.com/website/pt/produtos/aglomerado/cru>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

ALMEIDA, Vanessa Coelho. **Avaliação do Potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente - EGP**. 2013. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION. **Engineered wood products primer awareness guide**. Washington: American Wood Council, 2006. Disponível em: <<http://www.woodaware.info/PDFs/EWPPrimer.pdf>>. Acesso em: 28 out 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA MECANICAMENTE PROCESSADA. **Estudo setorial 2007**: indústria de madeira processada mecanicamente, ano base 2006. Curitiba, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2008**: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2007. Curitiba, 2008. 52p.

ASTM 5572 - **Standard Specification for Adhesives Used for Finger Joints in Nonstructural Lumber Products**. 23p. West Conshohocken, United States. 1999.

ASTM 5751 - **Standard Specification for Adhesives Used for Laminate Joints in Nonstructural Lumber Products**. 18p. West Conshohocken, United States. 1999.

BANDEL, A. **Adhesivos y Tecnologia del Encolado en la Industria de La Madera**, 288p. Milano, 1991.

BRASIL. Antonio Márcio Buainain. Secretaria de Política Agrícola (Comp.). **Série Agronegócios: Cadeia Produtiva de Madeira**. 6. ed. Brasília: Editora Qualidade, 2007. 81 p.

BUENO, Mateus. **Relatório de estágio/ Painéis EGP**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <[ana.fogaca@grad.itapeva.unesp.br](mailto:ana.fogaca@grad.itapeva.unesp.br)>. em: 21 out. 2014.

CADEMARTORI, Pedro Henrique Gonzalez de et al. Qualidade da madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm. procedente de florestas resinadas. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, dez. 2012.

COMPESADO Multilaminado. Disponível em: <[http://www.madeirama.com.br/produto.php?get\\_id=134](http://www.madeirama.com.br/produto.php?get_id=134)>. Acesso em: 15 out. 2014.

COMPENSADO Sarrafeado. Disponível em: <<http://www.macopa.com.br/>>. Acesso em: 15 out. 2014.

EUROPEAN STANDARD. **DIN EN - 13353**: Solid Wood Panel (SWP). 10p. Germany: 2003.

EUROPEAN STANDARD. **DIN EN – 204**: Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications. 6p. Germany: 2001.

FIORELLI, J., **Utilização de Fibras de Carbono e de Fibras de Vidro para Reforço de Vigas de Madeira**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Instituto de Química e Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2002.

FOREST PRODUCTS LABORATORY, **Technical Note Number F-2**, Madison, Wisconsin USA, 1999. 2p.

FRIHART, Charles R.; HUNT, Christopher G. U.S. PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: Adhesives with Wood Materials Bond formation and Performance**. 100. ed. Madison, Wisconsin: United State Department Of Agriculture, 2010. 509 p.

GASPAR, F.; CRUZ, H.; NUNES, L.; GOMES, A. **Fabrico de Estruturas Lameladas-Coladas com Madeira de Pinho Bravo Tratada em Autoclave**. 5º Congresso Florestal Nacional, Viseu, 2005.

GONÇALVES, M. T. T., **Processamento da madeira**, USC, Bauru, SP – 2000.

HAUBRICH, J.L.; GONÇALVES, C.; TONET, A. **Adesivos Vinílicos Apresentam Soluções para Madeira**. Revista da Madeira, n.103, p.66-70 Curitiba, PR, 2007.

IWAKIRI, Setsuo. **Painéis de Madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 254 p.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Spring-Verlag, 1975. v.2. 703p.

LOPES, Merielen de Carvalho et al. Resistência da linha de cola de painéis de *Pinus taeda* colados lateralmente com diferentes adesivos . **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p.613-619, dez. 2013.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.

MACÊDO, A.N.; CALIL JUNIOR, C. Fadiga em juntas dentadas em madeira laminada colada. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 9, n. 37, p. 95-126, 2007.

MAYER, R.D.; **Utilização de Painéis Colados Lateralmente de Eucalipto na Confecção de Móvel Valorizado pelo Design**. Monografia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MORAIS, Sérgio Antônio Lemos de et al. **ANÁLISE DA MADEIRA DE Pinus oocarpa: ESTUDO DOS CONSTITUINTES MACROMOLECULARES E EXTRATIVOS VOLÁTEIS**. R. Árvore, Viçosa, v. 3, n. 29, p.461-470, abr. 2005.

NOCK, H. P., RICHTER, H. G.; **Adesão e Adesivos – Adesivos e sua aplicação na indústria madeireira**. Tópicos de Tecnologia da Madeira. Universidade Federal do Paraná, 94p. , Curitiba, 1978.

OSTAPIV, Fabiano. **Resistência mecânica do material compósito: madeira de Eucalipto-lâmina de bambu.** 2011. 148f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Guaratinguetá, 2011.

PAINEL de HDF. Disponível em: <<http://www.luciomarcasilho.com.br/fabrica-de-hdf-high-density-fiberboard>>. Acesso em: 15 out. 2014.

PAINEL de LVL. 2009. Disponível em: <<http://portaldamadeira.blogspot.com.br/2009/11/lvl-laminated-venner-lumber.html>>. Acesso em: 15 out. 2014.

PAINEL de OSB. Disponível em: <[http://br.freepik.com/fotos-gratis/osb-um-painel-de-madeira\\_357137.htm](http://br.freepik.com/fotos-gratis/osb-um-painel-de-madeira_357137.htm)>. Acesso em: 15 out. 2014.

PAINEL de Madeira EGP. Disponível em: <<http://www.globalwood.com.br/noticias/painel-de-madeira-egp/>>. Acesso em: 15 out. 2014.

PAINEL de Waferboard. Disponível em: <<http://portuguese.alibaba.com/product-gs/packing-osb-304869412.html>>. Acesso em: 15 out. 2014.

PEREIRA, J.; CARVALHO, L.; MARTINS, J.. **Determinação do tempo de prensagem óptimo de placas de madeira por alta-frequência.** 5º Congresso Florestal Nacional, Viséu, 2005.

PIZZI, A. **Wood adhesives: Chemistry and technology.** Marcell Dekker; 364p. New York, 1983.

PIZZI, A., **Advanced Wood Adhesives Technology,** Dekker, New York, 1994.

PRATA, José Guilherme. **Desempenho de um Sistema de Qualidade em uma Fábrica de Painéis Compensados.** 101 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PRATA, José Guilherme. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panel – EGP).** 2010. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RAKNES, E.; **The Influence of Production Conditions on the Strength of Finger-Joints, Production, marketing and use of finger-jointed sawnwood.** Forestry Sciences – p.282,. Hague, Holanda. 1982.

RECH, M. **Colagem da madeira.** Coleção Cartilhas Moveleiras. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007.

REMADE, MADEIRAS - **PMVA - Produtos de Maior Valor Agregado.** Disponível em <[http://www.remade.com.br/madeira\\_pmva.php?num=2&title=EGP](http://www.remade.com.br/madeira_pmva.php?num=2&title=EGP)>. Acessado em 16/09/2014. Revista da Madeira. Curitiba, 2008.

ROCHA, MP. **Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como fontes de matéria prima para serrarias.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 185 p. 2000.

Roussy G., J. A. Pearce, “Foundations and Industrial Applications of Microwaves and Radio Frequency fields: Physical and Chemical Processes”, John Wiley & Sons Ltd, England (1995).

ROWELL, R. M., **Chemical Modification of Wood for Improved Adhesion in Composites**. Wood Adhesives. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, USA, p.56-60. 1995.

SILVA, J.S. **Madeira de eucalipto: Desafios e Oportunidades**. Disponível em: <<http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Palestras/Palestra-06.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2014.

SOARES, M. S. **Relatório de estágio/ Painéis EGP**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <[ana.fogaca@grad.itapeva.unesp.br](mailto:ana.fogaca@grad.itapeva.unesp.br)>. em: 21 out. 2014.

VITAL, B.R. et al. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de Eucalyptus grandis cultivada na região do cerrado de Minas Gerais**. Brasília: IBDF,1984. p. 41-52.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de eucalyptus grandis, eucalyptus saligna e pinus elliottii. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p.1-2, ago. 2006.