

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO

**PRODUÇÃO DE PAINEL COMPENSADO PARA USO EXTERIOR COM
MADEIRAS DE PARICÁ E EMBAÚBA.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JOÃO FÁBIO MACHADO

IRATI – PR

2016

JOÃO FÁBIO MACHADO

**PRODUÇÃO DE PAINEL COMPENSADO PARA USO EXTERIOR COM
MADEIRAS DE PARICÁ E EMBAÚBA.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Éverton Hillig

Orientador

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Co-orientador:

IRATI – PR

2016

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

MACHADO, João Fábio.

M149p Produção de painel compensado para uso exterior com madeira de paricá e embaúba / João Fábio Machado. – Irati, PR : [s.n.], 2016.
78 f.

Orientador: Prof. Dr. Éverton Hillig

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

Área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais.

Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Schizolobium amazonicum.
3. Cecropia palmata. 4. Tanino formaldeído. 5. Fenol. I. Hillig, Éverton.
II. Watzlawick, Luciano Farinha. III. UNICENTRO. IV. Título.

CDD 634.98

TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa Nº 98

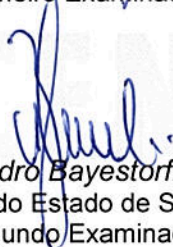
João Fábio Machado

“Produção de painel compensado para uso exterior com madeiras de Paricá e Embaúba”

Dissertação aprovada em 23/09/2016 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:



Dr. Setsuo Iwakiri
Universidade Federal do Paraná
Primeiro Examinador



Dr. Alexandro Bayestorff da Cunha
Universidade do Estado de Santa Catarina
Segundo Examinador



Dr. Éverton Hillig
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Irati - PR
2016

À minha esposa Ana Karina R. R. Machado
À minha filha Maria Carolina R. Machado
Ao meu filho Rafael Roseira Machado

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto Do Universo por me permitir alcançar todos os meus objetivos.

Ao professor Dr. Éverton Hillig pela orientação, paciência, amizade e ensinamentos, mesmo a distancia se mostrou presente e disposto a me ajudar.

Ao professor co-orientador Dr. Luciano Farinha Watzlawick pelo apoio e disposição.

Ao Eng.º Rubens Vieira Xavier, pelos ensinamentos, pela amizade da qual me orgulho e pela oportunidade de trabalharmos juntos nas Indústrias Madeirit SA, onde tive minhas primeiras experiências na área de processamento de madeira.

Ao Eng.º Marco Antônio Siviero, presidente da ADECO compensados, pela amizade e apoio com informações técnicas.

Aos meus pais, João Machado Filho (*In memoriam*) e Maria da C. M. Machado (*In memoriam*), que sempre me ensinaram a agir com retidão.

Aos meus irmãos Antônio Alberto Machado (*In memoriam*) e José Eustáquio Machado pelo muito que me ajudaram e apoiaram, e a minha irmã Ana Maria Machado pelo carinho e apoio.

À Srta. Median de Pardo pelo apoio nas atividades industriais.

Aos colaboradores da ADECO Compensados pelo auxílio nas atividades industriais.

Às Eng.ª Sabrina Benmuyal e Ghaby Berbeian pela ajuda na colheita das árvores de paricá e embaúba.

À empresa AZF compensados pela doação das lâminas de pinus.

À empresa FV de Araújo pela doação da resina fenólica.

À empresa TANAC pela doação da resina de tanino.

À empresa ADECO Compensados pela doação das toras e por me permitir, sem restrições, a utilização do parque industrial.

Ao meu amigo Ezequiel Bednarczuk pela ajuda na confecção dos painéis e pela disposição em ajudar sempre que precisei, obrigado pela amizade que construímos.

Aos meus amigos, Erick Mustefaga e Everton Lorenzetti Tavares pelo auxílio nas atividades de laboratório.

À estagiária do laboratório de propriedades da madeira, Luciane Spivackowski que me auxiliou nos ensaios.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste, aos professores, estudantes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

Sumário

Lista de figuras	i
Lista de tabelas	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. Descrição das espécies	5
3.1.1. Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex. Ducke).....	5
3.1.2. Embaúba (<i>Cecropia palmata</i> Willd.)	8
3.1.3. Pinus (<i>Pinus elliottii</i>)	11
3.2. Setor de painéis de madeira reconstituída e de processamento mecânico no Brasil.....	12
3.3. Qualidade da madeira para fabricação de painel compensado multilaminado ...	15
3.4. Etapas do processo de fabricação de painéis compensado.....	17
3.4.1. Cozimento das toras	17
3.4.2. Laminação	18
3.4.3. Secagem das lâminas	19
3.4.4. Aditivos.....	20
3.4.4.1. Adesivo Fenol - Formaldeído - (FF).....	20
3.4.4.2. Adesivo Tanino - Formaldeído - (TF).....	20
3.4.4.3. Extensor	21
3.4.5. Montagem do painel e prensagem.....	22

4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1. Madeiras utilizadas.	25
4.2. Determinação da densidade básica	28
4.3. Laminação das toras de paricá e embaúba	29
4.3.1. Rendimento da laminação	30
4.3.1.1. Conicidade	30
4.3.1.2. Diâmetro sem casca	31
4.3.1.3. Volume de lâminas	32
4.3.1.4. Cálculo das Perdas	32
4.4. Secagem das lâminas	33
4.5. Classificação das lâminas	33
4.6. Planejamento experimental	34
4.7. Preparo dos adesivos	35
4.8. Montagem, Assemblagem e prensagem dos painéis	36
4.9. Preparo dos corpos de prova	38
4.10. Ensaio	40
4.10.1. Densidade aparente (NBR 9485)	40
4.10.2. Teor de umidade (NBR 9484)	40
4.10.3. Absorção de água (NBR 9486)	41
4.10.4. Inchamento e inchamento residual (NBR 9535)	41
4.10.5. Flexão Estática (NBR 9533)	42
4.10.5.1. Cálculo da velocidade de carregamento	43
4.10.5.2. Determinação do Módulo de Elasticidade (MOE) em Flexão Estática	43
4.10.5.3. Determinação da tensão de Ruptura (MOR) em Flexão Estática	43
4.10.6. Qualidade de colagem (NBR ISO 12466-1- NBR ISO 12466-2)	44
4.11. Análise estatística	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

5.1. Densidade básica da madeira	47
5.2. Rendimento em laminação.....	47
5.3. Classificação das lâminas.....	50
5.4. Propriedades físicas dos painéis	52
5.4.1. Espessura, densidade aparente e teor de umidade	52
5.4.2. Estabilidade dimensional	54
5.4.2.1. Análise da Absorção d'água	56
5.4.2.2. Análise do inchamento e o inchamento residual.....	56
5.5. Propriedades mecânicas.....	57
5.5.1. Flexão estática.....	57
5.5.2. Resistência ao cisalhamento na linha de cola e falha na madeira.....	61
5.5.2.1. Contra capa (CC)	61
5.5.2.2. Miolo central (MC).....	64
6. CONCLUSÕES.....	67
7. RECOMENDAÇÕES.....	69
8. REFERÊNCIAS	70

Lista de figuras

Figura 1: Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex. Ducke) exibindo sapopema.	6
Figura 2: Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex. Ducke) na idade adulta.	7
Figura 3: A Embaúba (<i>Cecropia palmata</i> Willd.).	9
Figura 4: Fotomicrografia do corte transversal da madeira de <i>Cecropia palmata</i> Willd.. 10	
Figura 5: Histórico da produção e consumo de painéis de madeira reconstituída no Brasil, 2002-2012.	13
Figura 6: Histórico da produção e consumo de compensados no Brasil, 2002-2012.	14
Figura 7: Histórico de exportação de compensado de pinus e tropical no Brasil, 2007-2014.	15
Figura 8: Identificação das árvores de paricá e embaúba antes do corte.	26
Figura 9: Árvores de embaúba e paricá transformadas em toras.	26
Figura 10: Identificação das toras de paricá (A) e embaúba (B) no pátio.	27
Figura 11: Discos das madeiras para determinação da densidade básica.	28
Figura 12: Sequência de etapas para determinação da densidade da madeira.	29
Figura 13: Toras de paricá e embaúba depositadas para medição do diâmetro e comprimento.	31
Figura 14: Lâmina de 1,30 m aproveitamento de 1,74m devido à retirada dos defeitos... 34	
Figura 15: Lâminas de madeira de paricá classificadas.	34
Figura 16: Diagrama de montagem dos painéis combinados paricá/embaúba e embaúba/paricá na proporção 55,6%/44,4%.	37
Figura 17: Etapas de aplicação da cola e prensagem dos painéis.	37
Figura 18: Plano de corte dos corpos de prova.	38
Figura 19: Corpos de prova na câmara de climatização.	39
Figura 20: Corpo de prova sendo submetido a um ensaio de flexão estática.	42
Figura 21: Esquema mostrando as medidas e acessórios usados para o ensaio de flexão estática.	44
Figura 22: Gráfico de rendimento para as espécies de paricá e embaúba.	49
Figura 23: Classificação das lâminas segundo as normas da ABNT para madeiras de coníferas e folhosas.	51

Lista de tabelas

Tabela 1: Parâmetros para cozimento de toras em função da densidade.....	18
Tabela 2: Requisitos para teor de umidade em lâminas.	19
Tabela 3: Informações Geográficas e características dendrométricas das árvores.....	27
Tabela 4: Delineamento experimental.....	35
Tabela 5: Participação dos insumos na batida de cola.....	36
Tabela 6: Normas da ABNT utilizadas para avaliação da qualidade de painéis compensados multilaminados.....	39
Tabela 7: Requisitos para tensão de ruptura e falha na madeira.	45
Tabela 8: Densidade básica média da madeira das espécies utilizadas.....	47
Tabela 9: Dados de dimensões das toras e variáveis de rendimento do processo de laminação.....	48
Tabela 10: Valores médios por tratamento para espessura, densidade aparente e teor de umidade dos painéis.	52
Tabela 11: Valores médios por tratamento para, absorção d'água, inchamento e inchamento residual dos painéis.	54
Tabela 12: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados de absorção d'água, inchamento e inchamento residual dos painéis.	56
Tabela 13: Valores médios por tratamento para o módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na direção perpendicular e paralela dos painéis.....	57
Tabela 14: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na direção paralela e perpendicular.	59
Tabela 15: Valores médios por tratamento para tensão de cisalhamento e falha na madeira por tratamento na contra capa para o ensaio a úmido.....	61
Tabela 16: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira na contra capa.....	62
Tabela 17: Interação do tipo de adesivo com a composição de lâminas nos resultados de falha na madeira para o ensaio a úmido na contra capa.	63
Tabela 18: Influência da composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira na contra capa.....	63
Tabela 19: Valores médios por tratamento para tensão de cisalhamento e falha na madeira por tratamento no miolo central.....	64
Tabela 20: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira no miolo central.	64
Tabela 21: Interação do tipo de adesivo com a composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento para o ensaio a úmido no miolo central.....	65
Tabela 22: Interação do tipo de adesivo com a composição de lâminas nos resultados de falha na madeira para o ensaio com fervura no miolo central.....	65
Tabela 23: Influência da composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira no miolo central.....	66

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica de utilização das madeiras de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e embaúba (*Cecropia palmata* Willd.) para produção de lâminas, e compensados de uso externo, utilizando dois tipos de adesivos e diferentes composições de lâminas. As árvores de paricá e de embaúba foram coletadas em uma área de floresta plantada a partir do enriquecimento de clareira no município de Dom Eliseu no estado do Pará. As lâminas de pinus foram doadas por uma empresa situada no município de Irati, estado do Paraná. Determinou-se a densidade básica das madeiras através da norma NBR11941/2003, avaliou-se o rendimento da laminação das espécies paricá e embaúba e a qualidade das lâminas das três espécies, através das normas para classificação de painéis de madeira compensada de folhosa e conífera (NBR/ABNT 2426, 2006). Os painéis com dimensões (60x60cm) foram produzidos em laboratório e utilizaram madeiras puras das três espécies, e duas combinações entre as espécies paricá e embaúba, totalizando cinco composições coladas com os adesivos, fenol-formaldeído (FF) com 35,3% de sólidos, tanino-formaldeído (TF) com 43,9% de sólidos e gramatura de 145 g/m² em linha simples. As propriedades tecnológicas dos painéis foram avaliadas de acordo com as recomendações descritas nas normas ABNT. Como resultados, tem-se: (i) as densidades básicas das espécies, sendo 0,42 g/cm³ para o pinus, 0,37 g/cm³ para a embaúba e 0,28 g/cm³ para o paricá; (ii) o rendimento em lâminas para o paricá foi de 80,03% e o da Embaúba 46,37%; (iii) a maior quantidade de lâminas para as espécies paricá e embaúba foram obtidas na classe II, e para o pinus na classe IV; (iv) os painéis produzidos com adesivo fenol-formaldeído apresentaram melhores resultados de colagem; (v) os painéis produzidos com madeira de embaúba e adesivo fenol-formaldeído, tanto puro como em combinação com a madeira de paricá, apresentaram propriedades tecnológicas satisfatórias para uso exterior; (vi) em geral verificou-se neste estudo que a embaúba com paricá e embaúba pura, como sendo as melhores composições, e o melhor adesivo para os painéis foi o fenol formaldeído, pois o tanino não apresentou bom desempenho na gramatura em que foi utilizado.

Palavras chave: *Schizolobium amazonicum*; *Cecropia palmata*; Tanino formaldeído; Fenol formaldeído.

Abstract

This study aimed to assess the technical feasibility of using wood paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) and embaúba (*Cecropia palmata* Willd.) for veneer and plywood for external use, using two types of adhesives and different wood veneer compositions. Paricá and embaúba trees were collected in a forest area planted from clearing enrichment in the municipality of Dom Eliseu in the Pará state. The pinus veneer were donated by a company in the municipality of Irati, Paraná State. It was determined the wood basic density by means of the standard NBR11941 / 2003, the yield was evaluated paricá and embaúba species lamination and the veneer quality of the three species by means of the standards classification of hardwood and coniferous plywood panels (NBR / ABNT 2426 (2006)). The panels, with dimensions (60x60cm), were produced in the laboratory and used pure wood of three kinds, and two combinations of the paricá and embaúba species, totaling five compositions glued with adhesives, phenol-formaldehyde (FF) with 35.3% solids, tannin-formaldehyde (TF) with 43.9% solids and a weight of 145 g/m² in single line. The panels technological properties were evaluated according to the recommendations described in the relevant standards. As a result, we have: (i) the species basic densities was 0,42 g/cm³ for pinus, 0,37 g/cm³ for embaúba and 0,28 g/cm³ for paricá; (ii) the yield of paricá venners was 80,03% and of embaúba venners was 46,73%; (iii) the highest amount of paricá and embaúba species venners were identified in class II and for pinus venners in class IV; (iv) the panels produced with Phenol-formaldehyde adhesive performed better bonding; (v) the panels made from embaúba wood and Phenol-formaldehyde adhesive, either neat or in combination with paricá wood, showed satisfactory technological properties for outdoor use; (vi) generally we found in this study that the embaúba with paricá and pure embaúba, as the best compositions, and the best adhesive for the panels was Phenol-formaldehyde because the tannin not performed well in the weight that was used.

Keywords: *Schizolobium amazonicum*; *Cecropia palmata*; Tannin-formaldehyde; Phenol-formaldehyde.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com os números divulgados pela Indústria Brasileira de Árvores - IBA, o Brasil apresenta aproximadamente 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas. Os plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* ocupam aproximadamente 92,4% dessa área, sendo os restantes 7,6%, ocupados com plantios de espécies não convencionais como acácia, araucária, pópulus, teca, seringueira e paricá (IBA, 2015). O paricá, também conhecido como pinho-cuiabano, é uma espécie nativa da Amazônia e apresenta características adequadas à laminação e à produção de compostos de madeira.

O paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e a embaúba (*Cecropia palmata* Willd.), são espécies de crescimento rápido, e vários estudos mostram o potencial de cada uma para a atividade industrial, sobretudo, na indústria de laminados e compensados. O paricá também tem se mostrado como uma espécie que apresenta bons resultados no rendimento em laminação. Estas vantagens são confirmadas por Siviero (2006) e, acrescenta que, o rendimento em lâminas chega a ser de 80%, contra os 55% em média se comparado com outras espécies utilizadas da floresta nativa.

Tanto o paricá como a embaúba, por serem madeiras de baixa densidade, apresentam vantagens como a facilidade de laminação, menor esforço sobre o equipamento, durabilidade das ferramentas cortantes, melhor colagem, além de propiciar painéis mais leves o que facilita a movimentação na obra. Outros pontos importantes a destacar para as duas espécies é a ausência quase que total de nós, devido à característica de desrama natural, rápido crescimento, significando uma vantagem competitiva quando comparadas com outras madeiras tropicais.

Segundo Melo (2012), o paricá apresenta algumas características físicas que o coloca em posição de destaque na atividade industrial, como facilidade no descascamento, secagem rápida, ausência de nós e a facilidade de ser processada sem pré-tratamento térmico na etapa de laminação. Para Carvalho (2007), é uma madeira de fácil trabalhabilidade, porém suscetível ao ataque biológico, recomendando aplicações de agentes preservativos. Almeida et al. (2013) concluíram que a sua madeira, apesar de ter menor densidade que a madeira do gênero pinus, possui resistência a compressão paralela superior.

Estudos sobre o uso da madeira de embaúba como matéria prima florestal ainda são poucos e tem dado ênfase a produção de celulose. Segundo Lorenzi (2009), a

Cecropia glaziovvi apresenta densidade básica de 0,41 g/cm³, possui tronco ereto, cilíndrico, macia ao corte, uniforme e sem ramificações. De acordo com Silva et. al. (2012), a *Cecropia sciadophylla* é uma das maiores do gênero, sua altura varia de 10 a 35m de altura, seu tronco é reto e roliço, oco (fistuloso), com casca lisa marcada pelas cicatrizes das estípulas e pecíolos antigos.

Atualmente o paricá é a principal matéria prima de origem florestal da região norte, utilizada nas indústrias de laminados e compensados, tendo este aplicação na indústria moveleira e na construção civil como formas para concreto, tapumes e habitação em canteiros de obras. É também utilizado como matéria prima na indústria de MDF na região norte. Uma prática que está sendo estudada pela Embrapa Belém, no município de Dom Eliseu é o enriquecimento de clareiras com essa espécie.

A embaúba é uma espécie sem destaque dentro indústria de base florestal por ser uma espécie nativa pouco estudada sob o ponto vista de utilização como matéria prima para setor industrial madeireiro. Além das características físicas de ambas as espécies, como fuste reto e desrama natural, o que as tornam ideais para a laminação, o avanço tecnológico dos tornos nos últimos anos permitiu uma redução dos custos operacionais com o aumento do aproveitamento em lâminas. Marques (2006) destaca que a substituição dos tornos com tração nos fusos por tornos com tração nos rolos possibilitou reduzir o diâmetro do rolete (rolo resto) de 12 - 18 cm para quatro cm, além de possibilitar a utilização de toras com menor diâmetro. Isso contribuiu para o processamento do paricá, porém estudos direcionados quanto as propriedades físicas das duas espécies devem ser implementados.

Os painéis compensados multilaminados se caracterizam pela sobreposição de lâminas de madeira formando um ângulo de 90° entre si, unidas por um adesivo e sempre em número ímpar de camadas. Dependendo de sua aplicação, os compensados podem exigir diferentes tipos de resinas, classificando-se em três tipos: a) painéis com aplicação interna são produzidos com resina uréia- formaldeído; b) painéis para uso intermediário com resina melamina- formaldeído; e c) painéis para aplicação externa com resina fenol-formaldeído (IWAKIRI et al., 2005).

O norte é uma região que, pela sua posição geográfica, exige que vários quilômetros sejam percorridos pelos insumos utilizados na indústria e, assim, é necessário que alternativas técnicas sejam implementadas. Um ponto a destacar são as dificuldades no abastecimento com matérias primas químicas, sobretudo, resina fenólica, que requer cuidados especiais com armazenamento para as condições climáticas da região. Adesivos

alternativos devem ser estudados com o propósito de atenuar as dificuldades encontradas pelos fabricantes de compensados e neste contexto, o tanino de acácia merece uma atenção especial face às facilidades de transporte e armazenamento uma vez que pode ser transportado em sacos de 50 kg na forma de pó.

Como resultado desta pesquisa espera-se poder conhecer melhor as características da madeira de paricá e de embaúba, para melhor destiná-las como matéria-prima para fabricação de produtos de madeira. Também, espera-se estimular pesquisas silviculturais envolvendo a embaúba, bem como estudar práticas de manejo que possam incentivar seu cultivo face a facilidade de propagação, e possibilitar o uso de sua madeira como matéria prima para indústria madeireira.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é avaliar a viabilidade técnica de produzir painéis compensados para uso exterior com madeira das espécies paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e embaúba (*Cecropia palmata* Willd.).

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o rendimento da laminação e a qualidade das lâminas para aplicação em compensados para uso exterior.
- Produzir painéis compensados com as espécies paricá e embaúba, puras e misturadas, coladas com Tanino-formaldeído e Fenol-formaldeído.
- Avaliar a influência das espécies e dos adesivos utilizados na produção dos painéis.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Descrição das espécies

3.1.1. Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)

O gênero *Schizolobium* possui uma única espécie: *S. parahyba amazonicum* (Hub.) Ducke e a subespécie *S. parahyba parahyba* (Vell.) Blake. As duas variedades apresentam características morfológicas semelhantes sendo consideradas por um longo período como sendo uma única variedade. As características principais que diferenciam o *S. parahyba parahyba* do *S. parahyba amazonicum* é que esta última possui flores menores, pétalas mais oblongas, rígidas e glabras, frutos e sementes bem menores, pedicelos distintamente articulados e florescimento sem folhas (DUCKE, 1949).

O paricá é também conhecido na região amazônica como guapuruvu-da-Amazônia, faveira, bandarra, pinho-cuiabano dentre outros. Segundo Carvalho (1994), é uma espécie pertencente à família das Leguminosae Caesalpinioideae e ocorre naturalmente em toda região amazônica envolvendo as partes brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana. Ainda segundo o autor, a espécie é pioneira de porte elevado e sua ocorrência se dá nas matas primária e secundária de terra firme e várzea alta em solos argilosos e altitudes de 800 m. No Brasil o paricá ocorre principalmente nos estados do Pará, Amazonas, Rondônia e Mato Grosso.

Carvalho, (2007), afirma que o paricá não suporta baixas temperaturas, é uma espécie heliófila, apresenta crescimento monopodial, ainda que a céu aberto e como apresenta boa desrama natural possui fuste limpo e reto.

De acordo com Souza et al. (2003), a espécie apresenta copa pouco densa com ramificação cimosa, tronco bem formado, cilíndrico e reto. As árvores quando jovens apresentam casca externa lisa e verde, tornando-se cinza-amarelada com manchas brancas quando adultas, com lenticelas e marcas anulares devido à cicatrização das folhas. Por vezes, apresentam sapopemas basais desde a fase jovem e que, em árvores mais velhas, podem alcançar até 1,5 m de altura (CARVALHO, 2007; SOUZA et al., 2003).

Marques et al. (2006) afirmam que na maioria dos povoamentos de paricá, o fuste é reto e sem ramificações persistentes, facilitando o seu uso como matéria-prima para a

indústria de lâminas e compensados. Na Figura 1, é apresentada a imagem de uma árvore de paricá com sapopemas.



Figura 1: Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) exibindo sapopema.
Fonte: O Autor (2015)

De acordo com Rossi et al. (2003), o paricá é uma espécie de madeira leve, densidade aparente quando recém cortada de $0,65 \text{ g/cm}^3$ e densidade aparente a 12% de umidade entre $0,32$ e $0,40 \text{ g/cm}^3$.

Iwakiri et al. (2010) e Venturieri (2000) afirmam que o paricá é uma espécie de crescimento rápido, cuja madeira é de cor clara. Venturieri (2000) destaca sua excelente qualidade para indústria de moveis e de compensados.

Na idade adulta, as árvores maiores chegam a dimensões próximas de 40 m de altura e 100 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) e quando jovens o fuste mede cerca de 25 m de comprimento (CARVALHO, 2007).

De acordo com Marques et al. (2006) a produtividade média anual do paricá é de 20 a $30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$, e sua madeira apresenta densidade média de $0,40 \text{ g/cm}^3$. Ao comparar sua produtividade com outras espécies, verifica-se está na mesma faixa de crescimento das espécies de pinus que é de 25 a $30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$, e superior a teca com 15 a $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$. A Figura 2 exibe uma árvore de paricá na fase adulta conforme descrito por (CARVALHO, 2007).



Figura 2: Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na idade adulta.

Fonte: O Autor (2015)

A madeira tem como característica uma superfície lisa ao tato, sedosa e irregularmente lustrosa, textura média a grossa, uniforme, grã irregular e reversa, apresentando facilidade em ser serrada, no entanto a secagem em estufa pode causar deformações e rachaduras leves (CARVALHO, 2003).

Para Melo (2012), a ausência quase que total de nós nas lâminas produzidas a partir do paricá se deve a alta capacidade de desrama natural da espécie que é favorecida por essa característica. Para o autor, espécies como as do gênero *Pinus* a desrama artificial é indispensável para obtenção de lâminas de qualidade.

Almeida et al. (2013) concluíram que a madeira da espécie paricá apresenta pequena quantidade de nós, grã direita e pouca incidência de empenamentos. Ao relacionar a resistência à compressão paralela às fibras com a densidade aparente da madeira, verificaram que possui resistência a compressão paralela superior ao pinus, podendo ser utilizada na construção civil.

Melo et al. (1989) notaram que a sua madeira proporciona fácil trabalhabilidade e textura média. Carvalho (2003) concorda com essa afirmação e acrescenta que o uso de pregos e parafusos é limitado devido à baixa capacidade de fixação. Ainda, segundo Melo et al. (1989), a inexistência de conhecimentos sobre durabilidade natural da madeira de paricá em relação à resistência ao ataque de fungos e insetos, sugere a necessidade de estudos sobre a utilização de tratamentos preservativos. Já Carvalho (2003) e Souza et al.

(2005), afirmam que, a sua durabilidade natural é baixa, sem resistência ao ataque de fungos, cupins e insetos de madeira seca.

De acordo com Souza et al. (2005), a madeira da espécie é de fácil processamento e recebe bom acabamento, é leve, macio, com textura grossa, grã direita e irregular, cerne creme-avermelhado e alburno creme-claro. Carvalho (2007), diferentemente, destaca a diferenciação entre alburno e cerne como sendo uma zona de transição gradual com tonalidades na cor creme-amarelado para alburno e marrom-claro para o cerne.

Segundo Pereira et al. (1982), o paricá, é uma espécie promissora para a produção de pasta para celulose, destacando-se pela facilidade de branqueamento e pela excelente resistência obtida com o papel branqueado. Carvalho (2007), afirma que a espécie apresenta alto teor de lignina (34,70 %), em contra partida, apresenta grande facilidade na deslignificação.

Segundo Iwakiri et al. (2010) os plantios em escala comercial de paricá estão concentrados no Estado do Pará, especialmente na região de Paragominas. Rondon (2002) relata que o seu plantio teve incremento no Mato Grosso na década de 90 e depois se concentrou na região Norte sendo sua madeira empregada na fabricação de compensados.

3.1.2. Embaúba (*Cecropia palmata* Willd.)

A *Cecropia sp.* é também conhecida como embaúva, umbaúba, embaúba branca, embaúva branca dentre outros e pertence à família Urticaceae. Podendo ser encontrada em floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila densa e em mata ciliar. A embaúba (*Cecropia palmata* Willd.) tem sua ocorrência confirmada nas regiões Norte (Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima), Nordeste (Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe) e no Centro-oeste (Mato Grosso) (ROMANIUC NETO e GAGLIOTI, 2016).

A embaúba vem sendo estudada com objetivos diversos, visando à produção de celulose, painéis de madeira reconstituída e madeira mecanicamente processada. Heckler et al. (2014), ao analisar a influência da densidade básica da *Cecropia sp.* na produção de celulose Kraft, concluíram que sua madeira é considerada moderadamente leve conforme a classificação adotada pelo *Forest Products Laboratory*, pois apresentou uma densidade básica de 0,388 g/cm³.

Carvalho et al. (2012) descreve a *Cecropia palmata* como sendo uma árvore que exhibe anéis no ritidoma, na altura próxima dos 15 m, e comumente com muitas formigas. Suas folhas são alternadamente inseridas nos ramos, apresentando pecíolos longos. Na parte inferior da folha encontra-se pêlos tricomas araquenideos avermelhados. O limbo parte laminar da folha apresenta-se na cor verde, possuindo de sete a nove lobos. A Figura 3 mostra uma árvore de embaúba, apresentando características conforme descrito por (CARVALHO et al., 2012).



Figura 3: A Embaúba (*Cecropia palmata* Willd.).

Fonte: Carvalho et al. (2012)

Nas áreas de florestas nativas as árvores de embaúba são eretas, sem ramificações, podendo atingir até 15 m de altura. A sua madeira é muito leve e esbranquiçada, com densidade em torno de 0,43 g/cm³ (IWAKIRI et al., 2010).

Segundo Silva et al. (2012) a *Cecropia sciadophylla* é uma das maiores do gênero, sua altura varia de 10 m a 35 m de altura, seu tronco é reto e roliço, oco (fistuloso), com casca lisa marcada pelas cicatrizes das estípulas e pecíolos antigos.

Segundo BERG e ROSSELLI (2005, apud, Silva et al., 2012) a *Cecropia sp.*, com 61 espécies, é um dos maiores gêneros pioneiros de árvore do neotrópico, frequentemente encontrada em clareiras de florestas maduras.

São poucos os estudos realizados sobre o gênero, principalmente no que se refere à produção de laminados e compensados. Os poucos estudos existentes estão voltados

para as áreas de celulose e papel, setor onde a espécie vem se destacando. Dentre as espécies de embaúba que vem sendo utilizadas para produção de lâmina e compensado na região Norte está a *Cecropia sciadophylla*, conhecida como Imbaubão que, segundo Loureiro e Silva (1968), é considerada uma madeira leve (0,35-0,40 g/cm³), possui cerne esbranquiçado, grã regular, textura média, cheiro e gosto indistintos, apresenta boa trabalhabilidade e recebe bom acabamento.

Reis et al. (2014) estudando a anatomia do lenho de seis espécies do gênero *Cecropia* Loefl (Urticaceae), dentre elas a *Cecropia palmata*, citam que o parênquima axial, fibras, camadas de crescimento e canais axiais são parâmetros anatômicos que as diferenciam e permitem identificá-las. De acordo com Paula (2003) é uma árvore pioneira e sua madeira é boa para produção de papel. A Figura 4 apresenta a fotomicrografia de um corte transversal mostrando alguns elementos anatômicos para *Cecropia palmata*.

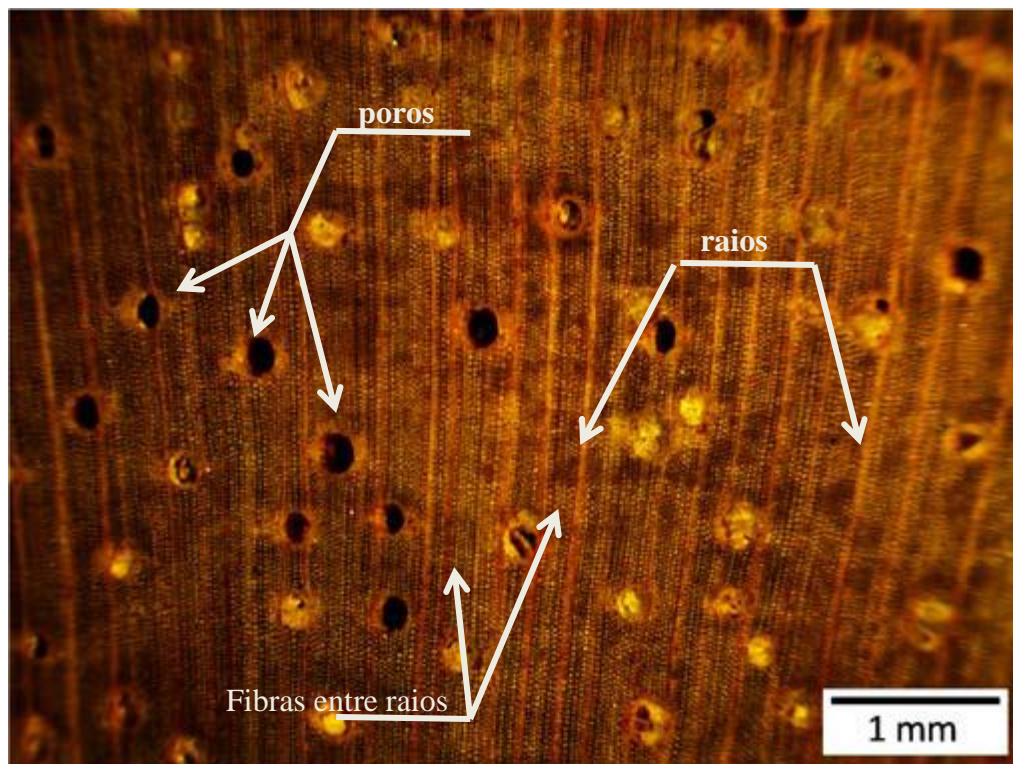


Figura 4: Fotomicrografia do corte transversal da madeira de *Cecropia palmata* Willd.
Fonte: Carvalho et al. (2012)

Para Reis et al. (2014) a caracterização anatômica das espécies demonstrou algumas características frequentes entre elas, como porosidade difusa, vasos em sua maior parte solitários, parênquima paratraqueal aliforme, raios não estratificados e heterogêneos. Ainda segundo autor, a *Cecropia palmata*, possui estruturas anatômicas

semelhantes as da *Cecropia obtusifolia* e *Cecropia sciadophylla*, diferenciando apenas na estrutura do parênquima axial paratraqueal aliforme com aletas grossas.

3.1.3. Pinus (*Pinus elliottii*)

O pinus foi introduzido no Brasil pelas mãos dos imigrantes europeus a mais de um século, que os plantavam para fins ornamentais. A partir de então o pinus passou a ter objetivos diferentes tais como: suprir a necessidade de madeira para abastecimento industrial destinada à produção de madeira serrada, de madeira laminada para confecção de painéis, e também para produção de celulose e papel. O cultivo da espécie em escala comercial só iniciou por volta de 1950, e foi no Rio Grande do Sul, em 1880, que se teve notícia das primeiras plantações desse gênero, que foram de *Pinus canariensis*, proveniente das Ilhas Canárias (BRACELPA, 2013).

O gênero pinus pertence à ordem *Coniferae*, do grupo das *Gymnospermae*. As espécies identificadas somam cerca de 105, são fisiologicamente resistentes à seca, muito exigentes com luz e apenas quando jovens toleram sombreamento. Resistem às baixas temperaturas e também as variações que podem ocorrer de -65°C até 50°C. Apresentam diferentes exigências quanto à fertilidade, textura e profundidade do solo e, devido à sua grande versatilidade, permite o plantio em diferentes condições de ambiente. As espécies mais plantadas no Brasil são o *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii* (CI FLROESTAS, 2016).

O *Pinus elliottii* é uma espécie originária do sudoeste do EUA e amplamente cultivada em plantações subtropicais no Brasil, Índia e China, é usada na produção de resina, na indústria moveleira e na produção de painéis em geral.

De acordo com o IPEF (2016) a área plantada de pinus no Brasil atualmente somam cerca de dois milhões hectares. É uma espécie de crescimento rápido com produtividade média variando em torno de 18 a 28 m³/ha/ano.

Várias pesquisas com as espécies de pinus têm sido realizadas com o objetivo de proporcionar maiores informações sobre a madeira dessas espécies para a produção de laminados e compensados. Iwakiri et al. (2001), pesquisaram a madeira de cinco espécies de pinus, sendo *Pinus caribaea*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii*, para manufatura de compensados e conseguiram resultados satisfatórios quando as propriedades desses painéis foram comparadas às de painéis produzidos com *Pinus taeda*.

Segundo Belleni (2009), o *Pinus elliottii* apresenta baixo coeficiente de anisotropia, o que faz dele uma madeira de alta diversidade e utilização onde se requer a estabilidade dimensional da madeira, tais como batentes, molduras, chapas de compensado, lâminas decorativas, esquadrias e móveis.

3.2. Setor de painéis de madeira reconstituída e de processamento mecânico no Brasil

O setor de painéis de madeira reconstituída é composto pelas indústrias produtoras de painéis de MDP (aglomerado), MDF, OSB e chapas de fibra. As indústrias que compõem esse segmento são importantes fornecedoras de matéria-prima para as indústrias de moveis e construção civil, neste caso, especificamente o OSB (ABRAF, 2013). Ainda, segundo a ABRAF (2013) e IBA (2016) a produção de painéis de madeira reconstituída esteve em franco crescimento no Brasil até o ano de 2015. No período de (2002-2012), a produção anual de painéis de madeira reconstituída saltou de 3,1 milhões de metros cúbicos para 7,3 milhões, um crescimento médio de 8,9% a.a. No período de 2012 a 2014 a produção continua a crescer, porém a uma taxa 7,7% a.a. influenciado pela retração da economia, e em 2015 cai 6,3% em relação ao ano de 2014. Da mesma forma, o consumo anual de painéis de madeira também saltou de 2,8 milhões de metros cúbicos, para 7,2 milhões, com incremento médio de 9,9% a.a. A partir de 2013, o consumo de painéis de madeira reconstituída começa a decrescer a uma taxa 7,3% a.a. até o ano de 2015 conforme mostra a Figura 5.

Segundo o relatório da ABRAF (2013), em 2012 apenas 2,5% da produção de painéis de madeira reconstituída eram exportados. Em 2014 e 2015, com a menor atividade na construção civil brasileira esse número começa a crescer, e segundo os relatórios do IBA (2015) e IBA (2016), as exportações de painéis de madeira reconstituída em 2014 cresceram 20,6% em relação a 2013 e 52,3% em relação ao ano de 2014.

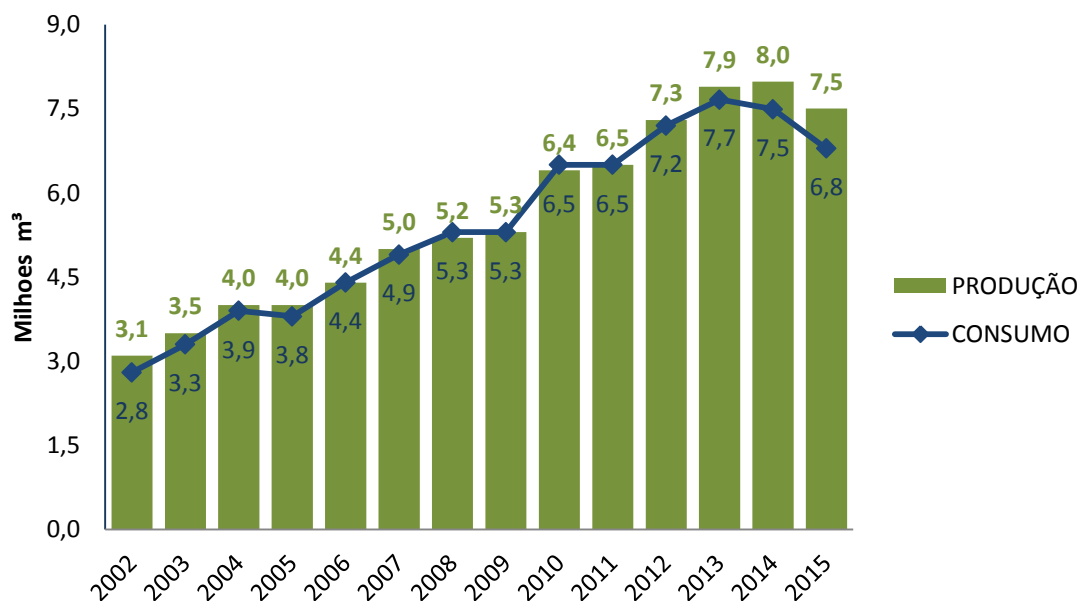


Figura 5: Histórico da produção e consumo de painéis de madeira reconstituída no Brasil, 2002-2012.

Fontes: ABRAF (2013), IBA (2014), IBA (2015), IBA (2016)

De acordo com Vital (2009), a expectativa era produzir em 2015 (8,9 milhões de m³) e em 2020 (13,8 milhões de m³) de painéis industrializados, necessitando, portanto, de 19,4 milhões e 30 milhões de m³ de madeiras, respectivamente.

O segmento de madeira mecanicamente processada é constituído pelas indústrias produtoras de serrados, compensados, laminados e demais produtos de maior valor agregado (PMVA), como portas, janelas, molduras, partes para móveis, entre outros produtos beneficiados.

De acordo com a ABRAF (2013) a produção de compensado evoluiu nos últimos 10 anos (2002-2012) de 1,6 milhões de m³ anuais, em 2002, para 2,1 milhões de m³ anuais, em 2012, um crescimento médio de 2,8% a.a. No mesmo período o consumo evoluiu de 0,5 milhão de m³ para 1,1 milhão de m³ anuais em 2011, resultando um incremento de 9,0% a.a. Em 2012, a produção de compensado fez um volume 16,7% superior ao volume produzido em 2011, e o consumo um valor 10,0% superior conforme está representado na Figura 6.

Segundo Vital (2009) para atender a produção esperada de compensados de pinus em 2015 que era 2,7 milhões de m³, e em 2020 de 3,30 milhões de m³, seriam necessários 7,3 e 9,1 milhões m³ de madeira respectivamente.

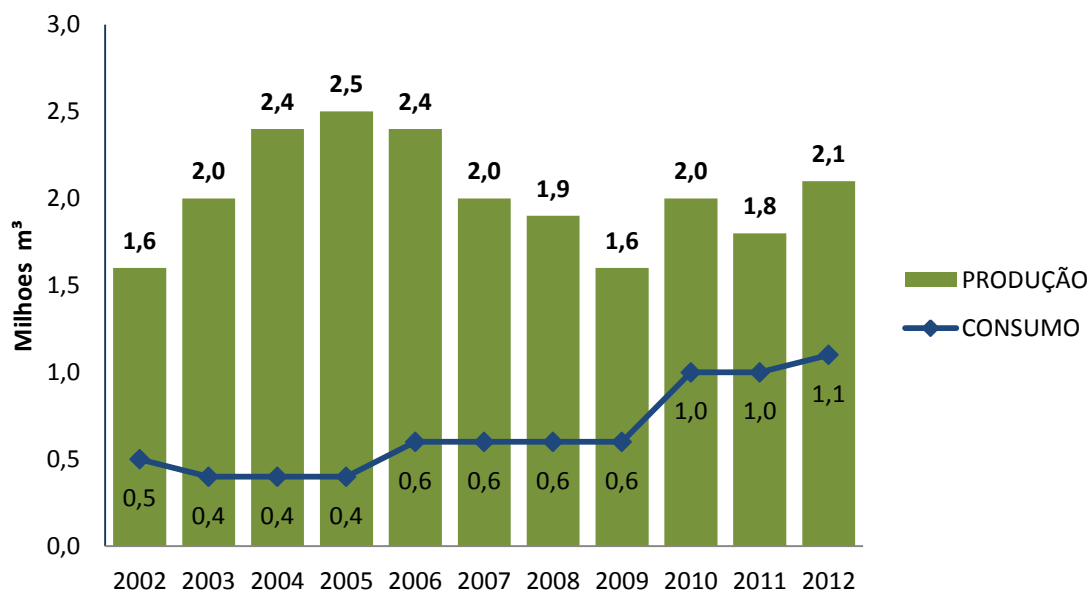


Figura 6: Histórico da produção e consumo de compensados no Brasil, 2002-2012.

Fonte: ABRAF (2013)

No entanto, segundo a ABIMCI (2016) as exportações de compensado tropical vieram sofrendo sucessivas quedas desde 2007 e, em 2014 a queda registrada foi da ordem de 92% conforme representado na Figura 7. O setor deixou de produzir neste período aproximadamente 300307 m³ e a principal consequência foi o fechamento de várias empresas causando altos níveis de desemprego no setor na região norte.

As exportações de pinus também sofreram sucessivas quedas (Figura 7), porém de forma mais lenta, e a partir de 2011 retoma o crescimento, enquanto que o compensado tropical continuou em queda.

Segundo a ITTO (2010), em 1995 a produção brasileira de compensado tropical era de 930.000 m³ o que significava 58,12% de todo compensado produzido e, em 2011 representou apenas 16,85% da produção com 375000 m³.

Com as exportações em queda muitas empresas da região Norte voltaram sua produção para o mercado interno com o propósito de atender o mercado moveleiro e o mercado imobiliário, favorecidos pela estabilidade econômica até o ano de 2014.

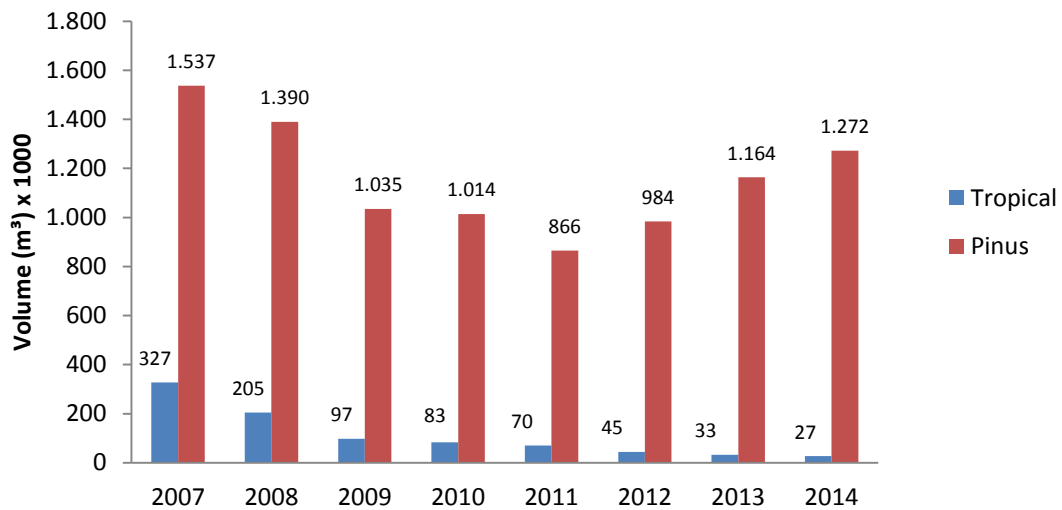


Figura 7: Histórico de exportação de compensado de pinus e tropical no Brasil, 2007-2014.

Fonte: ABIMCI (2016).

3.3. Qualidade da madeira para fabricação de painel compensado multilaminado

A qualidade da madeira é o conjunto de todos os atributos e propriedades que afetam o rendimento em produtos finais para os fins pretendidos. A qualidade final dos produtos pode ser afetada por características, como: massa específica, conicidade, tortuosidade, dureza, estabilidade, presença de nós, lenho de cerne e alburno, bolsas de resina, teor de lignina, pH, teor de extrativos dentre outros.

Com relação à densidade, Walker (1993, apud, Almeida et al., 2004) informa que espécies adequadas para laminação tendem apresentar massa específica básica entre 0,380 a 0,700 g/cm³, preferência para aquelas com valor próximo a 0,500 g/cm³. Além da densidade, outros fatores de qualidade da madeira tem importância na produção de lâminas e podem interferir diretamente ou indiretamente.

Para Baldwin (1981), Sellers Jr. (1985, apud, Bonduele et al., 2006) a importância da qualidade da tora está relacionado à retinidade, fator de conicidade, diâmetro do fuste, ausência de fendas de topo e não aquecimento da madeira, que são fatores primordiais para obtenção de lâminas de qualidade e maior rendimento na laminação.

Bonduele et al. (2006), avaliou a influência de fatores como diâmetro e conicidade de toras sobre rendimento em lâminas de *Pinus sp.* em 33 indústrias do Paraná e obtiveram um rendimento médio de 48% que, segundo os autores, está muito próximo

dos resultados apresentados por outros pesquisadores. Interamnense (1998), concluiu ser considerado satisfatório rendimento em torno de 50% para processos de laminação.

Bednarczuk (2016) concluiu que a maior relação entre o diâmetro do rolo-resto e diâmetro da tora para *Hovenia dulcis* interferiu no rendimento das toras dessa espécie em relação ao pinus. O autor encontrou valor médio de rendimento igual a 62,33% para o *Pinus elliottii*, e explica que essa média relativamente alta se deve a diâmetros maiores e menores variações de diâmetros nas pontas das toras.

Bonduele et al. (2006), relacionou toras de maior diâmetro com o fator de conicidade e concluiu que, quanto maior o diâmetro das toras menor o fator conicidade. Toras com maiores diâmetros apresentaram maior rendimento em laminação que toras com menor diâmetro, devido a maior relação entre o rolo resto e diâmetro laminável.

Dalgallo (2014) objetivando determinar o rendimento na laminação e também a influência da idade e do sitio no rendimento em lâminas para *Pinus taeda*, em povoamentos com idade de 9, 14 e 20 anos na região de Guarapuava- PR, concluíram que a madeira oriunda dos plantios de 9 anos foi inferior às demais, uma vez que as árvores mais jovens tendem a ter um formato mais cônico.

Almeida et al. (2004) avaliaram o potencial de utilização de dois clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos nove anos de idade para produção de lâminas de madeira e encontraram valores de rendimento em lâminas de 51,74% e 56,81% para os clones 1 e 2, respectivamente.

Bednarczuk (2016) ao comparar a qualidade das lâminas de *Hovenia dulcis* com as de *Pinus elliottii* verificou que as lâminas de pinus na sua maioria se classificaram na classe IV, face a grande quantidades de nós e, destacou a superioridade da *Hovenia dulcis* devido ao fato dela apresentar desrama natural.

Segundo Almeida et al. (2014), em um estudo para avaliar a produção e a qualidade de lâminas a partir do híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* (PEE) × *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (PCH), constataram que a densidade média encontrada foi de 0,320 g/cm³. Para os autores este valor é baixo, e atribuem essa baixa densidade a maior proporção de madeira juvenil uma vez que o material avaliado é oriundo de florestas jovens com apenas sete anos e dez meses de idade.

Segundo Albuquerque e Latorraca (2005), lenho adulto e juvenil podem interferir na colagem e isso afeta a produção de compensados. No lenho juvenil os anéis de crescimento são largos com tendência de produzir madeira com qualidade inferior por ser mais fraca e possuir contração e inchamento mais expressivo ao longo da grã, porém

segundo os autores, a baixa densidade e estrutura porosa do lenho juvenil facilita a colagem.

Em um estudo conduzido por Pinto e Iwakiri (2013), avaliou-se o desempenho de painéis a partir do cerne e alburno, individualmente e mistos, com lâminas de madeira de *Cryptomeria japonica* e diferentes adesivos e gramaturas. Constatou-se que os resultados de cisalhamento da linha de cola dos painéis de alburno e mistos, produzidos com resina UF, não alcançaram os valores mínimos estabelecidos pela norma EN 314-2 (CEN, 1993c). Em relação à mesma norma, os painéis produzidos com resina FF proporcionaram resultados satisfatórios para todos os testes.

3.4. Etapas do processo de fabricação de painéis compensado

3.4.1. Cozimento das toras

O processo de laminação, dependendo da densidade da espécie, se inicia pelo cozimento das toras. De acordo com Prata (2006) o cozimento das toras tem a finalidade de elasticizar a madeira, pois favorece o processo de desfolhamento além de propiciar melhor acabamento da superfície das lâminas. Umãna e Brito (2004) comentam que o cozimento tem como finalidade principal amolecer as fibras da madeira e retirar a resina, além de proporcionar uma boa laminação, aumentar a produtividade e reduzir a quantidade de painéis desclassificados, bem como reduzir o consumo de cola.

O cozimento consiste em colocar as toras em um tanque ou uma câmara com vapor saturado, podendo ser com aplicação direta ou indireta de vapor ou com água quente. As câmaras são estruturas de concreto acima do nível do solo. Já os tanques, segundo Umãna e Brito (2004), são estruturas em aço ou concreto, construídos abaixo do nível do solo cujas dimensões podem variar de 5-6 m de comprimento, 3-4 m de profundidade e 5-6m de largura.

Segundo Prata (2006), fatores como tempo de cozimento das toras, o teor de umidade e temperatura das toras no ato do desfolhamento, regulagem do torno, densidade da madeira e a manutenção do torno, bem como a substituição das facas no tempo certo são requisitos que determinam a qualidade das lâminas.

Segundo Keinert Junior e Alberto (1992), para se ter valores mais altos de resistência da linha cola é recomendável submeter as toras de *Pinus taeda* a um cozimento com temperatura de 60°C .

Para Kollmann et al. (1975) a temperatura no ambiente de cozimento das toras deve se relacionar com a densidade da espécie que sugere uma temperatura de 60C°, 71C° e 93C° para madeiras com densidade média em torno de 0,46 g/cm³, 0,55 g/cm³ e entre 0,60 e 0,65 g/cm³, respectivamente.

O PNQM (2009) sugere quatro classes de densidade para madeira a ser cozida e estabelece os parâmetros a serem seguidos conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para cozimento de toras em função da densidade.

CLASSE	DENSIDADE (Kg/m ²)	COZIMENTO	
		TEMPERATURA °C	TEMPO (h)
Classe 1	< 500	Não obrigatório	
Classe 2	500 - 600	> 60°C	12
Classe 3	601 - 700	> 60°C	24
Classe 4	>700	> 60°C	48

Fonte: PNQM (2009)

3.4.2. Laminação

Segundo Jankowsky (1978) a qualidade das lâminas é determinada pela ausência de rugosidade, uniformidade na espessura e fendas pouco profundas, e complementa ao dizer que, o estabelecimento correto dos parâmetros de regulagem do torno desfolhador é fundamental para evitar esses defeitos.

Interamnense (1998), comenta que, para se ter uma boa colagem, um lixamento equilibrado e menor variação de espessura no produto final, se faz necessário um controle efetivo da espessura durante a laminação.

De acordo com Bortoletto Jr. (2008), espessuras de lâminas com valores ligeiramente superiores a espessura nominal são desejáveis, pois este incremento de espessura serve para minimizar as perdas decorrentes da prensagem em painéis multilaminados.

Para Umãna e Brito (2004), regulagens técnicas do torno desfolhador, tais como ângulo de faca e barra de contra pressão, são fundamentais para se ter uma lâmina de madeira de boa qualidade.

Para Thoemen et al. (2010) a qualidade do compensado depende diretamente da qualidade das lâminas. Para obtenção de lâminas com boa qualidade é fundamental manter o equipamento de corte em boas condições de manutenção bem como as toras

devem ser mantidas com teor de umidade superior ao ponto de saturação das fibras, condição esta que assegura um bom corte da madeira.

Para PQNM (ABIMCI, 2009), até 7% de variação na espessura das lâminas de madeira é aceitável.

3.4.3. Secagem das lâminas

O principal objetivo da secagem das lâminas é permitir condições adequadas para sua colagem na composição dos painéis, que é determinada em função da resina utilizada. Para Iwakiri (2005) a secagem das lâminas de madeira consiste na retirada de água até um determinado teor de umidade, com o mínimo de defeitos, no menor tempo possível e de forma técnica e economicamente viável para o uso a que se destina. De acordo com Prata (2006), após a laminação as lâminas apresentam um elevado teor de umidade em razão do cozimento, que pode variar entre 80 a 100%.

A ABIMCI (2004) recomenda que a secagem, por ser uma etapa após o desenrolo, deva ser feita imediatamente a este para evitar o surgimento de fungos manchadores muito comum em lâminas de pinus. A secagem de lâminas é influenciada por vários aspectos que vão desde a espessura da lâmina, densidade, contração e inchamento até aplicação final. O PNQM (ABIMCI, 2009) estabelece em função do tipo resina e da posição da lâmina no painel os requisitos para o teor de umidade, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Requisitos para teor de umidade em lâminas.

LÂMINA	COLAGEM	
	FENÓLICA	URÉICA
Capa	12%	14%
Miolo Seco	8%	12%
Miolo Cola	8%	8%
Contra Capa	12%	14%

Fonte: PNQM (2009)

Para Umaña e Brito (2004), teores de umidade elevados podem levar a uma colagem fraca, e em determinadas situações chegam a provocar o estouro do painel. Em contra partida, lâminas secas absorvem mais água contida no adesivo o que também prejudica a colagem.

3.4.4. Aditivos

3.4.4.1. Adesivo Fenol - Formaldeído - (FF)

Resina fenólica, ou resina Fenol-formaldeído, é um polímero termorrígido reticulado resultante da reação entre fenóis e soluções de formaldeídos (formalina). Podem se apresentar de duas formas, líquida e sólida. No estado líquido a viscosidade varia entre 80 a 4000 cp a 25°C conforme grau de condensação. O pH varia entre 7,5 a 8,5 e sua densidade é de 1,0 a 1,25 g/cm³, são solúveis em álcool, éteres, acetonas e alguns tipos em água. São chamadas de resoles e produzidas no processo seco para depois serem diluídas em água (também conhecido por processo de uma etapa). Segundo Palma (1986), as empresas que produzem adesivos fenólicos recomendam gramatura de 300 a 400 g/cm² em linha dupla de cola.

No processo ácido ou úmido se produz a novalaca (processo conhecido como de duas etapas), onde a resina resultante é armazenada na forma sólida e presta-se mais à moldagem por compressão e transferência (GEOCITIES, 2016).

Os resóis são obrigatoriamente disponibilizados para consumo em forma de soluções. São resinas que necessitam de altas temperaturas para sua perfeita polimerização, acima de 130°C, geralmente 140°C, não precisam de reticulantes externos, uma vez que sua proporção molecular e seu ambiente já estão em equilíbrio para a cura final (PEDRO BOM, 2014).

3.4.4.2. Adesivo Tanino - Formaldeído - (TF)

Os taninos são amplamente encontrados nas plantas chegando a concentrações acima de 40% na casca em algumas espécies e, em menores concentrações nas sementes, folhas e lenho. A produção de tanino no Brasil se concentra no estado do Rio Grande do Sul com finalidade principal de obter produtos para curtimento do couro. Assim, neste Estado se encontram as plantações de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wil). Outra fonte de produção de taninos ocorre nas regiões de mangues naturais (*Ehizophoramangle*) (PALMA, 1986).

Segundo TANAC (2015), o PHENOTAN M é uma resina para aplicação em madeira compensada que exige, sobretudo, resistência à água. É uma resina de origem

vegetal e é produzida a partir de tanino de acácia negra modificada quimicamente objetivando aprimoramento em termos de viscosidade e reatividade.

O controle do pH nas soluções com tanino é fundamental, uma vez que este intervém tanto na reatividade do adesivo como na viscosidade da solução, portanto, o controle do pH impede uma polimerização acelerada que pode causar uma cura prematura do adesivo (VIEIRA et al., 2014).

Para Santana e Sobral Filho (1978), os adesivos de tanino formaldeído que recebem porcentagem elevada de carga podem apresentar maiores problemas de colagem devido à alta viscosidade e menor vida útil.

TANAC (2015) sugere para madeiras de baixa densidade uma gramatura em linha dupla de 400 a 460 g/m² e, para madeira de alta densidade 440 a 500 g/m², teor de umidade variando de 6 a 8% e temperatura de prensa variando entre 105 e 120°C.

Para perfeita polimerização (cura) faz-se necessário o uso de agente endurecedor (catalizador) na proporção de 3 a 4% de paraformaldeído sobre os sólidos totais do adesivo (TANAC, 2015). Palma (1986) sugere a utilização de resina não fortificada de tanino e formaldeído na proporção de 50% e 9%, respectivamente, gramatura de 320 g/m² em linha dupla, lâminas com 5% de umidade, 12% de carga extensora e temperatura de 120°C, para aplicação em compensado de *Pinus elliottii* para uso externo.

O PHENOTAN M é uma resina que oferece varias vantagens em relação às resinas sintéticas, tais como: durabilidade, podendo ser armazenada por um tempo prolongado, aproximadamente seis meses, permitindo sua dissolução na hora desejada, e de fácil transporte, uma vez que acondicionada em sacos de 50 Kg, além de conferir aos compensados a característica de baixa emissão de formol (TANAC, 2015).

3.4.4.3. Extensor

Iwakiri et al. (2000), estudaram o comportamento de seis tipos de extensores alternativos para produção de painéis multilaminados, e concluíram que a farinha de milho e de mandioca apresentaram resultados diferentes quando submetidos aos testes secos e úmidos. Para os autores o baixo desempenho comprovado no teste úmido é observado pela alta absorção de água e a baixa resistência da linha comprometendo o uso destes painéis em ambiente com alta umidade relativa do ar. Em contrapartida, as farinhas de arroz e de aveia apresentaram os melhores resultados quando comparadas com a farinha de trigo tida como referência.

Ao estudar a influência da quantidade de extensor na composição de cola uréia-formaldeído, Jankowsky (1980) concluiu que o aumento da porcentagem de extensor na formulação do adesivo proporcionou um enfraquecimento da linha de cola verificado pela resistência à flexão estática que diminuiu, sobretudo, no sentido paralelo.

De acordo com Iwakiri et al. (2002), a relação água/extensor para diferentes formulações de adesivo na produção de compensado é possível, sobretudo, para otimização da relação custo/benefício.

3.4.5. Montagem do painel e prensagem

A formação do painel consiste em sobrepor as lâminas encoladas com um ângulo de 90° entre si e em número ímpar de camadas. Prata (2006), alerta para escolha adequada das lâminas por classe de qualidade na etapa de montagem, considerando que tal escolha é um fator relevante para classificação dos painéis uma vez que a qualidade das superfícies é um critério de classificação.

O tempo de montagem, também conhecido como montagem, é uma variável importante para a qualidade do painel, e se inicia com aplicação do adesivo até o momento em que o painel entra na prensa quente. É durante este tempo que ocorre a penetração do adesivo na camada superficial da lâmina, portanto, se o tempo for excessivo, ocorrerá uma polimerização parcial do adesivo antes da prensagem a quente (JANKOWSKY, 1980).

Para Iwakiri et al. (2005), a principal finalidade da pré-prensagem é auxiliar na transferência e distribuição do adesivo entre as lâminas e facilitar as operações de carregamento na prensa, além de evitar a pré-cura. Segundo Cruz (2006) o grau de molhabilidade da lâmina na produção de painéis laminados é uma variável importante, uma vez que, se este for elevado pode acarretar em uma linha de cola faminta, em contra partida, lâminas com baixa hidrofiliabilidade dificulta a colagem, gerando linhas de cola fracas.

A prensagem a quente é a próxima etapa após a pré-prensagem, onde variáveis como temperatura, tempo de prensagem, pressão específica, tempo de carga e descarga devem ser controlados. A pressão promove o contato entre as lâminas e os pratos quentes da prensa e a temperatura aplicada ao painel promove a cura do adesivo. A relação da temperatura, tempo de permanência e pressão, determina o nível de compressão do painel, afetando diretamente a espessura final (BALDWIN, 1981).

O PNQM ABIMCI (2009) recomenda um tempo de 2,5 minutos no máximo para carregamento da prensa e temperatura de prensagem variando entre 125 a 150°C para resina fenólica e de 95 a 115°C para resina uréica. Para madeiras de pinus, a pressão específica deve variar entre 8 a 12 kgf/cm² em painéis fabricados com resina fenólica.

3.4.6. Painel compensado e suas aplicações

A constituição de um painel compensado deve partir do princípio que as lâminas que o constitui devam ser simétricas em relação ao plano central com características físicas iguais, como espessura e orientação das fibras. A estabilidade desses painéis depende de um balanceamento que deve ser rigoroso, para que, ao serem colocadas em condições que diferem daquelas em que foi fabricado possam se manter em equilíbrio (IWAKIRI, 2005).

Os compensados podem ser aplicados em diversas situações, como painel industrial, decorativo ou estrutural. O compensado estrutural se distingue por empregar lâminas finas e, em número elevado de camadas, coladas com resinas fenol-formaldeído dando ao painel características específicas, como alta resistência mecânica e resistência à umidade (TSOUMIS, 1991).

A norma NBR3 – INMETRO, citada por Iwakiri (2005), classifica os painéis compensados produzidos no Brasil em:

a) Compensado para uso geral: São painéis de madeira compensada, multilaminada, cujo adesivo empregado na sua fabricação se restringe ao uso interno e com grande aplicação na indústria moveleira.

b) Forma de concreto: São painéis de madeira compensada, multilaminada, cuja colagem é aprova d'água, admitindo-se o uso exterior. Produto amplamente empregado na construção civil.

c) Compensado decorativo: Esses painéis recebem lâminas de madeira faqueada nas suas superfícies e a colagem deve ser do tipo intermediário, ou seja, pode ser empregado em locais com alta umidade relativa, e eventualmente, entrar em contato com a água. O uso final destes produtos direciona, principalmente, na fabricação de móveis.

d) Compensado industrial: São painéis que apresentam menos restrição em termos de aparência e o adesivo utilizado deve ser do tipo a prova d'água. A sua utilização é muito ampla, destacando-se as embalagens.

e) Compensado naval: São painéis classificados genericamente com aplicação exterior, portanto a colagem é a prova d'água, com alta resistência mecânica e montagem perfeita.

Destina-se normalmente ao uso em aplicações que exigem contato direto com a água, como por exemplo, a construção naval.

f) Compensado sarrafeado: São painéis cujo miolo é formado por sarrafos. O adesivo utilizado na sua produção é do tipo interior. Sua aplicação se restringe à indústria moveleira.

Além do compensado tipo “forma de concreto”, com grande aplicação na construção civil, existe o compensado plastificado que apresenta alto desempenho em relação à resistência à umidade e cumpre finalidades diversas na construção civil. Para Filho e Júnior (2008) as fôrmas tem como propósito sustentar o concreto fresco até que o mesmo atinja as condições de auto suporte, bem como garantir a textura do acabamento final das superfícies.

Segundo Iwakiri et al. (2004), o compensado plastificado após ser calibrado recebe uma película fenólica (resina fenol formaldeído) conhecida comercialmente como tego filme cuja gramatura varia de 120 g/m² a 220 g/m².

De acordo com a FV de Araújo (2016), o painel multilaminado plastificado tem suas faces recobertas com filme fenólico numa gramatura de 125 g/m² e suas lâminas são coladas com adesivo Fenol-formaldeído. Este produto é amplamente utilizado para moldagem de vigas, lajes, pilares e fundações, permitindo serem reutilizados até 20 vezes. Geralmente são produzidos nas espessuras 12, 15 e 18 mm e suas dimensões são 2,44x1,22 metros e 2,50x1,25 metros.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Madeiras utilizadas.

Foram usadas madeiras das espécies pinus (*Pinus elliottii*), paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e embaúba (*Cecropia palmata* Willd.) sendo a primeira, utilizada como referencial, por ser uma espécie largamente utilizada na produção de painéis compensados no sul do Brasil.

As lâminas de *Pinus elliottii* foram cedidas pela AZA Compensados uma empresa localizada no município de Irati no estado do Paraná. As lâminas secas foram cortadas e levadas para o Laboratório de Tecnologia da Madeira da UNICENTRO. O município de Irati está localizado no estado do Paraná nas coordenadas Latitude 25°28'02"S - Longitude 50° 39' 04"W e o clima da região é classificado como Clima Subtropical Cfb.

Do lote de toras de pinus (*Pinus elliottii*) que foi produzido as lâminas, escolheu-se três toras e retirou-se um disco em cada uma de suas extremidades com aproximadamente 5cm de espessura para determinação da densidade básica. As madeiras de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e de embaúba (*Cecropia palmata* Willd.) foram provenientes de áreas de enriquecimento de clareira, sendo o paricá plantado e a embaúba regeneração natural, ambas cedidas pela ADECO Compensados uma empresa localizada no Município de Dom Eliseu, estado do Pará, que está localizado nas coordenadas Latitude 04°17'06"S - Longitude 47°30'18"W, com clima mesotérmico úmido predominante.

As árvores de paricá e embaúba com idades variando entre 16 e 19 anos foram escolhidas no mapa de inventário, levando em consideração um DAP menor que 40 cm face a limitação do torno. As árvores foram localizadas na floresta através de suas coordenadas com auxílio de um GPS, e identificadas através da plaqueta existente em cada uma das espécies conforme mostra na Figura 9.



Figura 8: Identificação das árvores de paricá e embaúba antes do corte.

Fonte: O autor (2014)

Após a derrubada, as árvores foram arrastadas para fora do talhão até ao acesso secundário onde foram transformadas em toras com aproximadamente 1,74 m de comprimento. Para as três árvores de paricá foram cortadas 23 toras e para as três árvores de embaúba 15 toras. Das toras foi retirado um disco de aproximadamente cinco centímetros a partir do DAP para determinar a densidade básica da madeira (Figura 10). As toras foram identificadas de forma a considerar a sequência de corte a partir da base e também a quantidade de toras obtidas de cada árvore (Tabela3).



Figura 9: Árvores de embaúba e paricá transformadas em toras.

Fonte: O autor (2014)

Tabela 3: Informações Geográficas e características dendrométricas das árvores.

Espécie	Paricá	Paricá	Paricá	Embaúba	Embaúba	Embaúba
Nº Sequencial	1	2	3	1	2	3
Nº da Árvore	2694	2639	7017	2639	7529	2658
Fazenda	SHET	SHET	SHET	SHET	SHET	SHET
Coordenada	S 04°	S 04°	S 04°	S 04°	S 04°	S 04°
	28,854'	28,725'	28,725'	28,849'	28,858'	28,851'
	W 047°	W 047°	W 047°	W 047°	W 047°	W 047°
	41,337'	41,327'	41,109'	41,352'	41,342'	41,348'
DAP (cm)	35,4	35,9	32,5	25,9	32,1	33,5
Nº de Toras	9	6	8	4	6	5
Altura Comercial(m)	15,66	10,44	13,91	6,99	10,44	8,70

Fonte: O autor (2016)

Em seguida as toras foram transportadas da floresta para o pátio da empresa localizada no mesmo município onde foi realizada a avaliação da qualidade das toras, desfolhamento, secagem e preparação das lâminas. No pátio da empresa as toras receberam uma identificação no topo para facilitar a separação das lâminas por tora como mostra a Figura 11.



Figura 10: Identificação das toras de paricá (A) e embaúba (B) no pátio

Fonte: O autor (2014)

4.2. Determinação da densidade básica

A densidade básica foi determinada seguindo as recomendações da norma NBR 11941/2003 (ABNT, 2003). Para cada disco das toras de pinus foram tiradas três cunhas com ângulo de 30°, e para as toras de paricá e embaúba retirou-se quatro cunhas com ângulo de 30° em posição oposta, que foram usadas para determinação do volume e da massa (Figura 12).

Os discos, num total de 49, foram enviados ao Laboratório de Tecnologia da Madeira na UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, PR.

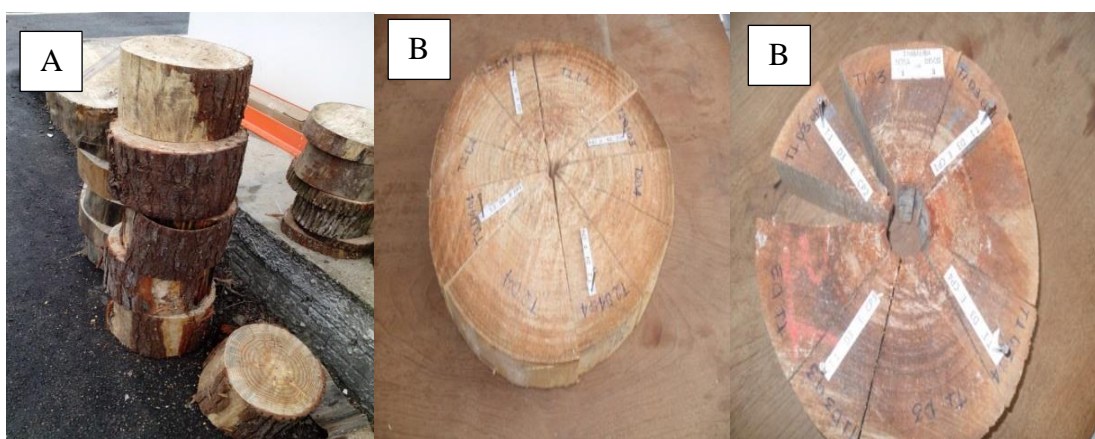


Figura 11: Discos das madeiras para determinação da densidade básica.

A) Discos de pinus; B) Disco de paricá; C) Disco de embaúba.

Fonte: O autor (2014)

As cunhas retiradas dos discos foram colocadas em um tanque onde permaneceram imersas até a completa saturação para determinação do volume dos corpos de prova no estado saturado pelo método da balança hidrostática. Após, foi realizado a determinação da massa dos corpos de prova no estado seco (secos em estufa a 103 ± 2 °C até estabilização da massa). A densidade básica foi determinada por meio da Equação 1.

$$db = \frac{ms}{v} \quad (1)$$

Onde:

db = densidade básica (g/cm^3);

ms = massa seca (g);

v_s = volume saturado (cm^3).

Na Figura 13 se apresenta a sequência de etapas para determinação da densidade básica. A densidade básica média de cada árvore foi calculada segundo a metodologia sugerida por Melo (2014), sendo ponderada pelo volume da tora entre os discos, conforme a Equação 2.

$$Y = \frac{((d_1 + d_2)/2 * VT_1) + ((d_2 + d_3)/2 * VT_2) + \dots + ((d_n + d_m)/2 * VT_n)}{(VT_1 + VT_2 + \dots + VT_n)} \quad (2)$$

Onde:

Y = densidade média de cada árvore;

d = é densidade média de cada disco;

VT = volume da tora entre os discos.



Figura 12: Sequência de etapas para determinação da densidade da madeira.

A) Climatização; B) Saturação; C) Secagem; D) Pesagem.

Fonte: O autor (2014)

4.3. Laminação das toras de paricá e embaúba

As toras de paricá e embaúba foram processadas em um torno desfolhador da marca Benecke modelo “Nenê” sem fuso, de propriedade da ADECO Compensados situada na cidade de Dom Eliseu estado do Pará. As toras foram cozidas por aproximadamente seis horas a uma temperatura variando entre 42 a 65°C. Seguindo a sequência, iniciou-se o descascamento através de um descascador fixo e em seguida o

desfolhamento das toras. As lâminas com espessura média de 1,6mm foram identificadas e separadas em pilhas de cada tora.

4.3.1. Rendimento da laminação

Determinou-se o rendimento somente para as espécies paricá e embaúba; primeiro por considerar que, os equipamentos (tornos) são diferentes sob o ponto vista construtivo; e segundo, por que a laminação foi realizada em uma empresa no estado do Pará em condições industriais.

O rendimento foi calculado a partir do conhecimento do volume de toras e do volume de lâminas, e expresso em porcentagem conforme Equação 3, considerando as lâminas padrão e as de aproveitamento para cada tora.

$$RISC = \frac{VTlam}{VTt} * 100 \quad (3)$$

Onde:

RLSC = rendimento da laminação (%);

VTlam = volume total de lâminas (m³);

VTt = volume total de toras sem casca (m³).

4.3.1.1. Conicidade

A conicidade exerce grande influência no rendimento da laminação, e para sua determinação foram tomadas duas medidas para o diâmetro (diâmetros cruzados) sem casca em cada extremidade e também a média do comprimento em duas posições opostas da tora (Figura14). O cálculo seguiu a metodologia estabelecida pelo antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, que considera a taxa de variação do diâmetro ao longo do comprimento da tora, conforme a Equação 4 (IBDF, 1983).

$$CON = \frac{\frac{(D1 + D2)}{2} - \frac{(d1 + d2)}{2}}{lt} \quad (4)$$

Onde:

CON = conicidade média (cm/m);

D1 e D2 = são diâmetros medidos na maior extremidade das toras em (cm);

$d1$ e $d2$ = são diâmetros medidos na menor extremidade das toras em (cm);
 lt = comprimento médio da tora (m).



Figura 13: Toras de paricá e embaúba depositadas para medição do diâmetro e comprimento.

Fonte: O autor (2014)

4.3.1.2. Diâmetro sem casca

O diâmetro das toras sem casca foi conhecido levantando-se o comprimento da circunferência em cada uma das extremidades das toras com auxílio de uma trena e determinado através das Equações 5 e 6.

$$Dt = \frac{Cm}{\pi} \quad (5)$$

$$dt = \frac{Cn}{\pi} \quad (6)$$

Onde:

Dt = maior diâmetro da tora (m);

dt = menor diâmetro ou diâmetro laminável da tora (m);

Cm = comprimento da maior circunferência da tora sem casca (m);

Cn = comprimento da menor circunferência da tora sem casca (m).

Conhecido os diâmetros das toras e os comprimentos médio correspondente, calculou-se o volume de toras através da Equação 7.

$$VTt = \frac{1}{3} \pi * Lt * \left(\left(\frac{Dt}{2} \right)^2 + \left(\frac{Dt * dt}{4} \right) + \left(\frac{dt}{2} \right)^2 \right) \quad (7)$$

Onde:

VTt = volume total sem casca (m³);

Lt = comprimento médio da tora (m).

4.3.1.3. Volume de lâminas

O cálculo para obter o volume de lâminas, é apresentado pela Equação 8:

$$V Tlam = c * l * e * n \quad (8)$$

Onde:

$V Tlam$ = volume total (m³);

c = comprimento lâmina (m);

l = largura média medida nas duas laterais de todas as lâminas (m);

e = espessura média em 6 pontos de cada lado da lâmina, medido em 4 lâminas de cada tora (m);

n = quantidade de lâminas.

4.3.1.4. Cálculo das Perdas

As perdas na laminação incluem as perdas no arredondamento (PAR), que são influenciadas pela conicidade, rolo resto (PRR) e perdas diversas (PD), que são devidas as operações complementares como guilhotinagem, manuseio e classificação. A perda com o rolo resto é determinada pelo material restante da tora, e foi conhecido medindo-se o comprimento da circunferência de cada rolo resto como foi realizado para a determinação do diâmetro das toras e aplicado na Equação 9.

$$PRR = \pi \frac{Drr^2}{4} * lt \quad (9)$$

Onde:

PRR = perda com rolo resto (m³);

Drr = diâmetro do rolo resto (m).

As perdas na laminação foram expressas em porcentagens, e foram determinadas com base nos valores dos volumes e por diferenças expressas em metros cúbicos. A perda por arredondamento foi calculada pela diferença entre o volume inicial da tora e o volume do cilindro, calculado a partir do diâmetro laminável. A perda por manuseio é a diferença entre volume de toras a partir do diâmetro laminável e a soma dos volumes de lâminas e do rolo resto.

4.4. Secagem das lâminas

As lâminas de paricá e embaúba foram secas em um secador de rolo da marca Benecke com três pistas tracionadas, seis câmaras quentes e duas frias, na velocidade de 28 m/mim. As lâminas de pinus também foram secas em um secador da marca Benecke, na mesma configuração, com velocidade de 21m/min.

As lâminas de paricá e embaúba foram secas até o teor de umidade entre 9 a 12% para melhor acomodação em fardos. Já as lâminas de pinus foram secas até o teor de umidade de 5%. Após a secagem, as lâminas foram separadas aleatoriamente para serem cortadas na dimensão de 62 x 62 cm e encaminhadas para o Laboratório de Painéis de Madeira.

4.5. Classificação das lâminas

O primeiro passo, para a classificação das lâminas consistiu em separar as lâminas padrão (174 cm x 128 cm) das lâminas de aproveitamento, que tiveram comprimento de 174 cm e de 130 cm e larguras variadas decorrentes da retirada dos defeitos naturais tais como falhas e casca (Figura 15).



Figura 14: Lâmina de 1,30 m aproveitamento de 1,74m devido à retirada dos defeitos.
Fonte: Autor (2016).

Após, as lâminas foram classificadas segundo os critérios de classificação de painéis de madeira compensada de folhosa e coníferas da norma NBR/ABNT 2426 (2006). A análise leva em consideração o tipo, a quantidade e dimensões dos defeitos existentes na superfície das lâminas, definindo-as em classes de qualidade (E, I, II, III, IV). Na Figura 16 são apresentadas algumas lâminas e suas respectivas classes de qualidade.

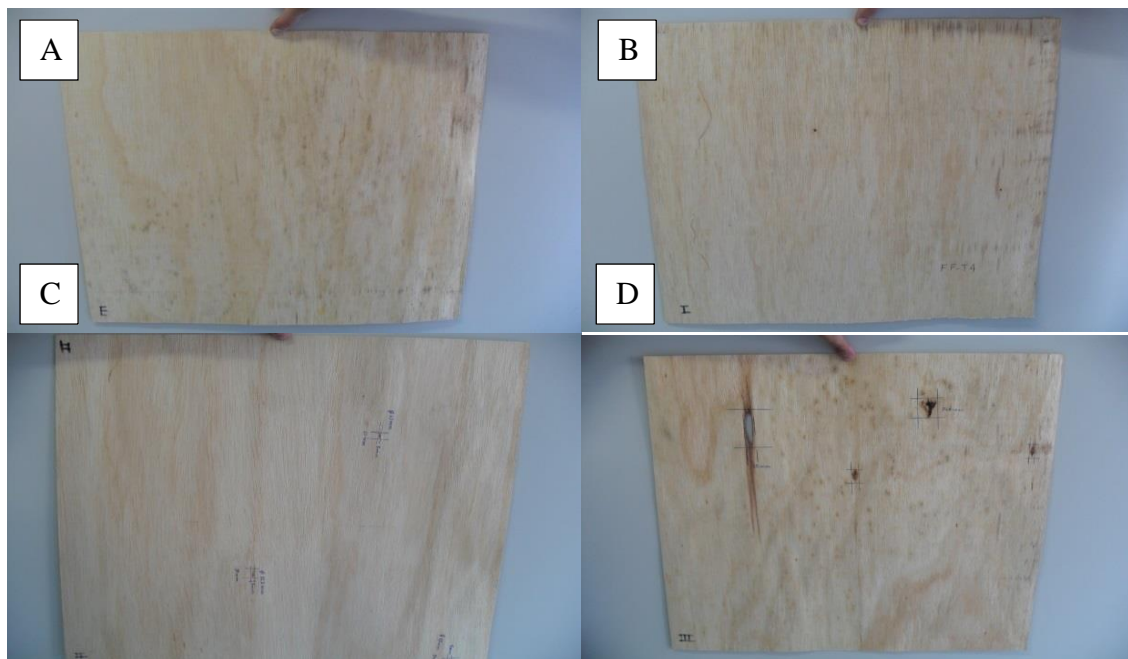


Figura 15: Lâminas de madeira de paricá classificadas.
A) Paricá classe E; B) Paricá classe I; C) Paricá classe II; D) Paricá classe III.
Fonte: O autor (2016)

4.6. Planejamento experimental

Foram produzidos painéis com 100% de lâminas de cada espécie e misturados nas proporções 55,6%/44,4% (paricá-embaúba) e 55,6%/44,4% (embaúba-paricá) para os dois tipos de adesivos (Fenol-formaldeído e Tanino-formaldeído). Os painéis de pinus foram produzidos para servirem como referência, por ser o pinus a madeira amplamente utilizada em painéis compensados para uso exterior.

Dessa forma, instalou-se um experimento fatorial com dois fatores (tipo de adesivo e composição de lâminas), no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, sendo produzidos 30 painéis (Tabela 4).

Tabela 4: Delineamento experimental.

Tratamento	Adesivo	Espécie	Camadas
T1	Fenol-Formaldeído	Paricá	9
T2		Embaúba	9
T3		Pinus	9
T4		Paricá/ Embaúba	5/4
T5		Embaúba/ Paricá	5/4
T6	Tanino-Formaldeído	Paricá	9
T7		Embaúba	9
T8		Pinus	9
T9		Paricá/ Embaúba	5/4
T10		Embaúba/ Paricá	5/4

Fonte: O autor (2016)

4.7. Preparo dos adesivos

A resina Tanino-formaldeído foi preparada adicionando-se PHENOTAN M em pó sobre a água com temperatura de 55°C em constante agitação com uma pá de madeira em um recipiente plástico. A mistura foi realizada seguindo a orientação do fabricante, que recomenda 100 partes por peso de PHENOTAN M para 88 partes por peso de água conferindo a mistura um teor de sólidos igual a 50%. Após a hidratação o produto ficou em repouso por 55 horas.

A resina Fenol-formaldeído utilizada foi a FF-109, lote 687 de fabricação da BONARDI, que conforme o laudo do fabricante apresentava teor de sólidos entre 52 a 54%. Aplicou-se 145g/m² em linha simples de cola para os dois tipos de adesivos.

Na Tabela 5 se apresenta a participação dos insumos na batida de cola para as Resina Tanino-formaldeído e Fenol-formaldeído em partes por peso.

Tabela 5: Participação dos insumos na batida de cola.

INSUMOS	RESINA FENOL-FORMALDEÍDO		RESINA TANINO-FORMALDEÍDO	
	(Kg)	%	(Kg)	%
RESINA	78,00	67,8%	100,00	87,7%
TRIGO	18,50	16,1%	10,00	8,8%
AGUA	18,50	16,1%		
FORMALDEÍDO			4,00	3,5%

Fonte: O autor (2016).

O formaldeído foi adicionado à solução de tanino no momento da preparação da cola para aplicação nas lâminas. A viscosidade dos adesivos foi determinada através de um copo Ford número oito, cujos valores registrados foram 65 e 87 segundos para FF e TF, respectivamente. A partir das formulações propostas na Tabela 5, os teores de sólidos para as colas FF e TF foram de 35,3% e 43,9%, respectivamente.

4.8. Montagem, Assemblagem e prensagem dos painéis

Inicialmente a umidade de todas as lâminas foi conferida para serem usadas na montagem dos painéis. As lâminas de miolo foram submetidas à ressecagem em estufa, a temperatura de 65°C, até atingir umidade inferior a 8% e em seguida permaneceram em repouso por um período, até que a temperatura atingisse menos de 30°C. As lâminas com umidade de 12% \pm 1% foram aplicadas como capas. Denominou-se capa as lâminas usadas nas duas faces do painel e contra capa o primeiro miolo cola de cada lado, tomando como referência o centro do painel.

A montagem foi efetuada sobrepondo as lâminas com dimensões de 60 x 60 cm e espessura de 1,6 mm, de forma que a orientação da grã de cada lâmina estivesse em ângulo de 90° da lâmina adjacente (Figura 17).

O tempo de assemblagem variou entre 30 e 40 minutos, tanto para os painéis de Tanino-formaldeído como para os de Fenol-formaldeído. As lâminas de miolo utilizadas na montagem dos painéis continham teor de umidade médio de 6,5%.

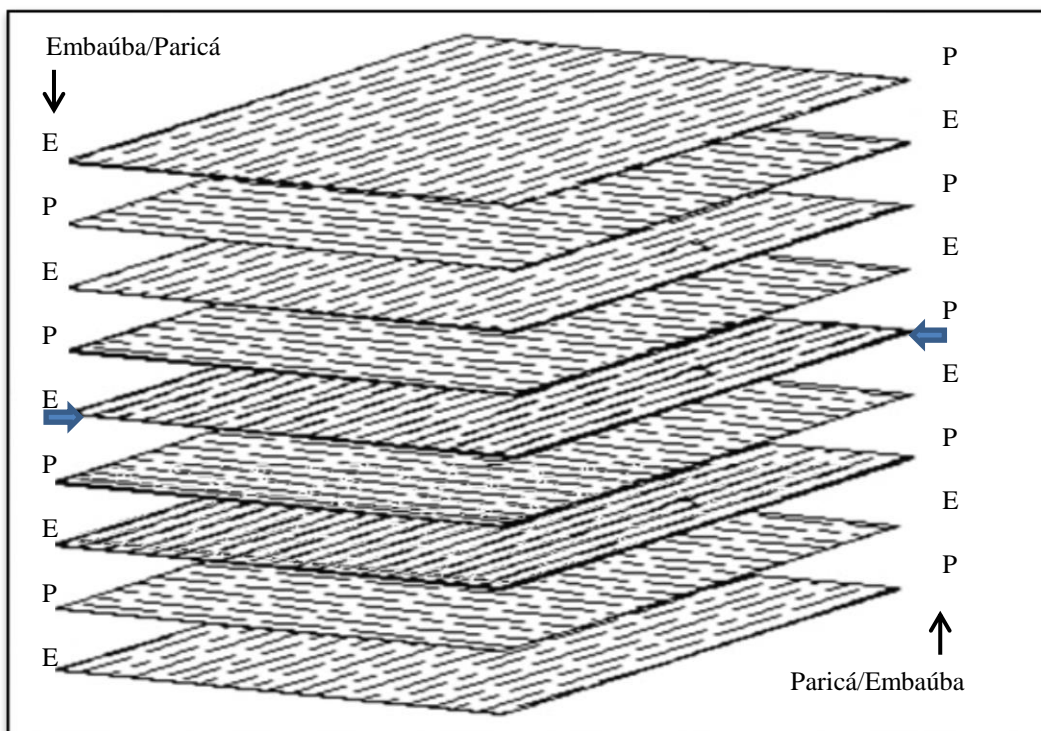


Figura 16: Diagrama de montagem dos painéis combinados paricá/embaúba e embaúba/paricá na proporção 55,6%/44,4%.

Fonte: O autor (2016).

Os parâmetros de controle de prensa tais como: pressão, temperatura e tempo de prensagem foram de 12 kgf/cm², 130°C e 1 min/mm, respectivamente para os dois adesivos. Na Figura 18 são apresentadas as etapas de aplicação de cola e prensagem dos painéis.



Figura 17: Etapas de aplicação da cola e prensagem dos painéis.

Nota: A) Aplicação de cola fenólica; B) Finalização da prensagem.

Fonte: O autor (2016).

Terminada a prensagem, os painéis ficaram em repouso por 25 dias até estabilizarem, e em seguida mediu-se a espessura em cada canto do painel.

4.9. Preparo dos corpos de prova

O plano de corte seguiu o esquema que pode ser visualizado na Figura 19.

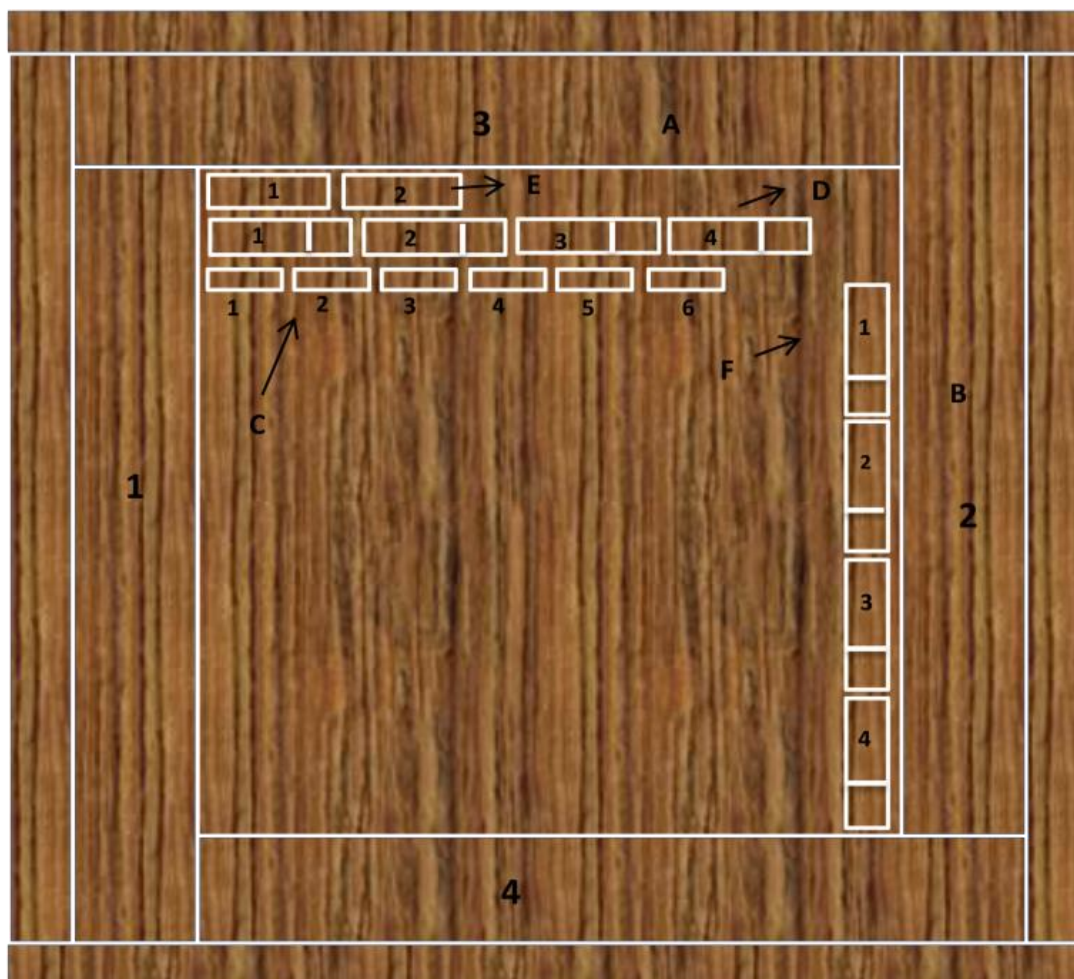


Figura 18: Plano de corte dos corpos de prova.

Notas: A) Flexão estática perpendicular /Densidade aparente/ Teor de umidade; B) Flexão estática paralela /Densidade aparente/ Teor de umidade; C) Inchamento; D) Cisalhamento da linha cola na camada central; F) cisalhamento da linha cola na contra capa; E) Absorção de água.

Fonte: O autor (2016).

As propriedades físico-mecânicas do painel foram determinadas utilizando as normas brasileiras da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Normas da ABNT utilizadas para avaliação da qualidade de painéis compensados multilaminados.

ENSAIOS		CP	DIMENSÕES (mm)	NORMA
Densidade aparente		4	75 X 410	NBR 9485/11 (ABNT, 2011)
Teor de umidade		4	75 X 410	NBR 9484/11 (ABNT, 2011b)
Absorção de água		2	75 X 25	NBR 9486/11(ABNT, 2011c)
Inchamento e Inchamento Residual		6	10 X 60	NRB 9535/11 (ABNT, 2011d)
Flexão estática	Paralelo	2	75 X 410	NBR 9533/11 (ABNT, 2011e)
	Perpendicular	2	75 X 410	
Cisalhamento	Úmido	Capa	2	NBR ISO 12466/1:2006 (ABNT, 2006d) e
		Miolo	2	
	Fervura	Capa	2	NBR ISO 12466/2:2006 (ABNT, 2006e)
		Miolo	2	

Nota: CP: Corpo de prova por painel.

Fonte: O autor (2016).

Após o procedimento de confecção, os corpos de prova foram condicionados em uma câmara climatizada mantendo-se $65 \pm 5\%$ de umidade relativa (UR) e a temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, até atingirem a umidade de equilíbrio de aproximadamente 12% (Figura 20).



Figura 19: Corpos de prova na câmara de climatização.

Fonte: O autor (2016).

4.10. Ensaios.

As propriedades físico-mecânicas foram determinadas no Laboratório de Propriedades da Madeira da UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro Oeste. Os ensaios mecânicos foram realizados em uma máquina universal da marca EMIC DL 30000 com capacidade máxima de 300 kN.

4.10.1. Densidade aparente (NBR 9485)

A densidade aparente foi determinada utilizando os corpos de provas de flexão estática, conforme também foi realizado por Pinto (2011), sendo os resultados expressos em g/cm³. Foi utilizada uma balança de precisão de 0,001 g, um paquímetro digital de 0,01 mm e um relógio comparador analógico também com precisão de 0,01 mm. A densidade aparente foi calculada conforme a Equação 10.

$$d = \frac{m}{c * l * e} * 10^6 \quad (10)$$

Onde:

m = massa do corpo de prova, em (g);

c, l, e = comprimento, largura e espessura, respectivamente do corpo de prova, em (mm).

4.10.2. Teor de umidade (NBR 9484)

Para determinação do teor de umidade também foram utilizados os corpos de prova dos ensaios de flexão estática. Para determinar o peso do corpo de prova utilizou-se de uma balança digital com precisão de 0,001 g. Para cálculo do teor de umidade utilizou-se a equação 11.

$$TU = \frac{(Mu - Ms)}{Ms} * 100 \quad (11)$$

Onde:

TU = Teor de umidade (%);

Mu = Massa úmida do corpo de prova (g);

Ms = Massa do corpo de prova após secagem em estufa à 103 ± 2 °C.

4.10.3. Absorção de água (NBR 9486)

Para determinação dos ensaios utilizou-se dois corpos de provas por painel na dimensão de 60 mm x 25 mm. Para determinação do peso do corpo de prova, utilizou-se de uma balança digital com precisão 0,01 mm. Os resultados foram determinados através da equação 12:

$$A = \frac{Mf - Mi}{Mi} * 100 \quad (12)$$

Onde:

A = Quantidade de água absorvida (%);

Mf = Massa do corpo de prova após a imersão (g);

Mi = Massa do corpo de prova retirados da estufa com temperatura de 50 °C

(g).

4.10.4. Inchamento e inchamento residual (NRB 9535)

Para medição da espessura no centro do corpo de prova, utilizou-se de um relógio comparador analógico com precisão 0,01 mm. Para cálculo do inchamento e inchamento residual, utilizaram-se as equações 13 e 14.

$$I = \left(\frac{e1 * e5}{e2 * e3} - 1 \right) * 100 \quad (13)$$

Onde:

I = Inchamento (%);

$e1$ = soma das espessuras dos corpos-de-prova utilizados como controle, climatizados (mm);

$e2$ = soma das espessuras dos corpos-de-prova utilizados como controle, secos em estufa (mm);

$e3$ = soma das espessuras dos corpos-de-prova antes da imersão em água (mm);

$e5$ = soma das espessuras dos corpos-de-prova após a imersão em água (mm).

$$IR = \left(\frac{e1 * e4}{e2 * e3} - 1 \right) * 100 \quad (14)$$

Onde:

IR = Inchamento mais recuperação da espessura (%);

$e4$ = soma das espessuras dos corpos-de-prova, após a imersão em água, e posterior secagem em estufa (mm).

4.10.5. Flexão Estática (NBR 9533)

As propriedades mecânicas determinadas no ensaio de flexão estática foram o Módulo de Ruptura (MOR) e o Módulo de Elasticidade (MOE). Foram amostrados quatro corpos de prova por painel, sendo dois na direção paralela às fibras da capa e dois na direção perpendicular. Foram medidas as espessuras dos corpos de provas com um relógio comparador e as larguras com um paquímetro digital, ambos com resolução de 0,01 mm. Na Figura 21 é apresentada a imagem de um ensaio de flexão estática.



Figura 20: Corpo de prova sendo submetido a um ensaio de flexão estática.

Fonte: O autor (2016)

4.10.5.1. Cálculo da velocidade de carregamento

Para calcular a velocidade de carregamento utilizou-se a Equação 15.

$$v = \frac{k * L^2}{6 * e} \quad (15)$$

Onde:

v = velocidade de carregamento em (m/s);

k = 0,00005, taxa de deformação das fibras;

L = distancia entre apoios (vão), em (mm);

e = espessura do corpo de prova em (mm).

4.10.5.2. Determinação do Módulo de Elasticidade (MOE) em Flexão Estática

O modulo de elasticidade foi calculado pela equação 16.

$$MOE = \frac{L^3 * (F2 - F1)}{4 * l * e^3 * (S2 - S1)} \quad (16)$$

Onde:

MOE = módulo de elasticidade (N/mm²);

L = distancia entre os centros dos apoios (vão), em (mm);

l = largura do corpo de prova, em (mm);

e = espessura do corpo de prova em (mm);

$F2 - F1$ = incremento de carga, no trecho reto da curva carga de deformação, determinado em newtons, com precisão de 1%;

$S2 - S1$ = incremento de flexão, no ponto central do vão, correspondente a $F2 - F1$, determinado em milímetros, com precisão mínima de 0,01 mm.

4.10.5.3. Determinação da tensão de Ruptura (MOR) em Flexão Estática

A determinação da tensão de ruptura será calculada através da Equação 17.

$$MOR = \frac{3 * Fmax. * L}{2 * l * e^2} \quad (17)$$

Onde:

MOR = tensão de ruptura à flexão estática, em (N/mm²);

Fmax = carga de ruptura em newtons (N);

L = distância entre os centros dos apoios (vão), em (mm);

l = largura do corpo de prova, em (mm);

e = espessura do corpo de prova em (mm).

Na Figura 22 estão representados esquematicamente as medidas e os parâmetros para os ensaios de flexão estática conforme preconiza a norma NBR 9533.

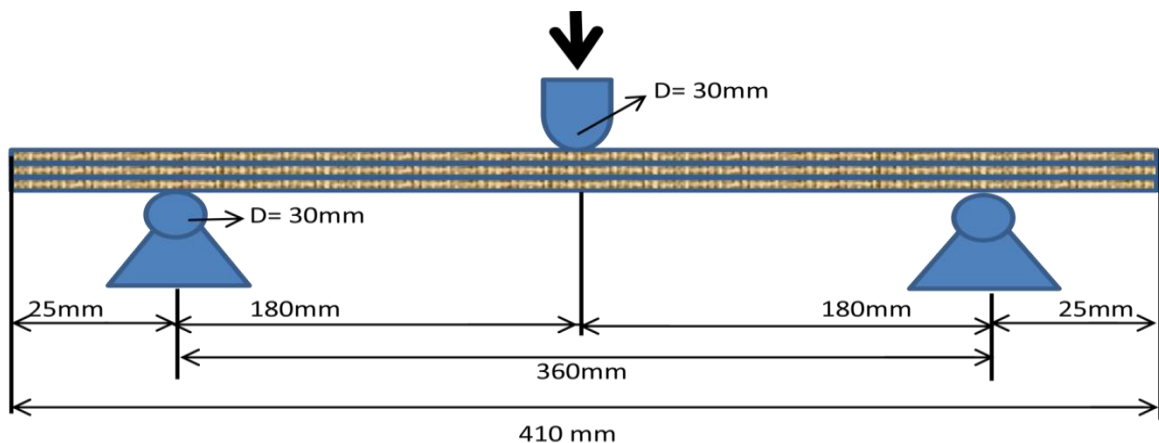


Figura 21: Esquema mostrando as medidas e acessórios usados para o ensaio de flexão estática.

Fonte: O autor (2016)

4.10.6. Qualidade de colagem (NBR ISO 12466-1- NBR ISO 12466-2)

Para o adesivo Fenol-formaldeído, os corpos de prova foram submetidos ao pré-tratamento úmido (imersão dos corpos de prova por 24h em água à temperatura ambiente) e ao pré-tratamento de fervura (imersão dos corpos de prova por 6h em água fervente e em seguida imersão dos mesmos por 1h em água à temperatura ambiente). Para o adesivo Tanino-formaldeído, realizou-se somente o pré-tratamento a úmido, pois, conforme testes prévios, os corpos-de-prova dos painéis produzidos com tanino não suportaram a fervura e delaminaram. Foram utilizados quatro corpos de prova por painel, divididos em dois

para avaliação da contra capa (primeiro miolo cola) e dois para avaliação do miolo central. Foram determinadas as forças de cisalhamento através da equação 18 e as falhas na madeira.

Força de cisalhamento (f_v).

$$f_v = \frac{F}{l*b} \quad (18)$$

Onde:

F = é a força (carga) no momento da ruptura do corpo-de-prova em (N);

l = é o comprimento da área sujeita ao cisalhamento, em (mm);

b = é a largura da área sujeita ao cisalhamento, em (mm).

Os pré-tratamentos foram selecionados conforme determina a norma para painéis de classe 3. Para medição do comprimento e largura da área de cisalhamento, utilizou-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

Concluídos os ensaios, os corpos de provas foram levados para estufa. Após a secagem determinou-se o percentual de ruptura coesiva aparente da madeira comparando os corpos de prova com as tabelas para avaliar a qualidade da colagem.

A qualidade de colagem dos painéis foi comparada com os requisitos apresentados na Norma NBR ISO 12466-2:2006 (ABNT, 2006e), Tabela 7.

Tabela 7: Requisitos para tensão de ruptura e falha na madeira.

Tensão de ruptura média de cisalhamento f_v (N/mm ²)		Falha na madeira %
0,2	$\leq f_v < 0,4$	≥ 80
0,4	$\leq f_v < 0,6$	≥ 60
0,6	$\leq f_v < 1,0$	≥ 40
1,0	$\leq f_v$	Sem requisitos

Fonte: ABNT NBR ISO 12466-2 (2006)

4.11. Análise estatística

Para análise das propriedades mecânicas dos painéis, utilizou-se o programa assistat aplicando o método ANOVA e teste de tukey para comparação das médias ao nível de 95% de probabilidade. Foi realizado o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade das variâncias. O delineamento foi inteiramente casualizado no esquema

fatorial com dois fatores: adesivos (Tanino-formaldeído e Fenol-formaldeído) e composição do painel (cinco composições com lâminas de pinus, paricá e embaúba), totalizando 10 tratamentos com três repetições. As variáveis analisadas foram: espessura dos painéis, densidade aparente, teor de umidade, absorção d'água, inchamento e inchamento residual, MOE e MOR em flexão estática e qualidade de colagem. A análise estatística para densidade das madeiras foi realizada segundo um delineamento inteiramente ao acaso e os resultados foram avaliados através da análise de variância e teste de Tukey ao nível de probabilidade de 95%. O rendimento da laminação foi analisado através do teste T para amostras independentes.

5. RESULTADOS E DISCUSÃO

5.1. Densidade básica da madeira

Na Tabela 8 são apresentados os valores de densidade básica para as espécies pinus, paricá e embaúba.

Tabela 8: Densidade básica média da madeira das espécies utilizadas.

Espécie	Densidade Básica (g/cm ³)
Pinus	0,42 a
Paricá	0,28 b
Embaúba	0,37a
F calculado	16,1498**

Notas: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey com 95% de probabilidade; **: significativo a 95% de probabilidade.

A densidade básica média encontrada para o *Pinus elliotii* neste experimento foi 0,42 g/cm³. Ballone (2009) encontrou 0,47 g/cm³ para madeira da mesma espécie com 20 anos de idade. Para a madeira de paricá encontrou-se valor médio de densidade de 0,28 g/cm³, que foi o mesmo valor encontrado por Almeida (2009) e próximo do valor encontrado por Almeida et al. (2013), que foi de 0,30 g/cm³. Bianche et al. (2012) e Macedo et al. (2012) encontraram densidade básica para a madeira de paricá igual a 0,26 g/cm³ e 0,28 g/cm³, respectivamente. A densidade básica média da madeira de embaúba foi de 0,37g/cm³. Heckler et al. (2014) encontrou valor médio de 0,39 g/cm³ ao avaliar a densidade básica de nove árvores de embaúba e Lorenzi (2009) constatou densidade básica de 0,41 g/cm³ para a *Cecropia glaziovii*, sendo ambos superiores aos valores médios encontrados no presente estudo. Como pode ser observado, a densidade básica média da madeira de paricá foi inferior a densidade básica da madeira de pinus e de embaúba.

5.2. Rendimento em laminação

Na Tabela 9 são apresentadas as variáveis que expressam o rendimento da laminação para as espécies paricá e embaúba.

Tabela 9: Dados de dimensões das toras e variáveis de rendimento do processo de laminação.

Espécie	DM (cm)	CON (cm/m)	RLSC (%)	PRR (%)	PAR (%)	PD (%)
Paricá	29,89	0,88	80,03	6,73	6,00	7,03
Embaúba	26,83	1,47	46,37	25,37	9,37	18,9
T calc	1,10 ^{ns}	2,04 ^{ns}	8,17**	5,08**	1,78 ^{ns}	4,42*
P (T<=t)	0,3312	0,1115	0,0012	0,0071	0,1499	0,0115

Notas: T calc: calculado pelo teste T para amostras independentes; DM: diâmetro médio; CON: conicidade; RLSC: rendimento de laminação sem casca; PRR: perdas no rolo resto; PAR: perda por arredondamento; PD: perdas diversas; ns: não significativo; *: significativo a 95 %; **: significativo a 99 %.

As toras de paricá e embaúba utilizadas apresentaram diâmetro médio sem casca de 29,89 cm e 26,83 cm, respectivamente, cuja diferença não é significativa através do teste T para amostras independentes.

Verificou-se que a conicidade média foi 0,88 e 1,47 cm/m para as espécies paricá e embaúba, respectivamente. Apesar da diferença de aproximadamente 40,1% entre as médias de conicidade para as espécies, estatisticamente não há diferença significativa. Essa diferença pode ser explicada através das características dendrométricas do paricá em relação à embaúba, tais como fuste aproximadamente cilíndrico e reto.

Bortoletto Júnior e Belini (2002), em um trabalho com guapuruvu, verificaram que a etapa de arredondamento foi a que gerou a maior perda (22,9%), devido, entre outros fatores à conicidade das toras como a principal responsável. O rendimento da laminação foi de 52,9% considerando a casca, e 60,98% sem casca.

Verificou-se que o rendimento da madeira de paricá foi de 80,03%, portanto, superior aos 46,37% da embaúba, influenciado pelas perdas com rolo-resto e perdas diversas. A perda média com rolo-resto de 25,37%, ligada diretamente a ocorrência de oco na região central da tora, foi observada em 100% das toras para essa espécie.

Na Figura 23 estão representados graficamente os resultados do rendimento da laminação sem casca para as duas espécies de folhosas, considerando valores mínimos, médios e máximos através da estatística descritiva.

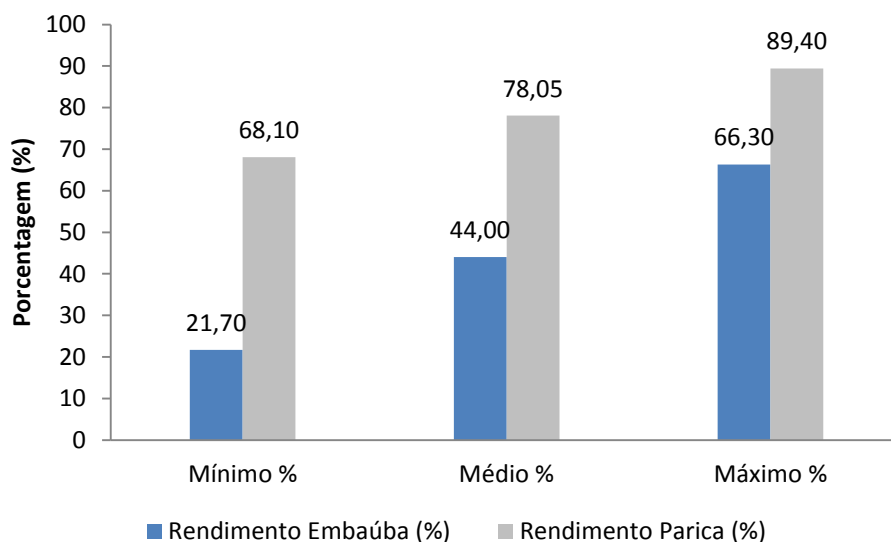


Figura 22: Gráfico de rendimento para as espécies de paricá e embaúba.
Fone: O autor (2016).

A média de RLSC para a madeira de paricá, de 80,03%, foi considerada alta em relação aos resultados alcançados por outros pesquisadores para mesma espécie. Modes et al. (2014) utilizaram um equipamento semelhante e encontraram um rendimento médio de 71,83% para toras de paricá (*Schizolobium parahyba amazonicum*), e Melo (2012) em seu trabalho obteve um rendimento 59,92% em um mesmo tipo de torno.

Silva et al. (2015) ao avaliar o rendimento da madeira de paricá para diferentes idades (5, 6, e 7) anos e em diferentes classes diamétricas, na região de Paragominas no estado do Pará, concluíram que a idade do paricá influenciou no rendimento da laminação e obtiveram valores de 43,79, 51,40 e 55,74% para RLSC nas idades de 5, 6 e 7 anos, respectivamente. Os autores verificaram relação diretamente proporcional entre o diâmetro da tora e o rendimento da laminação.

Fazer comparativos de rendimento, sobretudo para o paricá, sem considerar o equipamento de laminação e espessura da lâmina, poderá gerar informações equivocadas. Bortoletto Júnior (2008) comenta que a produção de lâminas de baixa espessura, apesar de gerar maior rendimento em laminação, pode elevar as perdas no processo de forma considerável, pois as lâminas finas são menos resistentes ao manuseio.

Monteiro (2013) e Melo et al. (2014) fazem observações quanto a este aspecto, e atribuem o avanço tecnológico como uma forma de reduzir as perdas e valorizar a madeira dessa espécie. Apesar da madeira de paricá apresentar baixa densidade (0,36 g/cm³) e, neste caso, segundo a ABIMCE (2009) o pré-tratamento das toras não é recomendado, observou-se que o cozimento aplicado neste experimento teve uma

influência significativa no rendimento em lâmina uma vez que as perdas por manuseio, mesmo sendo lâminas de 1,6 mm de espessura, foram atenuadas devido a maior maleabilidade das lâminas. Melo (2012) atribuiu o elevado número de lâminas descartadas da madeira de paricá a baixa espessura das lâminas (1,5 mm).

Com relação à embaúba (*Cecropia palmata*) o rendimento médio foi de 46,37%, aproximadamente 57,9% do verificado para o paricá neste experimento. Este valor médio está próximo dos valores encontrados por pesquisadores para outras espécies pouco utilizadas para produção de lâminas, como no estudo de Pinto (2011) em que obteve um rendimento médio de 49,82% em laminação para *Cryptomeria japonica* e Bednarczuk (2016) 55,56% para *Hovenia dulcis*. Almeida et al. (2014) obtiveram 54,4% para mesma espécie.

As perdas por arredondamento de 6,00% para o paricá e 9,37% para a embaúba não diferiram estatisticamente, porém a embaúba foi superior ao paricá. Bortolelo Junior (2008) encontrou valor superior para o *Pinus merkusii* ao avaliar a sua qualidade para produção de lâminas, que foi de 15,1%, com rendimento de 57,9%. Bonduelle et al. (2006) em seu estudo com pinus, concluíram que a maior perda no processo de laminação foi na fase de arredondamento das toras, que chegou a 35%, e o rendimento foi de 48%.

A perda média com rolo-resto para a espécie paricá foi de 6,73% contra os 12% encontrado por Melo (2012) e próximos dos valores encontrados por Hoffmann (2009) e Modes et al. (2014) para a mesma espécie. Porém a de se considerar que a perda com rolo-resto é fortemente influenciada pelo equipamento desfolhador como é caso da geração de tornos com tração nos rolos.

As perdas identificadas como diversas compreendem as perdas na etapa de guilhotinagem, manuseio e final de tora. Para o paricá a perda média diversa foi de 7,03%, e para Embaúba, a perda foi maior, com média de 18,9%.

5.3. Classificação das lâminas

Na Figura 24 estão representados graficamente os resultados da classificação de lâminas para as espécies em estudo.

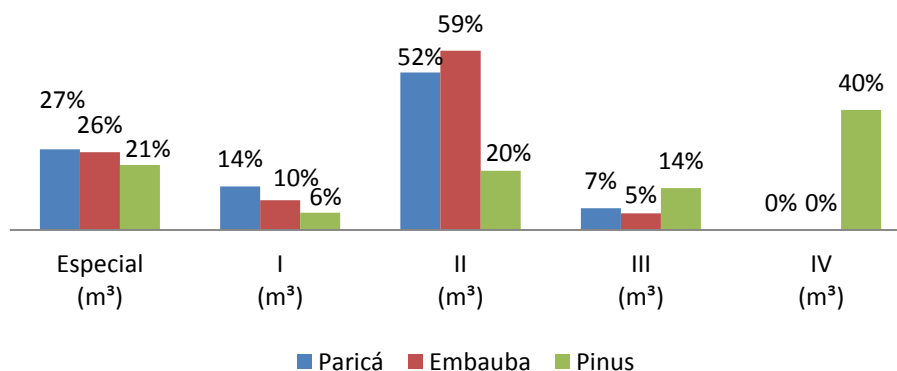


Figura 23: Classificação das lâminas segundo as normas da ABNT para madeiras de coníferas e folhosas.

Fonte: O autor 2016.

Para paricá e embaúba a maior proporção de lâminas foi encontrada na classe II, enquanto o pinus forneceu mais lâminas na classe IV. Os nós firmes aderentes com pequenas fendas foram o principal defeito observado para as lâminas das espécies de paricá e embaúba. Na classe I para as espécies paricá e embaúba, constatou-se apenas nós aderentes com fendas muito pequenas.

As classes, especial (27%) e tipo I (14%) para espécie paricá são aplicadas como capas na produção de compensados com maior valor agregado. Neste experimento a porcentagem de lâminas com potencial para aplicação na capa somaram 41% para o paricá, 36% para embaúba e 27% para o pinus. Comparativamente em relação às outras duas espécies o pinus apresentou resultado bem inferior, sobretudo na classe IV onde apresentou maior número de lâminas.

Modes et al. (2014) encontraram 46,12% do volume de lâminas de paricá com real possibilidade de aplicação em capas. Melo (2012) concluiu que, do total de lâminas produzidas, 53,7% apresentavam potencial para utilização como lâminas de capa. Bortoletto Júnior e Belini (2002), embora não tenham utilizado a mesma classificação empregada no presente estudo obtiveram, de um total de 193 lâminas de guapuruvu, 138 lâminas com real possibilidade de aplicação em capas de compensados o que corresponde a 72% das lâminas classificadas.

Apesar das lâminas destinadas ao miolo serem em maior proporção para as duas espécies de folhosas desse estudo, os defeitos causados por nós firmes aderentes, ou soltos não foram determinantes para essa classificação e sim pela presença de pequenas

fendas abertas. Para Melo (2012), a ausência quase que total de nós nas lâminas produzidas a partir do paricá se deve a alta capacidade de desrama natural da espécie.

5.4. Propriedades físicas dos painéis

5.4.1. Espessura, densidade aparente e teor de umidade

Todas as amostras se mostraram homogêneas através do teste Bartlett. A média dos valores de espessura, densidade, teor de umidade dos painéis separados por tratamentos estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Valores médios por tratamento para espessura, densidade aparente e teor de umidade dos painéis.

Tratamento	Adesivo	Espécie	E (mm)	Dens. (g/cm ³)	T.U (%)
T1		Paricá	12,63C	0,40D	13,01A
T2	Fenol- Formaldeído	Embaúba	13,75AB	0,47B	12,06B
T3		Pinus	13,96A	0,57A	12,99A
T4		Paricá/ Embaúba	13,83AB	0,43CD	12,72A
T5		Embaúba/ Paricá	13,24BC	0,45BC	12,25B
Media				13,48	0,46
T6		Paricá	13,49ABC	0,39D	12,89A
T7	Tanino- Formaldeído	Embaúba	13,05C	0,49B	11,69B
T8		Pinus	13,90AB	0,53A	12,88A
T9		Paricá/ Embaúba	14,05A	0,42CD	11,63B
T10		Embaúba/ Paricá	13,38BC	0,45BC	11,68B
Media			13,57	0,46	12,15
CV (%)			1,88	4,61	12,19

Notas: E: espessura média dos painéis; Dens.: densidade aparente média; TU: teor de umidade média.

As médias das espessuras dos painéis cujo adesivo foi o Fenol-formaldeído apresentaram diferença de 9,53%, variando de 12,63 (valor mínimo) a 13,96 mm (valor máximo), enquanto que os de Tanino-formaldeído variaram de 13,05 (valor mínimo) a 14,05 mm (valor máximo), uma diferença de 7,12%, porém a espessura média dos painéis produzidos com tanino foi superior à média dos painéis com fenol. Este fato pode estar relacionado com a maior viscosidade inicial da cola de tanino, dificultando a penetração na estrutura da madeira e contribuindo para formação de uma linha de cola mais espessa, consequentemente elevando a espessura do painel.

Os resultados para densidade aparente variaram de 0,40 a 0,57 g/cm³ para os tratamentos com adesivo Fenol-formaldeído e, de 0,38 a 0,53 g/cm³ para os tratamentos com Tanino-formaldeído. Para os dois adesivos, os painéis com 100% madeira de pinus apresentaram os maiores valores de densidade seguidos dos painéis de embaúba e de paricá. Os valores médios de densidade encontrados nesta pesquisa para os painéis 100% paricá para os diferentes adesivos estão próximos dos valores encontrados por Iwakiri et al. (2011), que variaram de (0,345 a 0,394 g/cm³) para o adesivo Fenol-formaldeído. Sá et al. (2010) encontrou para painéis de *Pinus sp.* valor médio de densidade aparente igual 0,54 g/cm³. Moreno et al. (2016), ao avaliar as propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Vell.), encontrou valores de densidade aparente de 0,388 g/cm³, valor semelhante ao encontrado nesta pesquisa para os painéis de paricá. Já Almeida (2009) encontrou valores médios de 0,75 e 0,51 g/cm³ para densidade aparente em painéis de pinus e paricá, respectivamente. Para a autora, esse incremento na densidade foi devido à elevada temperatura (150°C) e a elevada pressão (12 kgf/cm²) aplicada, e também a massa do adesivo utilizado. Carvalho (2013) estudando *Pinus oocarpa* e diferentes mistura de adesivos (fenol e tanino), encontrou densidade aparente para os painéis compensados variando de (0,516 a 0,530 g/cm³).

Embora os painéis produzidos nesta pesquisa apresentem uma montagem com nove camadas de lâminas e espessura de 12 mm, a ABIMCI (2007a), para a mesma espessura com painéis 100% pinus de cinco camadas, estabelece limite mínimo de densidade igual 0,476 g/cm³ que, pelos valores médios de densidade encontrados para os adesivos, Fenol-formaldeído (FF) e Tanino-formaldeído (TF), e diferentes composições, os tratamentos T(1), T(4), T(5) e T(6), T(9), T(10) foram inferiores.

Comparando a densidade aparente dos painéis produzidos com 100% madeira de cada espécie com a densidade básica da madeira de origem, os painéis (FF) e (TF) de paricá foram em média 41,05% mais pesados, seguidos dos painéis de pinus com 29,7% e embaúba com 25,9%. O maior valor apresentado pelos painéis de paricá está relacionado com a menor densidade da madeira de origem, considerando que a pressão específica foi a mesma para todos os tratamentos. Almeida (2009) verificou que os painéis de pinus (densidade de 0,75 g/cm³) foram 15% mais pesados que a madeira de origem, enquanto que os de paricá (densidade de 0,51 g/cm³) foram 55% mais pesados. Neste caso, este aumento de densidade está relacionado com os parâmetros de prensagem aplicados (pressão e temperatura) e a baixa resistência à compressão da madeira de paricá.

Os resultados para teores de umidade nos painéis produzidos com Fenol-formaldeído (FF) variaram de 12,06 a 13,01%, enquanto que os de Tanino-formaldeído (TF) variaram de 11,63 a 12,89%. Para o adesivo FF todos os tratamentos apresentaram teor de umidade acima de 12% e apenas os tratamentos T(7), T(9) e T(10) para o adesivo TF ficaram abaixo dos 12%, conforme sugere a ABIMCI (2009). Moreno et al. (2016), ao determinar o teor de umidade para painéis compensados de guapuruvu manufacturados com adesivo FF, encontraram valor médio de 10,55%. Palma (1986), ao avaliar o teor de umidade de painéis compensados de pinus, encontrou média de 10,86%. Em geral, os painéis confeccionados com madeira de embaúba apresentaram o menor TU, seguidos dos painéis de pinus e de paricá, e os painéis 100% pinus não diferiram estatisticamente dos painéis 100% paricá.

5.4.2. Estabilidade dimensional

Todas as amostras se mostraram homogêneas através do teste Bartlett. A média dos valores de absorção d'água, inchamento e inchamento residual de cada tipo de painel produzido estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Valores médios por tratamento para, absorção d'água, inchamento e inchamento residual dos painéis.

Tratamento	Adesivo	Espécie	AA (%)	I (%)	IR (%)
T1	Fenol-formaldeído	Paricá	86,29	6,48	0,82
T2		Embaúba	71,53	5,44	0,73
T3		Pinus	66,43	7,00	0,69
T4		Paricá/ Embaúba	78,31	6,30	0,55
T5		Embaúba/ Paricá	69,02	6,17	1,21
T6	Tanino-formaldeído	Paricá	76,54	7,75	3,72
T7		Embaúba	65,73	6,52	3,28
T8		Pinus	75,53	6,83	2,46
T9		Paricá/ Embaúba	73,03	7,77	3,86
T10		Embaúba/ Paricá	65,47	6,50	3,14
CV (%)			7,79	14,83	45,17

Notas: AA: absorção; I: inchamento; IR: inchamento residual.

Os valores médios de absorção d'água variaram de 66,43 a 86,29 % e 65,47 a 76,54 para os adesivos Fenol-formaldeído e Tanino-formaldeído, respectivamente. Bednarczuk (2016), em seu estudo com *Hovenia dulcis* (Uva-do-japão), encontrou

valores médios de absorção d'água variando de 42,59% a 73,64%. Isto se deve ao fato de que as madeiras deste estudo são mais leves que a uva-do-japão.

Os valores de absorção d'água encontrados nesta pesquisa são maiores do que os valores encontrados por Carvalho (2013) em seu estudo em que utilizou diferentes adesivos FF e TF puros e misturados, e constatou que os adesivos puros absorveram menos água, 57,3% e 55,9% para FF e TF, respectivamente.

Almeida (2009) ao avaliar a absorção de água de painéis produzidos com paricá e pinus, observou que os de paricá apresentaram maior absorção de água (63,34%) do que os de pinus (43,11%). Ainda, segundo a autora, este fato está relacionado com a maior porosidade na estrutura das madeiras com menor densidade.

Em relação ao estudo feito por Albino et al. (2011), que produziram compensados a partir de *Toona ciliata* e combinações com *Pinus sp*, encontraram variação de 56,67 à 84,67% que podem ser considerados próximos dos valores desta pesquisa.

Os valores médios para inchamento variaram de 5,44 a 7,00% e 6,50 a 7,77% para os adesivos, Fenol-formaldeído e Tanino-formaldeído, respectivamente, enquanto que para os valores de inchamento residual a variação foi de 0,55 a 1,21% para FF e 2,46 a 3,86% para TF. Almeida (2009) encontrou média de 10,67% de inchamento em espessura para painéis produzidos com lâminas de pinus e 4,10% para os produzidos com lâminas de paricá.

Palma (1986) em seu estudo com *Pinus elliottii* e TF como adesivo, encontrou valores de inchamento em espessura variando de 6,86 a 9,73% e no caso do inchamento residual a variação foi de 1,7 a 4,16%. Estes estão próximos dos valores encontrados nesta pesquisa e as diferenças existentes podem estar relacionadas à umidade das lâminas, considerando que a temperatura e a pressão não variaram.

Moreno et al. (2016) encontrou valor médio de inchamento mais recuperação em espessura de 6,56% para painéis produzidos com guapuruvu. Este valor está acima dos valores encontrados nesta pesquisa para as três espécies e suas combinações.

Iwakiri (2001), trabalhando com painéis compensados produzidos com cinco espécies de pinus tropicais e mais o *Pinus taeda*, colados com resina FF, encontrou valores médios de 4,85% (*Pinus caribaea*) a 7,75% (*Pinus taeda*) para inchamento em espessura, e de 0,79% (*Pinus caribaea*) a 2,17% (*Pinus tecunumannii*) para inchamento residual.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados da análise fatorial dos valores médios de absorção d'água, inchamento e inchamento residual para cada nível de fator estudado.

Tabela 12: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados de absorção d'água, inchamento e inchamento residual dos painéis.

Fator	Nível	AA (%)	I (%)	IR (%)
Adesivo	Fenol	74,32 a	6,28 b	0,80 b
	Tanino	71,26 a	7,07 a	3,29 a
	Fcalc	2,1788 ^{ns}	4,8353*	54,5872**
Composição	Paricá	81,41 a	7,12 a	2,27 a
	Embaúba	68,63 b	5,98 a	2,01 a
	Pinus	70,98 b	6,92 a	1,57 a
	Paricá/ Embaúba	75,67 ab	7,03 a	2,21 a
	Embaúba/ Paricá	67,25 b	6,34 a	2,18 a
	Fcalc	6,2491 **	1,5016 ^{ns}	0,5580 ^{ns}
Interação	Fcalc	2,3942 ^{ns}	1,5016 ^{ns}	0,7281 ^{ns}

Notas: AA: absorção; I: inchamento; IR: inchamento residual; *: significativo a 95% de probabilidade; **: significativo a 99% de probabilidade; ^{ns} : não significativo a 95% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 95%.

5.4.2.1. Análise da Absorção d'água

Diferentes adesivos não apresentaram diferenças estatísticas para os valores de absorção de água, já em relação às composições pode-se observar que os painéis diferiram estatisticamente e não houve interação entre os fatores.

Observa-se que os painéis produzidos com paricá na capa absorveram mais água quando comparados com os de embaúba e pinus na capa, este fato está relacionado à menor densidade do paricá e maior porosidade. Albino et al. (2011) ao estudarem os painéis produzidos com lâminas de madeira com baixa densidade, concluíram que estes absorveram mais água. Apesar disso, quando em combinação com lâminas da madeira de embaúba, os painéis contendo madeira de paricá não diferiram das outras espécies na absorção d'água.

5.4.2.2. Análise do inchamento e o inchamento residual

Entre os adesivos ocorreu diferença estatística tanto para o inchamento como para o inchamento residual, o que não ocorreu entre as composições. Os painéis produzidos

com Tanino-formaldeído foram os que apresentaram os maiores valores de inchamento e de inchamento residual.

De acordo com Medina (1986) e Arruda (2012), na prensagem o compensado recebe um ganho de densidade e um aumento de tensões internas, afetando, portanto, a sua estabilidade dimensional no sentido perpendicular à superfície. Segundo Iwakiri (2001), nem sempre o maior inchamento em espessura da chapa está relacionado com a maior recuperação em espessura, no entanto nesse trabalho isso ocorreu.

O fato dos painéis produzidos com TF terem inchado mais, mesmo sem terem absorvido mais água, demonstra que a colagem com tanino não proporcionou a mesma eficiência que o fenol para conter a liberação das tensões internas do painel, ocorridas durante a prensagem.

5.5. Propriedades mecânicas

5.5.1. Flexão estática

Todas as amostras se mostraram homogêneas através do teste Bartlett. A média dos valores para módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) no sentido perpendicular e paralelo dos painéis, separados por tratamento estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Valores médios por tratamento para o módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na direção perpendicular e paralela dos painéis.

Tratamento	Adesivo	Espécie	MOR		MOE	
			Pe (MPa)	Pa (MPa)	Pe (MPa)	Pa (MPa)
T1	Fenol- Formaldeído	Paricá	24,70	34,93	3167,00	4915,17
T2		Embaúba	29,23	47,52	3327,50	7186,50
T3		Pinus	25,68	39,50	2199,17	3784,50
T4		Paricá/ Embaúba	32,53	34,82	4082,33	5585,33
T5		Embaúba/ Paricá	28,90	42,53	3314,17	6351,83
T6	Tanino- Formaldeído	Paricá	23,97	29,32	3050,83	5111,17
T7		Embaúba	27,75	46,88	3324,00	7613,73
T8		Pinus	22,65	34,63	1901,33	3386,50
T9		Paricá/ Embaúba	31,63	31,15	4094,17	5044,33
T10		Embaúba/ Paricá	23,44	42,72	2940,17	6875,67
CV (%)			12,04	11,27	11,22	9,87

Notas: MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade; Pa: direção paralela; Pe: direção perpendicular.

Os valores médios para MOR na direção perpendicular variaram entre 24,70 Mpa (T1) a 32,53 Mpa (T4) para o adesivo Fenol-formaldeído e 22,65 Mpa (T8) a 31,63 Mpa (T9) para o adesivo Tanino-formaldeído. Esses valores estão próximos dos valores encontrados por Bednarczuk (2016) em painéis com madeira de pinus prensados em diferentes níveis de pressão.

Os valores médios de MOR paralelo para os tratamentos (T1, T4, T6, T8 e T9), na direção paralela não atingiram os valores mínimos e são considerados baixos para aplicação como forma para concreto conforme preconiza a norma DIN 687292(1979). Observa-se também que 80% dos tratamentos que não atingiram os requisitos mínimos da norma estão relacionados ao uso da madeira de paricá, que são os tratamentos T1(34,93 Mpa) e T6(29,32 Mpa) com 100% madeira de paricá e T4(34,82 Mpa) e T9(31,15 Mpa) com combinações de paricá/embaúba na proporção (56/44%), produzidos com FF e TF, respectivamente. Esses valores estão relacionados, em parte, com a baixa densidade da madeira de paricá, o que não se observa para embaúba pura e combinada nas mesmas proporções. Estes valores estão próximos do valor médio de 27,45 Mpa encontrado por Moreno et al. (2016) para painéis de guapuruvu, uma espécie também pertencente ao mesmo gênero do paricá.

O módulo de elasticidade (MOE) perpendicular variou de 2199,17 Mpa (T3) a 4082,33 Mpa (T2) para o adesivo FF e 1901,33 Mpa (T8) a 4094,17 Mpa (T7) para o adesivo TF.

Na comparação dos valores de MOE paralelo desta pesquisa com os requisitos da norma DIN 687292 (1979), com exceção do pinus (T3) e (T7) e do paricá (T1), verifica-se que os demais tratamentos apresentaram valor mínimo exigido pela norma para compensados para uso em forma de concreto. Moreno et al. (2016) encontrou valor médio 3792 Mpa para o guapuruvu, que está próximo dos valores encontrados neste estudo para a madeira de paricá para os dois adesivos utilizados. Os painéis produzidos com madeira 100% paricá apresentaram valores de MOE paralelo superiores aos painéis produzidos com madeira 100% pinus.

Comparando os valores de MOR e MOE, paralelo e perpendicular, deste estudo com os dados da ABIMCI (2007a), pode-se verificar que todos os painéis atingiram os limites mínimos exigidos para painéis de pinus com 12 mm de espessura e cinco camadas.

Tanto nos painéis manufaturados com resina fenólica como nos painéis manufaturados com resina de tanino, os resultados de MOR e MOE na direção paralela

para os painéis 100% embaúba foram superiores as demais composições, demonstrando a superioridade da embaúba para esta propriedade.

Na Tabela 14 observa-se a análise fatorial dos valores médios do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na direção perpendicular e paralela para cada nível de fator estudado.

Tabela 14: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na direção paralela e perpendicular.

Fator	Nível	MOR		MOE	
		Pe (MPa)	Pa (MPa)	Pe (MPa)	Pa (MPa)
Adesivo	Fenol	28,21 a	39,86 a	3218,03 a	5564,67a
	Tanino	25,89 b	36,95 b	3062,70 a	5606,10 a
	Fcalc	7,6259**	6,7662*	2,9143 ^{ns}	0,0847 ^{ns}
Composição	Paricá	24,33 c	32,12 b	3110,42 b	5013,17 c
	Embaúba	28,49 ab	47,20 a	3325,75 b	7400,17 a
	Pinus	24,17 c	37,07 b	2050,25 c	3585,50 d
	Paricá/ Embaúba	32,08 a	32,98 b	4988,25 a	5314,83 c
	Embaúba/ Paricá	26,17 bc	42,66 a	3127,18 b	6613,25 b
Interação	Fcalc	1,1042 ^{ns}	1,0770 ^{ns}	2,3108 ^{ns}	2,3108 ^{ns}

Notas: MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade; Pa: direção paralela; Pe: direção perpendicular; *: significativo a 95% de probabilidade; **: significativo a 99% de probabilidade; ^{ns}: não significativo a 95% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 95%.

Na análise dos resultados, observa-se diferença estatística significativa ao nível de 95% de probabilidade nos valores médios para o MOR perpendicular e, diferença significativa ao nível de 99% de probabilidade para o MOR paralelo, para os diferentes adesivos, não ocorrendo interação entre os dois fatores para esta propriedade nas duas direções. Para os valores médios de MOE perpendicular e paralelo, os diferentes adesivos utilizados para fabricação dos painéis não diferiram estatisticamente. Já em relação às composições as diferenças nos valores médios de MOE perpendicular e paralelo não foram significativas, não ocorrendo interação entre fatores.

Em relação ao fator adesivo, os valores de MOR perpendicular e paralelo foram superiores para os painéis colados com adesivo FF. Esse resultado pode ser atribuído, em parte, a melhor performance do adesivo Fenol-formaldeído na junta dos substratos de madeira em relação ao Tanino-formaldeído para mesma gramatura aplicada.

Os painéis compostos por combinações de paricá/embaúba na proporção (56/44%) apresentaram valores para MOR perpendicular e MOR paralelo bem próximos, o que não

se observa em relação às demais composições. Os painéis produzidos com madeira 100% paricá não apresentaram diferença significativa dos painéis produzidos com madeira 100% pinus para o MOR nas duas direções.

Os painéis combinados paricá/embaúba e embaúba/paricá na proporção (56/44%) diferiram estatisticamente nos valores de MOR perpendicular, e essa diferença pode ser atribuída a distribuição das lâminas no painel de paricá/embaúba uma vez que a segunda camada, embaúba, ocupa a posição paralela em relação ao esforço aplicado.

Observa-se que os painéis manufaturados com madeira 100% embaúba e paricá/embaúba na proporção (56/44%), apresentaram os maiores valores para MOR perpendicular, não ocorrendo diferença estatística entre eles. Para estes painéis, apesar do maior número de lâminas de paricá na sua composição, apresentou maior valor de MOR perpendicular que o de embaúba/paricá, mesmo possuindo na sua composição maior proporção de lâminas de embaúba. Isso se deve ao fato de que as lâminas de embaúba na formação do painel paricá/embaúba, ocupam a posição paralela ao esforço aplicado, e por ter maior densidade que o paricá, proporciona esse ganho na propriedade. Já nos painéis combinados embaúba/paricá, ao contrário da composição anterior, o esforço está sendo suportado pelo paricá, que possui menor densidade, conseqüentemente, influenciou no menor valor de MOR perpendicular.

Na direção paralela, os painéis manufaturados com lâminas 100% embaúba apresentaram os maiores valores para MOR, não diferindo estatisticamente apenas dos painéis combinados de embaúba/paricá, cuja embaúba participa em maior proporção.

Os valores de MOE na direção perpendicular para diferentes composições destacam os painéis combinados paricá/embaúba por apresentar o maior valor para o módulo de elasticidade, diferindo-o estatisticamente das demais composições. Em relação ao MOE paralelo, os painéis constituídos com madeira 100% embaúba e combinações embaúba/paricá apresentaram os maiores valores, destacando a superioridade da embaúba.

Observa-se que todos os painéis compostos por embaúba registraram as maiores médias para MOE nas duas direções. Essa tendência está associada à maior densidade da embaúba em relação ao paricá, enquanto que o pinus apresentou os menores valores.

5.5.2. Resistência ao cisalhamento na linha de cola e falha na madeira

Nesta pesquisa não foi realizado os ensaios da tensão de cisalhamento (RLC) e falha na madeira (FM) na linha de cola através dos ensaios de fervura para os corpos de provas de painéis manufaturados com Tanino-formaldeído, considerando que em ensaios prévios ocorreu a delaminação dos corpos de prova.

5.5.2.1. Contra capa (CC)

Os valores médios de tensão de cisalhamento e falha na madeira na linha de cola no ensaio a úmido estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Valores médios por tratamento para tensão de cisalhamento e falha na madeira por tratamento na contra capa para o ensaio a úmido.

Tratamento	Adesivo	Espécie	RLC (MPa)	FM (%)
			Úmido	Úmido
T1	Fenol- formaldeído	Paricá	1,38	86,67
T2		Embaúba	1,32	76,67
T3		Pinus	1,32	83,33
T4		Paricá/ Embaúba	1,30	73,33
T5		Embaúba/ Paricá	1,23	78,33
T6	Tanino- formaldeído	Paricá	0,72	10,00
T7		Embaúba	0,57	5,00
T8		Pinus	0,85	10,00
T9		Paricá/ Embaúba	0,88	16,67
T10		Embaúba/ Paricá	0,70	43,33
CV (%)			29,10	23,10

Notas: RLC: resistência na linha de cola; FM: falha na madeira; CV: coeficiente de variação.

No ensaio a úmido os tratamentos (T6, T7, T8, e T9) não atingiram os valores de resistência na linha de cola tanto para a tensão de ruptura, como para falha na madeira exigida pela norma NBR 12466-2.

O uso do tanino na gramatura proposta (145 g/m²) em linha simples não apresentou bons resultados para as espécies em estudo (paricá, embaúba e pinus) puras e combinadas. Essa gramatura está abaixo da recomendada pelo fabricante TANAC (2015) para madeiras moles, e dos valores estudados por outros pesquisadores (CARVALHO, 2013; SILVA et al., 2012; PALMA, 1986).

Na Tabela 16 observa-se a análise fatorial dos valores médios de resistência na linha de cola, no ensaio a úmido para cada nível de fator estudado.

Tabela 16: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira na contra capa.

Fator	Tipo	RLC (MPa)	FM (%)
		Úmido	Úmido
Adesivo	Fenol	1,31 a	79,67 a
	Tanino	0,74 b	17,00 b
	Fcalc	53,9582 **	472,5134**
Composição	Paricá	1,05 a	48,33 ab
	Embaúba	0,94 a	40,83 b
	Pinus	1,08 a	46,67 b
	Paricá/ Embaúba	1,09 a	45,00 b
	Embaúba/ Paricá	0,97 a	60,83 a
Interação	Fcalc	0,6488 ^{ns}	7,1725**

Notas: RLC: resistência na linha de cola; FM: falha na madeira; *: significativo a 95% de probabilidade; **: significativo a 99% de probabilidade; ^{ns}: não significativo a 95% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 95%.

Em relação ao fator adesivo, os painéis manufacturados com fenol, nos ensaios a úmido, se mostraram superiores tanto para a RLC como para a FM. Isto pode estar relacionado, em parte, com as características químicas do tanino e a gramatura aplicada. De acordo com Iwakiri (2005) a composição do adesivo influencia no desempenho da linha de cola, bem como as características físicas da madeira para as duas faces da lâmina.

Almeida (2009) em estudo com paricá e pinus, verificou que os painéis de paricá apresentaram maior valor médio de resistência ao cisalhamento úmido do que os de pinus o que, segundo a autora, se deve ao fato do pinus apresentar maior densidade. Neste estudo, os resultados da RLC para o adesivo fenol foram maiores que os de tanino, demonstrando que, na gramatura proposta, a colagem com tanino não foi eficiente na madeira.

Observou-se que a porcentagem de falhas é mais expressiva para os painéis constituídos com 100% lâminas de paricá e na interface combinadas embaúba/paricá e paricá/embaúba, no ensaio úmido, o que indica a maior fragilidade da estrutura celular da madeira de paricá apesar de não diferem estatisticamente.

A interação da composição de lâminas com os adesivos nos resultados de falha na madeira no ensaio a úmido é descrita na Tabela 17.

Tabela 17: Interação do tipo de adesivo com a composição de lâminas nos resultados de falha na madeira para o ensaio a úmido na contra capa.

Adesivo/Composição	Paricá	Embaúba	Pinus	Paricá/	Embaúba/
				Embaúba	Paricá
Fenol	86,67aA	76,67aA	83,33aA	73,33aA	78,33aA
Tanino	10bB	5,00bB	10,00 bB	16,67bB	43,33aA

Notas: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas nas linhas.

A aplicação do Fenol-formaldeído em diferentes composições de lâminas não afetou a quantidade de falhas na madeira na condição úmida. Os painéis manufacturados com lâminas de embaúba/paricá na proporção (56/44%) não diferiram estatisticamente para os diferentes adesivos. Já em relação às outras composições com tanino, a percentagem de falhas não foi afetada. Em geral, o tanino como adesivo na gramatura de 290 g/m² para as composições empregadas não é indicado para ambientes sujeitos a altas taxas de umidade.

Os valores médios de tensão de cisalhamento e falha na madeira na linha cola para contra capa no ensaio com fervura estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Influência da composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira na contra capa.

Fator	Tipo	RLC (Mpa)	FM (%)
		Fervura	Fervura
Composição	Paricá	1,17 a	78,33 a
	Embaúba	0,98 a	75,00 a
	Pinus	1,15 a	65,00 a
	Paricá/ Embaúba	1,12 a	66,67 a
	Embaúba/ Paricá	1,23 a	76,67 a

Nota: RLC: resistência na linha de cola; FM: falha na madeira; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 95%.

Observa-se que no ensaio com fervura as diferentes composições não diferiram na tensão de cisalhamento e na quantidade de falhas na madeira. Para os ensaios com fervura dos painéis produzidos com fenol, apenas os de embaúba 100% (T2) apresentaram RLC abaixo de 1 Mpa, porém apresentaram falha na madeira maior que 40%, o que atende os requisitos estipulados pela NBR ISO 12466-2 (ABNT, 2006e).

5.5.2.2. Miolo central (MC)

Os valores médios de tensão de cisalhamento e falha na madeira na linha cola para o miolo central no ensaio a úmido estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Valores médios por tratamento para tensão de cisalhamento e falha na madeira por tratamento no miolo central.

Tratamento	Adesivo	Espécie	RLC (Mpa)	FM (%)
			Úmido	Úmido
T1		Paricá	0,92	81,67
T2	Fenol- Formaldeído	Embaúba	1,20	68,33
T3		Pinus	1,33	55,00
T4		Paricá/ Embaúba	1,22	71,67
T5		Embaúba/ Paricá	0,75	60,00
T6		Paricá	0,65	23,33
T7	Tanino- Formaldeído	Embaúba	0,95	11,67
T8		Pinus	0,98	11,67
T9		Paricá/ Embaúba	0,91	11,67
T10		Embaúba/ Paricá	1,13	56,67
CV (%)			13,97	29,23

Notas: RLC: resistência na linha de cola; FM: falha na madeira.

As médias para resistência na linha cola para o miolo central variaram de 0,65 Mpa (T6) a 1,33 Mpa (T3) para o tratamento a úmido. Para fenol, todas as composições de lâminas atingiram os valores mínimos de RLC de FM exigidos pela norma. Para o tanino nenhuma das composições de lâminas atingiram os valores mínimos.

Na Tabela 20 observa-se a análise fatorial dos valores médios de resistência na linha de cola, no ensaio úmido para cada nível de fator estudado.

Tabela 20: Influência do tipo de adesivo e composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira no miolo central.

Tipo		RLC (MPa)	FM (%)
		Úmido	Úmido
Adesivo	Fenol	1,08 a	67,33 a
	Tanino	0,93 b	23,00 b
	Fcalc	18,6887 **	169,1109**
Composição	Paricá	0,78 c	52,50 ab
	Embaúba	1,08 ab	40,00 bc
	Pinus	1,16 a	33,33 c
	Paricá/ Embaúba	1,07 ab	41,67 bc
	Embaúba/ Paricá	0,94 bc	58,33 a

(Continuação)

Interação	Fcalc	14,0990 **	9,7897**
-----------	-------	------------	----------

Notas: RLC: resistência na linha de cola; FM: falha na madeira; *: significativo a 95% de probabilidade; **: significativo a 99% de probabilidade; ^{ns} : não significativo a 95% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 95%.

Os painéis produzidos com lâminas 100% embaúba, 100% pinus e combinados paricá/embaúba, apresentaram resultados para RLC úmido, estatisticamente equivalentes para miolo central. Para os diferentes adesivos, no ensaio a úmido, a superioridade do fenol em relação ao tanino prevalece.

Os valores médios de cisalhamento no ensaio a úmido para o miolo central obtido para os diferentes adesivos e composições, diferiram estatisticamente ao nível de 99% de probabilidade, ocorrendo interação entre os fatores.

A interação da composição de lâminas com os adesivos nos resultados de cisalhamento a úmido é descrita na Tabela 21.

Tabela 21: Interação do tipo de adesivo com a composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento para o ensaio a úmido no miolo central.

Adesivo/Composição	Paricá	Embaúba	Pinus	Paricá/ Embaúba	Embaúba/ Paricá
Fenol	0,92 aB	1,20 aA	1,33 aA	1,22 aA	0,75 bB
Tanino	0,65 bB	0,95 bA	0,98 bA	0,92 bA	1,13 aA

Notas: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas nas linhas.

Os valores médios para tensão de cisalhamento no miolo central diferiram estatisticamente apenas na composição embaúba/paricá na proporção (56/44%), onde o adesivo Fenol formaldeído apresentou menor valor.

A interação da composição de lâminas com os adesivos nos resultados de falha na madeira, no ensaio com fervura é descrito na Tabela 22.

Tabela 22: Interação do tipo de adesivo com a composição de lâminas nos resultados de falha na madeira para o ensaio com fervura no miolo central.

Adesivo/Composição	Paricá	Embaúba	Pinus	Paricá/ Embaúba	Embaúba/ Paricá
Fenol	81,67 aA	68,33aAB	55,00 aB	71,67aAB	60,00aAB
Tanino	23,33 bB	11,67bB	11,67bB	11,67bB	56,67aA

Notas: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas nas linhas.

Em relação à falha na madeira no miolo central, para os diferentes adesivos, apenas a composição embaúba/paricá na proporção (56/44%) não diferiu estatisticamente.

Os valores médios de tensão de cisalhamento e falha na madeira na linha cola para miolo central no ensaio com fervura estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23: Influência da composição de lâminas nos resultados de tensão de cisalhamento e falha na madeira no miolo central.

Fator	Tipo	RLC (MPa)	FM (%)
		Fervura	Fervura
Composição	Paricá	0,93 a	76,67 a
	Embaúba	1,20 a	70,00 ab
	Pinus	1,28 a	55,00 ab
	Paricá/ Embaúba	0,98 a	53,33 ab
	Embaúba/ Paricá	1,00 a	51,66 b

Nota: RLC: resistência na linha de cola; FM: falha na madeira; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 95%.

Para o adesivo fenol formaldeído, no ensaio com fervura, a composição não influenciou nos resultados de cisalhamento da linha de cola para o miolo central. Já em relação à quantidade de falhas na madeira, apenas as composições, 100% paricá e a combinação de embaúba/paricá na proporção (56/44%) diferiram estatisticamente.

6. CONCLUSÕES

Baseado na análise dos resultados obtidos através desta pesquisa é possível apresentar as seguintes conclusões:

A madeira de paricá apresentou a menor densidade básica ($0,28 \text{ g/cm}^3$) e as madeiras de embaúba ($0,37 \text{ g/cm}^3$) e pinus ($0,42 \text{ g/cm}^3$) não diferiram estatisticamente.

O rendimento médio do processo de laminação foi de 80,03 e 46,37% para as madeiras de paricá e embaúba, respectivamente, o qual é considerado excelente para o paricá e satisfatório para embaúba para produção de laminados de madeira.

A maior perda no processo de laminação para espécie embaúba, de 25,37%, foi devido ao rolo resto (PRR), face ao oco na região central da tora. As perdas diversas (PD) 18,90% e por arredondamento (PAR) 9,37% foram atribuídas às características físicas da espécie e a maior conicidade das toras.

Maior número de lâminas foi obtido na classe II para as espécies paricá e embaúba, com 52% e 59%, respectivamente, considerado normal entre as indústrias de laminados no Norte do Brasil.

Os painéis produzidos com madeira de paricá e adesivo Fenol-formaldeído apresentaram menor espessura e menor densidade, determinadas principalmente pela menor densidade da madeira dessa espécie. Para o adesivo Tanino-formaldeído isso não foi confirmado, o que foi atribuído à maior viscosidade desse adesivo.

Os painéis apresentaram teor umidade que variou de 11,63% a 13,01%, este valor depende da região, do clima e do teor de umidade de equilíbrio.

O tipo de adesivo não influenciou na quantidade de água absorvida e os painéis produzidos com madeira de paricá apresentaram maior valor médio de absorção d'água.

Os valores de inchamento em espessura e inchamento residual foram maiores para os painéis manufaturados com Tanino-formaldeído, o que demonstra que a colagem com tanino não proporcionou a mesma eficiência que o fenol para conter a liberação das tensões internas do painel ocorridas durante a prensagem.

Os valores de MOR e MOE, paralelo e perpendicular, foram maiores para os painéis produzidos com Fenol-formaldeído. Em relação às composições, de maneira geral, verificou-se melhor desempenho dos painéis de embaúba.

Os painéis combinados paricá/embaúba produzidos com os dois adesivos apresentaram maior estabilidade mecânica, com valores de MOE e MOR paralelo e

perpendicular mais próximos, o que sugere esta combinação para produção em escala industrial.

Os painéis produzidos com Fenol-formaldeído apresentaram valores médios de resistência da linha de cola dentro dos parâmetros exigidos pela norma ABNT para painéis de uso exterior.

A análise da qualidade de colagem demonstra que o uso do tanino, na gramatura de 145 g/m² em linha simples, não foi satisfatório para manufatura de painéis compensados para aplicação exterior.

A madeira de embaúba demonstrou potencial para o uso individual ou em combinação com lâminas da madeira de paricá, na fabricação de painéis compensados multilaminados de uso exterior.

Tendo em vista o alto rendimento em laminação de paricá, é recomendável a produção de compensados com embaúba/paricá, sendo embaúba nas capas, devido a maior resistência mecânica em flexão estática.

7. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se novas pesquisas para manufatura de painéis compensados estruturais que utilizem maiores gramaturas de adesivo de Tanino-formaldeído para as espécies de paricá e embaúba.

Recomenda-se também avaliar o desempenho mecânico de outras combinações de lâminas para as espécies de paricá e embaúba de forma a melhorar os resultados conseguidos nesta pesquisa, colocando três miolos na direção paralela às fibras nas camadas imediatamente abaixo das capas, na tentativa de melhorar os resultados de MOE e MOR paralelo.

8. REFERÊNCIAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Compensado de pinus**. Programa Nacional de Qualidade da Madeira. Catálogo Técnico n. 1, Curitiba, 2002. 20p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Painéis compensado de tropical**. Catálogo Técnico, Curitiba, 2007b. 4p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Painéis compensado de pinus**. Catálogo Técnico, Curitiba, 2007a. 4p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Dados estatísticos de embarques**. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/conteudo-restrito/dados-estatisticos-de-exportacao/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Secagem de serrados e lâminas de madeira**. Artigo Técnico Nº 27, Curitiba, 2004. 7p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Compensados de madeira tropical e pinus-PNQM-CT e PNQM-CP**. Programa nacional da qualidade da madeira. Catálogo Técnico, Rev.05, Curitiba, 2009, 10 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Condicionamento de corpos de prova de compensados para ensaio**. Rio de Janeiro, 1986f. (Norma Brasileira NBR-9489).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Compensado: determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2011. (Norma Brasileira NBR-9485).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Compensado: Determinação do teor de umidade**. Rio de Janeiro, 2011b. (Norma Brasileira NBR-9484).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Compensado: determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2011c. (Norma Brasileira NBR-9486).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Compensado: determinação da em espessura e inchamento mais recuperação em espessura**. Rio de Janeiro, 2011d. (Norma Brasileira NBR-9535).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Compensado: determinação da resistência à flexão estática.** Rio de Janeiro, 2011e. (Norma Brasileira NBR-9533).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira – Determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro, 2003. (Norma Brasileira NBR 11941).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira compensada – Classificação pela aparência superficial, Parte 1: Geral.** Rio de Janeiro, 2006a. (Norma Brasileira NBR ISO 2426-1).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira compensada – Classificação pela aparência superficial, Parte 2: Folhosas.** Rio de Janeiro, 2006b. (Norma Brasileira NBR ISO 2426-2).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira compensada – Classificação pela aparência superficial, Parte 3: Coníferas.** Rio de Janeiro, 2006c. (Norma Brasileira NBR ISO 2426-3).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira compensada – Qualidade de colagem.** Rio de Janeiro, 2006d. (Norma Brasileira NBR ISO 12466-1).

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira compensada – Qualidade de colagem.** Rio de Janeiro, 2006e. (Norma Brasileira NBR ISO 12466-2).

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2013.** Brasília- DF, 2013.

ALBINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; MENDES, M. M.; ALMEIDA, N. A. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis compensados de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 103-108, jan./mar. 2011.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Adesivos. **Revista da madeira**, edição n° 88 mar. 2005.

ALMEIDA, N. F.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; MENDES, R. F.; SURDI, P. G. Produção e avaliação da qualidade de lâminas de madeira de um híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p:261-268, 2014.

ALMEIDA, D. H. de; SCALIANTE, R. M. de; MACEDO, L. B. de; MACÊDO, A. N.; DIAS, A. A.; CHRISTOFORO, A. L.; CALIL JUNIOR, C. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*schizolobium amazonicum* **Herb**) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.1175-1181, 2013.

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga extensora nas propriedades do adesivo ureia formaldeído e dos compensados de pinus e paricá.** 2009. 86p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

ALMEIDA, R. R.; BORTOLETO JR., G.; JANKOWSKY, I. P. PRODUÇÃO DE LÂMINAS A PARTIR DA MADEIRA DE CLONES DO HÍBRIDO *eucalyptus grandis x eucalyptus urophila*. **Scientia Florestalis**. n.65, p. 49-58, jun. 2004.

ARRUDA, L. M. **Modificação termomecânica da madeira de amescla (*Trattinnickia burseraefolia* (Mart.) Willd.):** efeito sobre as propriedades de lâminas e compensados. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Brasília, Brasília, 2012.

BALDWIN, R. F. **Plywood manufacturing practices.** San Francisco: Miller Freeman, 1981. 326p.

BALLONI, C. J. V. **Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii*.** 42 f. Trabalho conclusão de curso. Engenharia Industrial Madeireira- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Itapeva-SP, 2009.

BEDNARCZUK, E. **Produção de lâminas e painel compensado multilaminado com madeira de *Hovenia dulcis* Thunberg (uva-do-japão).** 2016. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2016.

BIANCHE, J. J.; VITAL, B. R.; SORATTO, D. N.; PEREIRA, F. A.; SANTOS, R. D. "Caracterização física e química das madeiras de Paricá, Eucalipto e caule de Vassoura visando a produção de painéis". ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA-EBRAMEM 13 (2012).

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, D. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus spp.* **Floresta e Ambiente**, V.12, n.2, p. 35 - 41, nov/dez.2006.

BORTOLETTO JUNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 95-103, jun. 2008.

BORTOLETTO JUNIOR, G.; BELINI, U. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parayba* Blake) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. **Cerne**, v.8, n.2, p.16-28, 2002.

BRACELPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/695>>. Acesso em: 02 ago. 2014.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileira: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Brasília: Embrapa- SPF, p470-475.1994.

CARVALHO, P. E. R. **Paricá *Schizolobium amazonicum*,** Colombo Paraná, Circular Técnica 142, EMBRAPA Florestas, 2007.

CARVALHO, A. G. **Utilização de adesivos Tânicos de *stryphnodendron adtringens* (Mart.) coville em Painéis de madeira reconstituída.** 2013, 101f. Dissertação (Mestrado em ciências e tecnologia da madeira). Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 2013.

CARVALHO, L. T. de; GOMES, J. I.; MARGALHO, L.; SILVA, R. C. V. M. da; GAGLIOTI, A. L. Conhecendo Espécies de Plantas da Amazônia: Imbaúba-vermelha (*Cecropia palmata* Willd. – Urticaceae). **Comunicado técnico 238**, Belém, Pará. Dez 2012.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: **Embrapa Florestas**, v. 1. 2003.

CI FLORESTAS - PINUS. Disponível em:

<<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=pinus>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

CRUZ, M. M. S. **Estudo da molhabilidade da madeira de pinho pela resina ureia-formaldeído.** 2006. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais Lenho celulósicos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2006.

DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN: 68705-3 - Plywood: building-veneer plywood.** Berlin, 1981. 14p.

DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 68792: Large area shuttering panels of veneer plywood for concrete and reinforced concrete.** Berlin: Beuth Verlag, 1979. 3p.

DALGALLO, B. **Rendimento na produção de lâminas torneadas de *Pinus taeda* plantado em diferentes sítios florestais.** 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2014.

DUCKE, A. Notas sobre a flora neotrópica II: As leguminosas da Amazônia brasileira. Belém: IAN, 1949. 248p. **Boletim técnico**, v. 18, 1949.

FILHO A. F. & JÚNIOR, T. F. **Emprego de Formas de Madeira em Estrutura de Concreto.** Salvador, 2008.

FV de Araújo – **Compensado plastificado.** Disponível em:

<http://www.fvdearaujo.com.br/pt/produtos/laminados_compensadoPlastificado.php>.

Acesso em: 10 mai. 2016.

GEOCITIES- **Resinas fenólicas.** Disponível em:

<http://www.geocities.ws/quimica_hp/resina.htm>. Acesso em: 19 mai. 2016.

HECKLER, C.; SANSÍGOLO, C. A.; MANENTE, F. G.; BASSO, S. **Densidade básica da madeira de *cecropia* sp (embaúba) e sua influência na produção de celulose kraft.** Re.C.E.F., v.23, n.1, fev, 2014.

HOFFMANN, R.G. **Caracterização dendrométrica e avaliação do rendimento em laminação de madeira em plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex.**

Ducke) na região de Paragominas, PA. 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

HORNBURG, K. F.; ELEOTÉRIO J. R.; BAGATTOLI T. R. B.; NICOLETTI, A. L. Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n. 96, p. 463-471, dez. 2012.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2014**. Brasília-DF, 2014.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2015**. Brasília-DF, 2015.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2016**. Brasília-DF, 2016.

IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas: Brazilian measurement and grading rules for hardwood logs**. Brasília, 1984. 42p.

IPEF - **PINUS**. Disponível em: <[http://www.ipef.br/pppib/ Produtividade do pinus](http://www.ipef.br/pppib/Produtividade_do_pinus)>. Acesso em: 22 ago. de 2016.

INTERAMNENSE, M. T. **Utilização das madeiras de Eucalyptus cloeziana (F. Muell), Eucalyptus maculata (Hook) e Eucalyptus punctata DC var. punctata para a produção de painéis compensados**. 1998. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

ITTO - INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION – **Annual Reporter 2010**. Disponível em: <<http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2011/07740.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

IWAKIRI, S.; VARGAS, C. A.; PARCHEN, C. F. A.; WEBER, C.; BATISTA, C. C.; GARBE, E. A.; CIT, E. J.; PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 451 - 458, 2011.

IWAKIRI S.; DEL MENEZZI, C. H. S.; LAROCA, C.; VENSON, I.; MATOSKI, S. S. Produção de compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. **Cerne**, 2002; 11(2): 092-097.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ELIANICE, G.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; LOURIVAL, M. M.; Utilização de extensores alternativos na produção de compensados multilaminados. **Ciência Florestal**, v.10, n.1, 2000.

IWAKIRI, S.; KEINERT JR., S.; MENDES, L. M. Painéis de madeira compensada. In: IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: **Fupec**. 2005. 254p.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; LIMA, A. J. M.; FERREIRA, E. S.; BATISTA, D. C.; ROMÃO, S. A. A. Produção de painéis compensados de *Pinus* tropicais colados com resina fenol-formaldeído. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, n.3, p.669-673, 2009.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.2, p.71-77, 2001.

IWAKIRI, S.; DEL MENEZZI, C. S.; LAROCCA, C.; VENSON, I.; MATOSKI, S. S. Produção de compensados de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* com resina fenol-formaldeído. **Cerne**, V. 8, N.2, p.092-097, 2002.

IWAKIRI, S.; VARGAS, C. A.; PARCHER, C. F. A.; WEBER, C.; BATISTA, C.C.; GRABE, E. A.; CIT, E. O.; PRATA, J. C. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 451- 458, 2011.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. Produção de Chapas de Madeira Compensada de Cinco Espécies de *Pinus* Tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, dez. 2004.

IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PINTO, J. A.; RAMIREZ, M. G. L.; SOUZA, M. M.; SEIXAS, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “Paricá” e *Cecropia hololeuca* “Embaúba” para produção de painéis aglomerados. **Acta Amazônica**, v.42, n.2, p.303-308, 2010.

JANKOWSKY, I. P. **Qualidade das lâminas de *Pinus strobus* (MARTINEZ) var. *chiapensis* obtidas por desenrolamento**. IPEF n.16, p.50-59, 1978.

JANKOWSKY, I. P. Variação da resistência à flexão estática do compensado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em função da quantidade de extensor e do tempo de montagem. **IPEF**, Circular técnica no. 124. 1980. 7 paginas.

KEINERT JR., S.; ALBERTO, M. M. M. **Influência de diversos tempos e temperaturas de prensagem em compensados fenólicos de *Pinus taeda*: Efeitos sobre a resistência da colagem ao esforço de cisalhamento**. Santa Maria, v. 2, n.1, p. 67-79, 1992.

KOLLMANN, F.; KENZI, P.; STAMM, A. **Principles of wood science and technology II**. Wood based materials, 703p. New York, USA, 1975.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum, vol. 3, 384 p. 2009.

LOUREIRO, A. A.; FREITAS, J. A.; FREITAS, C. A. A. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: MCT/INPA-CPPF, 1997. 103p.

MACEDO, L. B.; ALMEIDA, D. H. de; SCALIANTE, R. de M.; VARANDA, L. D.; CALIL JUNIOR, C. **Caracterização de algumas propriedades físicas da madeira de**

Paricá (*Schizolobium amazonicum* **Herb**). In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, METALÚRGICA E INDUSTRIAL - CONEMI, 12., 2012, São João del Rei. **Anais**. São João del Rei: UFSJ, 2012.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIERO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no estado do Pará**. Embrapa – Boletim Técnico 158. Belém, junho 2006.

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na produção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** 1986. 110p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

MELO, J. E.; CARVALHO, G. M.; MARTINS, V. A. **Espécies madeireiras substitutas do mogno (*Swietenia macrophylla* King.)**. Brasília: IBAMA, 1989. 16p. (Série Técnica, 6).

MELO, R. R. de. **Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis lvs confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. 2012 – 182 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Nacional de Brasília UNB, Brasília, 2012.

MELO, R. R. de; DEL MENEZZI, C. H. S.; PAVAN, B. E.; RODOLFO JUNIOR, F. Rotary peeling yield of *Schizolobium amazonicum* (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 44, n. 3, p.315-320, 2014.

MODES, K. S.; BORTOLETO JÚNIOR, G.; SANTOS, L. M. H.; BENTO, A. R., VIVIAN, M. A. Rendimento em laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* em torno desfolhador do tipo tracionado. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, Pelotas, v05,n02 a 09, 151-157, 2014.

MONTEIRO, D. C. A. **Condições topo climáticas preferenciais para plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia**. 2013, 154f. Dissertação (Mestrado em ecologia aplicada). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Centro de Energia Nuclear na agricultura. Piracicaba, 2013.

MORENO, J. S.; PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake). XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira 9-11/março, 2016, Curitiba, PR, Brasil.

PEDRO BOM, R. **Resinas sintéticas**. Centro Universitário de União da Vitória.

Disponível em:

<<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Resinas%20sint%C3%A9ticas.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2014.

CIFLORESTAS - PINUS. Disponível em:

<<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=pinus>>. Acesso em: 15 ago. de 2016.

PALMA, H. L. **Tanino-formaldeído como adesivo na manufatura de painéis compensados de *Pinus elliottii* Engelm.** Curitiba: UFPR, 1986. 94f – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 1986.

PAULA, J. E. de. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazônica**, v. 33, n. 2, p. 243-262, 2003.

PINTO, J. A. **Análise da viabilidade do uso da madeira de “*Cryptomeria japonica*” para laminação e produção de painéis compensado.** Curitiba 2011. 102f – Dissertação. Universidade Federal do Paraná.

PINTO, J. A.; IWAKIRI, S. Estudo sobre a viabilidade do uso da madeira de “*Cryptomeria japonica*” para produção de painéis compensado. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 029-037, mar. 2013.

PRATA, J. G. **Desempenho de um sistema de qualidade em uma fábrica de painéis compensados.** Curitiba. 2006 118p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

PROGRAMA NACIONAL DA QUALIDADE DA MADEIRA. **Parâmetros para compensados de madeira tropical e Pinus** PNQM-CT e PNQM-CP - Rev.05, 2009.

ROMANIUC NETO, S.; GAGLIOTI, A. L. Urticaceae In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. [Rio de Janeiro]: Instituto de Pesquisa do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, [2012]. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

REIS, P. C. M. dos; REIS, A. R. S; LISBOA, P. L. B.; REIS, L. P. Anatomia do lenho de seis espécies do gênero *Cecropia* Loefl. (Urticaceae). **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 9, n. 1, p. 169-181, jan.-abr. 2014.

RONDON, E. V. **Produção de biomassa e crescimento de arvores de *schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata.** Viçosa. R. árvore – MG. V.26, n5, p573-576. 2002.

ROSSI, L. M. B.; QUISEN, R. C.; AZEVEDO, C. P.; VIEIRA, A. H. **Aspectos silviculturais e socioeconômicos de uma espécie de uso múltiplo: o caso de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Duck.** Disponível em: <http://www.abeas.com.br/anuncios/8cong-/Artigos/Silvicultura/8CFNP_D01.doc> Acesso em: 5 out. 2003.

SILVA, R. C. V. M. da.; GAGLIOTI, A. L.; CARVALHO, L. T. de; GOMES, J. I.; MARGALHO, L. **Conhecendo espécies de plantas da amazônia: imbaubão (*Cecropia sciadophylla* Mart. – Urticaceae).** Comunicado técnico 234. Belém, 2012.

SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; VIEIRA, A. H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby.** Colombo: Embrapa, 2003, 12p. (Circular Técnica 18).

SILVA, G. F. da; MENDONÇA, A. R. DE; HOFFMANN, R. G.; ZANETI, L. Z.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C. Rendimento em laminação de madeira de paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 447-455, abr.-jun., 2015.

SIVIERO, M. A. Paricá: a vedete do reflorestamento. *Diário do Pará*, Belém, 27 jan. 2006. Regional, p. A-8. Entrevista.

SOBRAL FILHO, M. **Adesão e adesivos para Madeira. I teorias de adesão e a natureza das colagens com madeira**. IBDF, Série Técnica, n. 5 Brasília, 1982.

SÁ, V. A. de; Guimarães Júnior¹, J. B.; Bufalino, L.; Couto, A. M.; Mendes, L. M. Santos, R. C. dos. Absorção de superfície de painéis compensados. **Cerne**, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 53-57, jul.2010.

TANAC-Phenotan M. Disponível em:<<http://www.tanac.com.br/pt-br/node/313>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

THOEMEN, H., IRLE, M., SERNEK, M. **Wood-based panels an introduction for specialists**. Brunel University Press. Londres, 2010.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**. Nova York: Chapman & Hall, 1991. 494p.

UMAÑA, C. L. A; BRITO, E. O. Cozimento da madeira altera a qualidade das lâminas, **Revista da Madeira**, nº78 – ano13 – Fevereiro/2004.

VENTURIERI, G. G. **Ecologia reprodutiva do taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Var. *Paniculatum* Voguel) e do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) Leg: caesapinioidea e Melitofilia destas árvores amazônicas**. 2000. 88f. Tese (Doutorado em ecologia) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

VIEIRA, M. C.; LELIS, R. C. C.; RODRIGUES, N. D. Propriedades químicas de extratos tânicos da casca de *Pinus oocarpa* e avaliação de seu emprego como adesivo. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 47-54, jan./mar. 2014.

VITAL, M. H. F. **Florestas independentes no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 77-130, mar. 2009.