

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA



Trabalho de Conclusão de Curso

**DESEMPENHO DE LIGAÇÕES ADESIVAS PRODUZIDAS COM MADEIRAS
DE ESPÉCIES NATIVAS E ADESIVO PVA**

Mônica Letícia Mackedanz Ribeiro

Pelotas, 2013

Mônica Letícia Mackedanz Ribeiro

**DESEMPENHO DE LIGAÇÕES ADESIVAS PRODUZIDAS COM MADEIRAS
DE ESPÉCIES NATIVAS E ADESIVO PVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Érika da Silva Ferreira

Pelotas, 2013

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

R484d Ribeiro, Mônica Letícia Mackedanz

Desempenho de ligações adesivas produzidas com madeiras de espécies nativas e adesivo pva / Mônica Letícia Mackedanz Ribeiro ; Erika da Silva Ferreira, Merielen de Carvalho Lopes, orientadoras ; Leonardo da Silva Oliveira, coorientador. — Pelotas, 2014.

56 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) — Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Madeira colada. 2. Espécies nativas. 3. Adesivo pva. I. Ferreira, Erika da Silva, orient. II. Lopes, Merielen de Carvalho, orient. III. Oliveira, Leonardo da Silva, coorient. IV. Título.

CDD : 674

Mônica Letícia Mackedanz Ribeiro

DESEMPENHO DE LIGAÇÕES ADESIVAS PRODUZIDAS COM MADEIRAS
DE ESPÉCIES NATIVAS E ADESIVO PVA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 10, janeiro de 2014

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Érika da Silva Ferreira (Orientadora)
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Leonardo da Silva Oliveira
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof^a. Dr^a. Merielen de Carvalho Lopes
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

Aos meus pais Gilberto e Valéria, irmãos
Guilherme e Arthur, esposo Vinícius e em
especial ao meu filho Olavo que está a
caminho, dedico.

Agradecimentos

A Deus por ter me dado força e sabedoria para superar as dificuldades encontradas em minha trajetória.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em mim fazendo com que nada me parecesse difícil ou insuperável e por todo amor a mim dado.

Aos meus amados irmãos, pelo carinho e companheirismo.

Ao meu esposo que me acompanha desde o início da graduação agradeço por toda compreensão e incentivo.

À minha família, pelo apoio.

Aos professores do Curso pelos ensinamentos e dedicação concedidos a mim e meus colegas.

À técnica do Laboratório de Painéis Cristiane Chagas e demais estagiários pelo auxílio.

À professora Érika da Silva Ferreira pela atenção e apoio.

Obrigada.

“Se, a princípio, a ideia não é absurda, então não há esperança para ela”.

Albert Einstein

Resumo

RIBEIRO, Mônica Letícia Mackedanz. **Desempenho de ligações adesivas produzidas com madeiras de espécies nativas e adesivo PVA.** 2013. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

A colagem da madeira sólida apresenta-se como alternativa para obtenção de peças com dimensões superiores, sendo o adesivo PVA (acetato de polivinila) um dos principais adesivos utilizados em marcenarias e carpintarias para esta finalidade. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito das propriedades das madeiras de espécies nativas na resistência ao esforço de cisalhamento por compressão na linha de cola e percentagem de falha na madeira em juntas coladas com adesivos PVA comerciais. As espécies selecionadas para o desenvolvimento deste estudo foram: *Araucaria angustifolia* (pinheiro brasileiro), *Erisma uncinatum* (cedrinho) e *Apuleia leiocarpa* (grápia), sendo empregadas três formulações de adesivo PVA (I, II e III) de um mesmo fabricante. Para análise das propriedades dos adesivos foram determinados o teor de sólidos, densidade e pH, sendo a viscosidade obtida através de boletim técnico. As espécies foram caracterizadas quimicamente por meio da solubilidade da madeira em água quente e fria (Tappi 207 cm – 1999) e fisicamente por meio da determinação do teor de umidade e densidade aparente. O processo de colagem foi realizado de acordo com os parâmetros fornecidos pelos boletins técnicos dos adesivos empregados. O ensaio de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola foi baseado na norma ASTM D 905 (2003), bem como a análise do percentual de falha na madeira. Com relação aos adesivos, as propriedades se apresentaram similares, variando apenas os valores referentes a viscosidade observada no boletim técnico, sendo o adesivo I 3.200mPa.s, II 4.000mPa.s e III 4.200mPa.s. Sobre a presença de extrativos, pode-se constatar que as madeiras com os mais elevados teores de extrativos apresentaram melhor resistência ao cisalhamento na linha de cola, entretanto, a qualidade da colagem observada por meio da percentagem de falha na madeira foram inferiores. A densidade aparente da madeira apresentou influência na resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola, onde a resistência mais satisfatória foi observada para a madeira de *A. leiocarpa* (alta densidade). De modo geral, pode-se concluir que houve diferença na qualidade da colagem de acordo com o tipo de adesivo empregado, sendo observada a colagem mais satisfatória para a madeira de *A. leiocarpa* com o adesivo II.

Palavras - chave: madeira colada; espécies nativas; adesivo PVA.

Abstract

RIBEIRO, Mônica Letícia Mackedanz. **Performance of adhesive bonds produced with natives species and PVA adhesive.** 2013. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

The solid wood bonding presents itself as an alternative for obtaining pieces with larger dimensions, with the adhesive PVA (polyvinyl acetate) of the main adhesives used in carpentry and joinery for this purpose. Thus, this study aims to evaluate the effect of the properties of the wood of native species in resistance to shear by compression loading and percentage of wood failure bonding with commercial PVA adhesives. Selected for the development of this study were species: *Araucaria angustifolia* (brazilian pine), *Erisma uncinatum* (cedar) and *Apuleia leiocarpa* (young plants), and were employed three formulations of PVA (I, II and III) from the same manufacturer. For analysis of the properties of the adhesive solid content, density and pH were determined in laboratory and the viscosity obtained from technical bulletin. The species were chemically characterized by solubility of wood in hot and cold water (Tappi 207 cm - 1999) and physically through the determination of moisture content and apparent density. The bonding process was carried out according to the parameters provided by the technical bulletins of the adhesives used. The test of resistance to shear by compression in the glue line was based on ASTM D 905 (2003), as well as analysis of the percentage of wood failure. Regarding adhesives, the properties presented similar, varying only the values for the viscosity observed in the data sheet, the adhesive being 3.200mPa.s I, II, III 4.000mPa.se 4.200mPa.s. On the presence of extractives, it can be seen that the woods with the highest content of extract showed better shear strength of the glue line, however, the quality of bonding observed by the percentage of wood failure were lower. The apparent density of the wood have any influence on shear strength by compression in the glue line, where the most satisfactory resistance was observed for the wood of *A. leiocarpa* (high density). In general, it can be concluded that there were differences in the quality of gluing according to the type of adhesive used, the most satisfactory for the bonding of wood being observed *A. leiocarpa* with adhesive II.

Key - words: bonded wood; native species; PVA adhesive.

Lista de Figuras

Figura 1	Obtenção do Acetato Vinílico.....	18
Figura 2	Polimerização do Acetato de polivinila.....	19
Figura 3	Face radial da madeira de <i>Araucaria angustifolia</i> (A); Exemplar de <i>Araucaria angustifolia</i> (B).....	26
Figura 4	Móvel em pinheiro brasileiro.....	26
Figura 5	Face radial da madeira de <i>Erismia uncinatum</i> Warm (A); Exemplar de <i>Erismia uncinatum</i> Warm (B).....	27
Figura 6	Banco em madeira de cedrinho.....	27
Figura 7	Face radial da madeira de <i>Apuleia leiocarpa</i> (A); Exemplar de <i>Apuleia leiocarpa</i> (B).....	28
Figura 8	Mesa de jantar em madeira de Grápia e Cabriúva.....	29
Figura 9	pHmetro digital de bancada.....	32
Figura 10	Blocos dispostos em câmara climática.....	35
Figura 11	Dimensões do corpo de prova segundo norma ASTM D 905 (2003).....	37
Figura 12	Gráfico do percentual de falha na madeira de acordo com a espécie (A); Gráfico do percentual de falha na madeira de acordo com adesivo (B).....	44

Lista de Tabelas

Tabela 1	Parâmetros de colagem e prensagem de acordo com as formulações do adesivo PVA e a densidade da madeira.....	36
Tabela 2	Valores médios encontrados para solubilidade em água fria (SAF), solubilidade em água quente (SAQ) e pH dos extratos em água fria e água quente.....	39
Tabela 3	Valores médios observados para teor de umidade (T.U.) e densidade aparente (D.A.) para as três espécies analisadas.....	40
Tabela 4	Valores médios de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e percentagem de falha na madeira (%).....	41
Tabela 5	Análise de variância dos efeitos dos adesivos e das espécies na resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola.....	42
Tabela 6	Propriedades físico-químicas das três formulações do adesivo PVAc.....	43

Lista de equações

Equação 1	30
Equação 2	31
Equação 3	32
Equação 4	33
Equação 5	34

Sumário

1 Introdução.....	14
2 Objetivos.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 Revisão de literatura.....	17
3.1 Adesivos.....	17
3.1.1 Princípios da colagem.....	17
3.1.2 Propriedades do adesivo Acetato de polivinila (PVAc).....	18
3.1.3 Propriedades do adesivo que influenciam a colagem.....	19
3.2 Propriedades da madeira que influenciam a colagem.....	20
3.2.1 Teor de umidade.....	20
3.2.2 Densidade.....	21
3.2.3 Porosidade e permeabilidade.....	22
3.2.4 Extrativos e pH.....	23
3.2.5 Resistência na linha de cola.....	24
3.3 Utilização de madeiras de espécies nativas.....	24
3.3.1 <i>Araucaria angustifolia</i>	25
3.3.2 <i>Erisma uncinatum</i>	26
3.3.3 <i>Apuleia leiocarpa</i>	28
4 Material e Métodos.....	30
4.1 Obtenção do material.....	30
4.2 Propriedades físico-químicas dos adesivos.....	30
4.3 Determinação do teor de umidade da madeira.....	31
4.4 Determinação da densidade aparente da madeira.....	33
4.5 Propriedades químicas das madeiras utilizadas.....	33
4.5.1 Solubilidade da madeira em água fria.....	34
4.5.2 Solubilidade da madeira em água quente.....	34
4.5.3 pH.....	35
4.6 Processo de colagem da madeira.....	35
4.7 Ensaio mecânico de cisalhamento por compressão na linha de cola / teste de falha.....	36

4.8 Análise estatística.....	37
5 Resultados e Discussão.....	39
5.1 Propriedades físico-químicas dos adesivos.....	39
5.2 Teor de umidade e densidade aparente da madeira.....	40
5.3 Solubilidade em Água Fria, Solubilidade em Água Quente e pH.....	40
5.4 Resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola / teste de falha na madeira.....	41
6 Conclusão.....	46
Referências.....	47
Apêndices.....	52

1 Introdução

A madeira, por ser um material de origem renovável e apresentar diferentes características que possibilitam seu emprego para os mais variados fins, é objeto constante de estudos que relacionam suas propriedades físicas e mecânicas ao processo de adesão.

A colagem da madeira ou a reconstituição da madeira maciça em produtos colados apresenta-se como uma alternativa de melhorar o aproveitamento da matéria-prima, pois reduz a exigência em qualidade da madeira (nós, bolsa de resina e outros); entretanto, o adesivo utilizado para esse processo deve ser observado como um critério de excelência na qualidade do produto (LIMA et al., 2008).

Segundo Franck Filho (2006) apesar do grande uso das madeiras de pinus e eucalipto, e por menor que seja seu emprego, a madeira maciça, serrada em forma de tábuas ou em lâminas, não deixará, pelo menos a curto prazo, de serem utilizadas na execução de móveis. Assim ainda de acordo com o autor, por um bom tempo, ainda serão necessárias as reservas naturais nativas ricas de espécies variadas.

Para Vital et al. (2006) a resistência, a estabilidade e a vida útil de uma estrutura colada dependem, em grande parte, da resistência, rigidez e durabilidade das ligações. Ainda segundo o autor, a confecção de painéis de madeira sólida, de móveis, de madeiras compensadas e aglomeradas, que são produtos amplamente utilizados, depende do uso racional de adesivos.

Algumas características da madeira afetam a colagem, tais como: a densidade, que afeta a penetração do adesivo; a presença de extrativos, que podem causar decréscimo do umedecimento, levando a uma colagem de qualidade inferior, além de interferir na reação de polimerização do adesivo; pontuações areoladas entre fibras, que limitam a penetração do adesivo na madeira e o teor de umidade da madeira, que deve estar entre 6 a 20%. Teores de umidade mais baixos implicam em linhas de cola menos resistentes, além de envolverem riscos em formação de bolhas e delaminação (GILLESPIE et al. 1978; IBDF, 1982; SKEIST, 1977 apud MARCATI e DELLA LUCIA, 1996).

Na indústria madeireira, muitas pesquisas envolvendo adesivos foram dedicadas à otimização da adesão, em madeiras de uso já consagrado e em novas espécies de madeira com potencial para serem utilizadas na indústria moveleira e da construção civil, o que levou ao desenvolvimento, nas últimas décadas, de adesivos com características próprias para a colagem desses materiais (VITAL et al., 2006).

De acordo com Faherty e Williamson (1997), a utilização de ensaios que avaliam o cisalhamento na linha de colagem torna-se mais eficiente para se testar a resistência das ligações realizadas por adesivos.

Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a colagem de madeiras de espécies nativas com adesivos comercializados. A relevância da avaliação da qualidade de colagem de madeiras de espécies nativas com adesivos PVA se deve a falta de informações acerca deste tipo de colagem.

2 Objetivo

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o efeito das propriedades das madeiras de espécies nativas na resistência ao esforço de cisalhamento por compressão na linha de cola e percentagem de falha da madeira em juntas coladas com adesivos PVA comerciais.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar e avaliar as propriedades químicas das espécies de madeira utilizadas: solubilidade em água fria, solubilidade em água quente e pH;
- Avaliar a resistência da colagem por meio do ensaio de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e a qualidade da colagem pela percentagem de falha na madeira.

3 Revisão de Literatura

3.1 Adesivos

Adesivo é um material com propriedades aderentes, isto é, uma substância capaz de manter juntos outros materiais em suas superfícies. Esta capacidade não é propriedade intrínseca do adesivo; ela somente se desenvolve sob certas condições existentes durante ações recíprocas com o aderente (NOCK e RICHTER, 1978).

Essa propriedade de aderir se desenvolve dentro de condições específicas, tais como calor, pressão e tempo. Aderentes são os materiais sólidos capazes de se ligarem por meio de adesivos (REMADE, 2008).

Segundo Marra (1992), o uso de adesivos permite a utilização de árvores independentemente da sua forma, tamanho e espécie, permitindo que florestas sejam geridas para outros objetos de madeira convencionais.

Uma das vantagens do uso de adesivos em relação a métodos mecânicos tradicionais, como pregos, rebites e parafuso, é que o adesivo dispensa a necessidade de se fazer furos no material a ser unido, evitando assim a concentração de tensões, que pode causar uma diminuição de suas propriedades físicas e mecânicas (POCIUS, 2002 apud SANTOS e DEL MENEZZI, 2010).

De acordo com Frihart (2005), fatores que influenciam a seleção do adesivo incluem custos, processo de montagem e durabilidade.

As colas utilizadas se subdividem em grupos homogêneos por sua base química e por seu método de aplicação (BANDEL, 1991).

Os adesivos termoplásticos são polímeros capazes de ser repetidamente amolecidos pelo aumento da temperatura e endurecidos pela diminuição da temperatura (BRASKEM, 2002).

3.1.1 Princípios da colagem

O processo de colagem de madeiras se inicia com o “derramamento” do adesivo sobre a superfície do substrato, iniciando as fases de “movimento” do

adesivo e, se finaliza com a sua “solidificação”, formando “ganchos” ou pontos de “ancoragem” entre duas peças coladas (IWAKIRI, 2005).

A adesão (fenômeno interfacial ou a energia de separação de dois substratos) entre a madeira e o adesivo depende de uma série de fatores como, as características inerentes à própria madeira (anatomia, química e física), características do adesivo (químicas e físicas) e do processo adotado durante a colagem propriamente dita (ALBINO et al., 2010).

Existem várias teorias que procuram explicar o fenômeno da adesão, porém nenhuma delas é capaz de justificar todos os aspectos de aderência e, provavelmente, a combinação entre elas é que mais se aproxima da realidade. Com relação à madeira, duas das teorias mais importantes são o enganchamento mecânico e a teoria da adsorção (VITAL et al., 2006).

3.1.2 Propriedades do adesivo Acetato de polivinila (PVAc)

De acordo com Nock e Richter (1978) os adesivos PVAc, tem como matérias-primas o carvão, o cal e o petróleo. É um produto da polimerização do monômero acetato vinílico (ponto de ebulição 92°C) o qual é obtido da reação entre o acetileno e o ácido acético em presença de um catalisador (Figura 1).

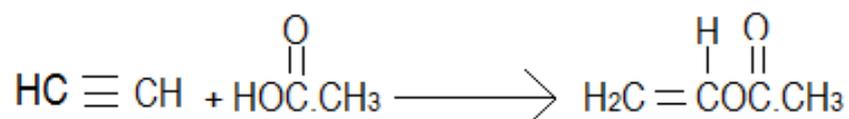


Figura 1 – Obtenção do Acetato Vinílico.

Fonte: Nock e Richter, 1978 adaptado pela autora.

Na figura 2 observa-se a polimerização do acetato vinílico em uma emulsão aquosa formando uma dispersão aquosa de acetato de polivinila.

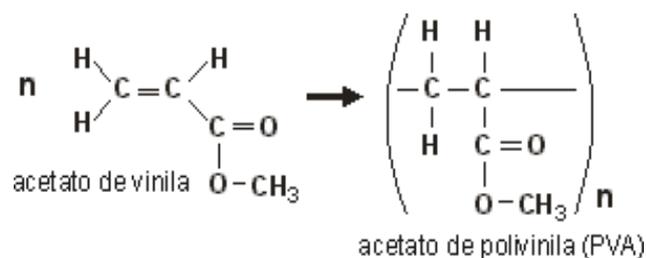


Figura 2 – Polimerização do Acetato de polivinila.

Fonte: Rocha, 2007.

O polímero acetato de vinila é comumente chamado de “cola branca”, porém existem outros adesivos que têm a cor com tom amarelado e também são à base de PVA. Pode-se dizer que o uso deste adesivo na colagem da madeira é universal, pois é utilizado para colagem de painéis sarrafeados, emendas finger-joint, laminação e na montagem dos componentes dos móveis, tais como cavilhas, montantes, quadros, molduras (REMADE, 2008).

Frihart (2005) menciona que os adesivos PVA não funcionam bem em níveis elevados de umidade devido à perda de força ou de níveis elevados de stress constante por causa de uma falta de resistência à fluência. Uma solução para estes problemas é o de converter o PVA termoplástico num termofixo.

Bandel (1991) afirma que a possibilidade de trabalhar com esses adesivos a baixa temperatura amplia o seu campo de utilização. Ainda segundo o autor, uma das vantagens fundamentais destes adesivos é a maior velocidade de produção, acima de 30m/min.

3.1.3 Propriedades do adesivo que influenciam a colagem

A tecnologia no desenvolvimento de novos adesivos é grande devido ao avanço da química devendo, portanto, serem estudados aqueles adesivos que melhor se adaptem e interajam com os diferentes tipos de madeira (LIMA et al., 2008).

Segundo Schultz (2008), o teor de sólidos muito elevado aumenta a viscosidade, fazendo com que a cola penetre menos na madeira. Ao contrário, quando a viscosidade é muito baixa, há penetração excessiva da cola na madeira.

Segundo Nock e Richter (1978), os adesivos PVA são ligeiramente de caráter ácido, o que pode não prejudicar a madeira colada, mas pode gerar manchas e descolorações quando entra em contato prolongado com o ferro (ácido acético livre).

No processo de colagem é importante considerar a influência do pH da madeira e do adesivo. O adesivo não deve ter os limites de pH ultrapassando a faixa de 2,5 a 11, pois podem resultar em degradação das fibras de madeira. Além disso, um pH muito baixo pode provocar uma formação excessiva de espuma na mistura, prejudicando sensivelmente a aplicação do adesivo (IWAKIRI, 2005).

O adesivo deve ter uma determinada viscosidade. Ele não pode ser nem líquido demais nem denso demais. Se o adesivo for muito denso, não haverá possibilidade de espalhamento, umectação e adesão mecânica. Em adesivos PVA a viscosidade em temperatura ambiente pode chegar até 20.000mPa.s (NOCK e RICHTER, 1978).

3.2 Propriedades da madeira que influenciam a colagem

A definição do melhor uso de uma determinada madeira consiste em estudar as suas características, definindo-se assim sua qualidade que, por sua vez, pode ser definida como um atributo ou condição que distingue um determinado produto (PATERLINI, 2011).

3.2.1 Teor de umidade

A madeira deve apresentar durante a colagem teor de umidade entre 6 e 14% e valores abaixo do valor inferior requerem uma formulação específica do adesivo (TIENNE, 2006).

Motta (2011) ao avaliar o desempenho das juntas de madeira de *Corymbia citriodora* com teores de umidade de 8, 10, 12 e 14% unidas com o adesivo à base de acetato de polivinila e adesivo à base de resorcinol-formaldeído constatou através de ensaio de cisalhamento na linha de cola que

a faixa ideal de teor de umidade para colar a madeira de *C. citriodora* é de 12% para os dois adesivos empregados.

Se a madeira estiver seca demais, ela retira muito rapidamente a água da linha de cola. A adesão é alta, mas a cola logo desaparece na madeira, começando imediatamente o processo de cura, logo a cola não é mais capaz de preencher e umectar sob pressão na prensa. Se a madeira estiver úmida demais, a cura e a secagem da linha de cola serão deficientes, o tempo de prensagem será longo e a resistência na linha de cola será baixa (NOCK e RICHTER, 1978).

Moreschi (2010) destaca a importância no controle do teor de umidade da madeira de acordo com a finalidade da mesma, sendo desejado o teor de umidade de equilíbrio antes da confecção de artigos de madeira para evitar futuras deformações e outros defeitos.

Para Bandel (1991) o excesso de umidade na madeira, retarda a formação da película adesiva. Um teor de umidade baixo requer o tempo em aberto menor, acelerando o tempo de prensagem e produzindo um maior poder adesivo.

Segundo Motta (2012) o comportamento das juntas coladas em relação ao teor de umidade de colagem é variável e dependente da espécie.

3.2.2 Densidade

Segundo Vital et al. (2006), a densidade básica é considerada como um parâmetro da maior importância para a determinação da qualidade da madeira, para o autor a densidade da madeira indica a quantidade aproximada de espaços vazios disponíveis para receber líquidos, por exemplo, adesivos.

Tal ideia da importância da densidade também é partilhada por Paterlini (2011), o autor considera ser a densidade básica a propriedade de maior importância entre as propriedades físicas e tecnológicas, uma vez que a mesma serve na prática como uma referência para a classificação da madeira.

Para Moreschi (2010) em geral, madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as madeiras leves. Porém, em paralelo a estas

vantagens, são de mais difícil trabalhabilidade e também apresentam maior variabilidade.

De acordo com Iwakiri (2005), em madeiras de baixa densidade ocorre maior penetração do adesivo e poderá resultar em linha de cola “faminta”, por outro lado madeiras de alta densidade apresentam maiores alterações dimensionais com mudanças no conteúdo de umidade, gerando maiores tensões na linha de cola.

A razão de considerar madeira de alta densidade de difícil adesão pode ser explicada em um desses aspectos, pois uma madeira mais dura apresenta menor penetração da cola, bem como uma perda maior da cola pelas bordas da peça a ser colada, ocasionando uma linha de cola menos eficaz (BRADY e KAMKE, 1988 apud LOBÃO e GOMES, 2006).

Vital et al. (2006) em estudo com madeira sólida observou a mesma resistência (5,53MPa) para madeira de pinus com densidade entre 0,40 à 0,48g/cm³ coladas tanto com adesivo resorcinol como com PVA. Tendo encontrado para madeira de eucalipto com densidade de 0,69g/cm³ resistência de 10,03MPa para o adesivo PVA e 9,44MPa para o adesivo resorcinol.

3.2.3 Porosidade e permeabilidade

A porosidade pode ser considerada como o inverso da densidade, do ponto de vista da liga adesiva, desde que esta se relacione com as aberturas da madeira relativas à passagem de líquidos ou gases. A baixa porosidade tende a limitar a mobilidade do adesivo na estrutura lenhosa. Quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasiona uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca (MARRA, 1992).

Ainda segundo o autor, a madeira densa é menos permeável, o que sugere composições diferentes de adesivos para madeiras densas, em relação às madeiras porosas, objetivando, em princípio, uma penetração ideal de adesivos em cada tipo de madeira.

De acordo com Burger e Richter (1991) a proporção de cerne e albúrnio é uma característica que varia de acordo com a espécie, idade, sítio, solo e

clima, além de outros fatores. O cerne, em relação ao alburno, é menos permeável, possuindo maiores dificuldades na secagem e na absorção de produtos preservativos.

Albino et al. (2010) em estudo com madeira de eucalipto atribuiu a alta permeabilidade da região de alburno (próxima à casca) a maior entrada do adesivo na região adjacente à linha de cola principal, fazendo com que esta apresentasse uma espessura menor. Porém, com uma maior profundidade do adesivo na madeira, pode ter ocorrido uma forte ligação e contribuído para a maior resistência nessa região.

O autor verificou para a resistência ao cisalhamento na linha de cola na região da casca foi de 5,73MPa enquanto na região da medula foi de 3,81MPa, ambas colagens efetuadas com adesivo resorcinol-formaldeído.

3.2.4 Extrativos e pH

Os extrativos da madeira influenciam a cor, o odor, o gosto, a fluorescência, a durabilidade, a inflamabilidade, a relação água-madeira, a polpação e também a colagem (LIMA et al., 2007).

Segundo Marra (1992), de acordo com a espécie e condições de secagem da madeira quando ocorre a migração dos extrativos, pode acontecer a inativação da superfície, prejudicando o contato adesivo-madeira.

Pesquisas têm mostrado que os extrativos na superfície da madeira são os principais contribuidores da inativação da superfície, gerando assim um pobre umedecimento do adesivo, especialmente em espécies resinosas (TIENNE, 2006).

Outra influência do extrativo se dá na alteração do pH da superfície da madeira (ALBINO et al., 2012). O pH da madeira varia conforme a espécie e situa-se normalmente na faixa de 3 a 6. O pH dos extrativos presentes na madeira pode inibir as reações químicas de endurecimento do adesivo, prejudicando o desenvolvimento de resistência e coesão adequada da linha de cola (IWAKIRI, 2005).

3.2.5 Resistência na linha de cola

De acordo com Iwakiri (2005), as tensões geradas no sistema madeira-linha de cola são de suma importância no balanço geral da resistência de um produto colado. Existe um comparativo de que quanto maior a resistência da linha de cola em relação à resistência da madeira, maior será a percentagem de ruptura ou falhas na madeira na interface com a linha de cola.

Ainda segundo o autor, as tensões desenvolvidas na linha de cola se manifestam por meio de tensões de cisalhamento no plano da ligação adesiva e no sentido perpendicular ao mesmo. As tensões na linha de cola são resultantes de fontes internas e externas, e ambas estão relacionadas à resistência da madeira quanto à magnitude destas tensões distribuídas na linha de cola.

3.3 Utilização de madeiras de espécies nativas

Segundo Plaster et al. (2008), a substituição de madeiras de espécies nativas por espécies de reflorestamento tem-se tornado muito evidente nos últimos anos. O autor destaca duas razões para este fato: os questionamentos existentes em relação à exploração das florestas nativas por pressões ambientalistas; e pela elevação dos preços de suas madeiras, devido às dificuldades de exploração e também pelas grandes distâncias entre as regiões de produção e de consumo.

De acordo com Franck Filho (2006), o Brasil possui uma rica e extremamente variada biodiversidade madeireira, cabendo a pesquisadores, profissionais e consumidores saber explorar a gama de possibilidades de cada região.

Ainda conforme o autor as pesquisas e trabalhos são limitadas quase que exclusivamente a determinados gêneros arbóreos, o que acarreta em uma carência de informações a respeito da flora brasileira e seu amplo potencial.

Porém as espécies nativas ainda apresentam seu lugar no mercado madeireiro, podendo ser utilizadas em móveis e artigos de decoração feitos por marceneiros que fazem uso do processo de colagem. Esta etapa, segundo

Lima et al. (2008) é fundamental para o melhor aproveitamento do material madeira, principalmente no setor moveleiro e no aproveitamento de peças de pequenas dimensões.

O balanço estrutural do produto é conferido através da ligação adesiva entre os elementos de madeira, sua distribuição e orientação na estrutura do composto. Percebe-se, neste contexto, a grande necessidade de informações relacionadas às características da madeira e suas influências na colagem (ALBINO et al., 2012).

3.3.1 *Araucaria angustifolia*

A espécie *Araucaria angustifolia* da família Araucariaceae, recebe nomes populares como pinho-brasileiro, parana-pine, curi, curiúva, pinheiro-do-paraná, pinheiro, pinho, cori, pinheiro-são-josé, pinheiro-macaco, pinheiro-caiová, pinheiro-das-missões (LORENZI, 1998).

Segundo Reitz et al. (1988) a *A. Angustifolia* se encontra nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocorrendo ainda, como manchas esparsas, no sul do estado de São Paulo, e na Serra da Mantiqueira, internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

A madeira apresenta alburno e cerne pouco distintos pela cor, cerne branco-amarelado, frequentemente com manchas largas róseo-avermelhadas (em árvores mais velhas, o cerne pode apresentar coloração amarronzada); brilho moderado; cheiro e gosto pouco acentuados, característicos de resina, agradável; densidade baixa; macia ao corte; grã direita; textura fina (IPT, 1983). Na figura 3 é possível observar a face radial da espécie, bem como um exemplar da mesma.

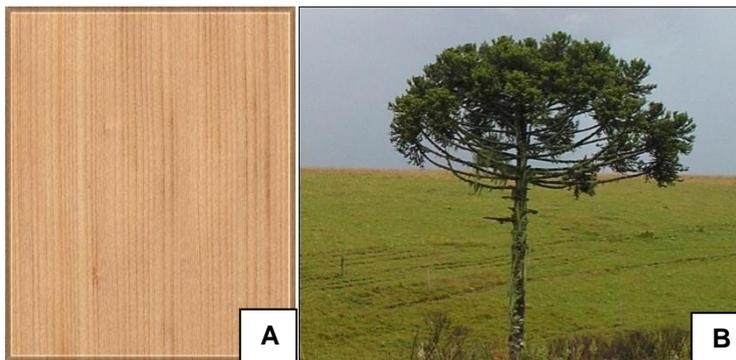


Figura 3 – Face radial da madeira de *Araucaria angustifolia* (A); Exemplar de *Araucaria angustifolia* (B).

Fonte: IPT, 1983; FLORA DIGITAL, 2009 (Foto: Juliana Gonçalves).

A madeira da *A. angustifolia* é leve, apresenta densidade de $0,55\text{g/cm}^3$ sendo pouco durável quando exposta ao tempo (LORENZI, 1998; IPT, 1989). Sendo classificada como média em relação à densidade, resistência mecânica e retratibilidade. É considerada fácil de ser trabalhada com ferramentas manuais ou máquinas, fácil de colar e aceita bem acabamentos superficiais (JANKOWSK et al., 1990).

Própria para forros, molduras, ripas, para confecção de cabos de vassoura, caixotaria, brinquedos, móveis (Figura 4), palitos de fósforos, pás de sorvete, carretéis, utensílios domésticos, etc. (LORENZI, 1998).



Figura 4 – Móvel em pinheiro brasileiro.

Fonte: TRABALHOS, 2010.

3.3.2 *Erismia uncinatum*

Espécie pertencente à família das Vochysiaceas (Vochysiaceae). Tem como nomes afins: cedrinho, cedrilho, quarubá vermelha, quarubarana, cambará, jaboti, jaboti-da-terra-firme (JANKOWSK et al., 1990).

Sua ocorrência natural se dá na Região Amazônica, na floresta pluvial de terra firme. É particularmente frequente no Estado do Amazonas (LORENZI, 1998).

A madeira apresenta cerne e alborno distintos pela cor, cerne castanho avermelhado; sem brilho; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade baixa; grã direita a reversa; textura média a grossa (IPT, 1983). Na figura 5 observa-se a face radial da espécie e um exemplar da mesma.



Figura 5 – Face radial da madeira de *Erisma uncinatum* Warm (A); Exemplar de *Erisma uncinatum* Warm (B).

Fonte: IPT, 1983; LORENZI, 1998.

A madeira de *E. uncinatum* apresenta características médias quanto a massa específica e à retratibilidade volumétrica. Resistência mecânica baixa, assim como reduzida resistência natural ao apodrecimento. Madeira fácil de ser trabalhada podendo apresentar superfície felpuda. Sem maiores problemas na aplicação de tintas, vernizes e polimentos (JANKOWSK et al., 1990).

A madeira é amplamente utilizada para estrutura de móveis (Figura 6), é empregada na construção civil para tabuado em geral, caixotaria, compensados, cabo de ferramentas, confecção de brinquedos, entre outros (LORENZI, 1998).



Figura 6 – Banco em madeira de cedrinho.

Fonte: SANCLER MENEZES, 2012.

3.3.3 *Apuleia leiocarpa*

A espécie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride pertence à família Leguminosae (Leguminosae: Caesalpinioideae). Pode ser encontrada pelos nomes populares de grápia, grapiapunha, grapeapunha, guarapiapunha, garapa, garapa-branca, garapa-amarela, amarelinho, gema-de-ovo, jataí, ibiraperê, grapiapunam, grapiuna, ibirapina e madeira manchada (Reitz et al., 1988). Na figura 7 observa-se a face radial da madeira da presente espécie, bem como um exemplar da mesma.



Figura 7 – Face radial da madeira de *Apuleia leiocarpa* (A); Exemplar de *Apuleia leiocarpa* (B).

Fonte: ECOLOG; FLORA DIGITAL, 2006 (Foto: Juliano Pörsch).

A espécie apresenta ampla ocorrência, contemplando os estados do Pará até o Rio Grande do Sul na floresta latifoliada semidecídua e, no sul da Bahia e Espírito Santo na floresta pluvial Atlântica (LORENZI, 1998).

Reitz et al. (1988) destaca como aplicações para madeira da *A. leiocarpa* a utilização em construções (vigas, barrotes, caibros) marcenaria em geral (Figura 8), decoração de interiores, esquadrias, tanoaria, tonéis de vinho e cachaça entre outros.



Figura 8 – Mesa de jantar em madeira de Grápia e Cabriúva.

Fonte: MÓVEIS LIANE, 2013.

4 Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Painéis de Madeira – LAPAM, Laboratório de Propriedades Mecânicas da Madeira e Laboratório de Secagem da Madeira pertencentes ao curso de Engenharia Industrial Madeireira – UFPel.

4.1 Obtenção do material

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas madeiras nativas doadas e usinadas por uma marcenaria de pequeno porte localizada no município de Pelotas – RS. As espécies escolhidas são amplamente comercializadas no estado do Rio Grande do Sul e utilizadas atualmente para produção de móveis rústicos, sendo estas: *Araucaria angustifolia*, *Erismia uncinatum* e *Apuleia leiocarpa*.

Para efetuar a colagem foram empregados três adesivos PVA de um mesmo fabricante, sendo estes denominados: adesivo I (para usos em ambientes internos), adesivo II (resistente à água, podendo ser utilizado em ambientes externos) e adesivo III (à prova d'água, indicado para ambientes internos e externos).

4.2 Propriedades físico-químicas dos adesivos

Para determinação do teor de sólidos dos adesivos adicionou-se aproximadamente 1g de adesivo em recipientes, os quais foram levados à estufa (103°C±2°C). Os recipientes foram previamente pesados para que ao término da evaporação da água o peso da tara fosse descontado. Após o período de 24h o peso seco dos adesivos foi determinado em balança analítica. A equação 1 apresenta como foi determinado o teor de sólidos:

$$TS = \frac{PS}{PU} \times 100 \quad (1)$$

, onde:

TS = Teor de sólidos (%);

PS = Peso seco (g);

PU = Peso úmido (g).

Para determinar a densidade, utilizou-se recipientes plásticos, dos quais obteve-se o diâmetro interno e a altura útil com o auxílio de um paquímetro digital. Tarada a balança, o recipiente foi completamente preenchido com o adesivo com auxílio do bastão de vidro e o peso do mesmo foi determinado. Para determinação da densidade utilizou-se a equação 2.

$$D = \frac{m}{V} \times 100 \quad (2)$$

, onde:

D = densidade do adesivo (g/cm³);

m = massa do adesivo (g);

V = volume do recipiente (cm³).

O pH dos adesivos foi determinado com auxílio de um pHmetro digital de bancada à temperatura 25°C. A leitura dos valores foi realizada após contato de 4 minutos do eletrodo com a solução. Para os três adesivos todas as análises foram realizadas em triplicata.

A viscosidade dos adesivos foi obtida a partir do boletim técnico dos mesmos. Não foi possível a determinação em laboratório devido à pequena quantidade de material disponível para realizar o controle de viscosidade.

4.3 Determinação do teor de umidade da madeira

Os noventa blocos foram armazenados em câmara climática com temperatura de 23±2°C e umidade relativa do ar de 65±5%. Os blocos foram climatizados por aproximadamente duas semanas até que os mesmos atingissem o teor de umidade recomendado pelo fabricante do adesivo, em torno de 12%. Na figura 9 é possível observar os blocos dispostos na câmara climática.



Figura 9 - Blocos dispostos em câmara climática.

Fonte: Autora, 2012.

Para uma precisa determinação do teor de umidade dos blocos obtidos no primeiro processo de usinagem, foi utilizado o método gravimétrico. Para tanto, foram selecionadas três amostras de cada espécie, totalizando nove amostras.

As amostras, selecionadas para determinação da umidade por meio do método gravimétrico, foram pesadas para determinação da massa inicial (M_i) em balança analítica de precisão e encaminhadas à estufa com temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$. Diariamente os blocos foram submetidos à pesagem até estabilização da massa e obtenção da massa final (M_f). Para determinação do teor de umidade da madeira pelo método gravimétrico foi utilizada a equação 3.

$$TU = \frac{M_i - M_f}{M_f} \times 100 \quad (3)$$

, onde:

TU = Teor de umidade (%);

M_i = Massa inicial (g);

M_f = Massa final (g).

A aferição do teor de umidade dos blocos empregados para colagem da madeira foi realizada diariamente por meio de um medidor elétrico resistivo. Para tanto foi utilizado o aparelho da marca Gann, modelo Hidromette Compact, por meio da inserção do par de eletrodos do equipamento em três pontos ao longo do comprimento de cada bloco. Foram utilizadas as diferentes escalas do equipamento para cada uma das três madeiras.

4.4 Determinação da densidade aparente da madeira

Após a uniformização do teor de umidade dos blocos, foi determinada a densidade aparente (12% de umidade de equilíbrio) para cada amostra. Para que a densidade dos blocos não interferisse nos resultados, os mesmos foram colados com densidades aparentes equivalentes dentro de cada espécie avaliada.

Para verificação da densidade aparente dos blocos foram aferidas as larguras, os comprimentos e as espessuras dos mesmos com auxílio de paquímetro digital e posteriormente os mesmos foram pesados em balança analítica.

Dispondo das medidas volumétricas e do peso de cada um dos blocos, a densidade foi determinada de acordo com a equação 4.

$$D = \frac{m}{c \times l \times e} \times 100 \quad (4)$$

, onde:

D = Densidade aparente (g/cm^3);

m = massa do bloco (g);

c = comprimento do bloco (cm);

l = largura do bloco (cm);

e = espessura do bloco (cm).

4.5 Propriedades químicas das madeiras utilizadas

Para determinação das propriedades químicas das espécies, foram selecionadas amostras das peças utilizadas para confecção dos blocos. As maravalhas das peças de madeira foram obtidas com auxílio de formão, sendo posteriormente encaminhadas ao moinho de facas tipo Willey para fragmentação. As amostras fragmentadas foram classificadas em peneiras de acordo com as especificações da norma Tappi 207 (1999). As análises foram realizadas em triplicata para cada espécie avaliada.

4.5.1 Solubilidade da madeira em água fria

Em um béquer de vidro (com capacidade de 400ml) foram adicionados 2,0g (P_i) de partículas de madeira (base seca) e 300ml de água destilada, sob constante agitação por meio de um bastão de vidro em um período de 48h a temperatura de $23\pm 2^\circ\text{C}$.

Transcorrido o período necessário e com auxílio de uma bomba de vácuo, o material foi filtrado em um cadinho de vidro sinterizado de porosidade média, sendo as partículas posteriormente lavadas com 200ml de água destilada. Em seguida, o cadinho foi encaminhado à estufa com temperatura de $105\pm 3^\circ\text{C}$ por um período de 24h, sendo posteriormente pesado em balança analítica para obtenção do peso seco do material (P_f).

4.5.2 Solubilidade da madeira em água quente

Em um balão de fundo redondo (com capacidade de 250ml) foram adicionados 2,0g (P_i) de partículas de madeira e 100ml de água destilada, sendo encaminhados ao aparato composto pelo conjunto balão e condensador, sendo o processo de aquecimento realizado por meio de uma manta dotada de resistência elétrica. A solução permaneceu sob refluxo por um período de três horas, sendo posteriormente filtrado em um cadinho de vidro sinterizado de porosidade média, com auxílio de uma bomba de vácuo. Ao final do processo a amostra foi lavada com 200ml de água destilada quente. Em seguida, o cadinho foi mantido em estufa a temperatura de $105\pm 3^\circ\text{C}$, até peso constante obtendo-se o peso final (P_f).

Para as duas determinações, solubilidade dos extrativos da madeira em água quente e fria, foi empregada a equação 5.

$$SAF \text{ ou } SAQ = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (5)$$

, onde:

SAF = Solubilidade em Água Fria (%);

SAQ = Solubilidade em Água Quente (%);

Pi = Peso inicial (g);

Pf = Peso final (g).

4.5.3 pH

Com auxílio de um pHmetro digital de bancada da marca BEL engineering, modelo W3B (Figura 10), foi determinado o pH dos extratos aquosos obtidos das análises de solubilidade dos extrativos. O pH foi determinado à temperatura ambiente de 25°C.

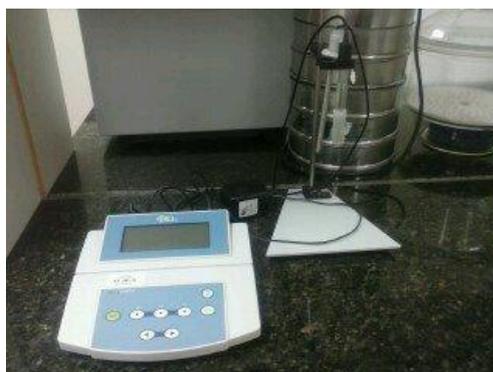


Figura 10 – pHmetro digital de bancada.

Fonte: Autora, 2012.

4.6 Processo de colagem da madeira

Uniformizado o teor de umidade dos blocos e determinada a densidade, estes foram agrupados de acordo com a semelhança de valores de densidade dentro de cada espécie seguindo indicação da norma ASTM D 905 (2003).

Foram obtidos nove tratamentos a partir da colagem da madeira de *A. angustifolia* com os adesivos I, II e III (tratamentos 1, 2 e 3); *E. uncinatum* com os adesivos I, II e III (tratamentos 4, 5 e 6); bem como *A. leiocarpa* com os adesivos I, II e III (tratamentos 7, 8 e 9).

A colagem seguiu os parâmetros discriminados nos boletins técnicos dos adesivos empregados. A gramatura do adesivo foi de 200g/m², sendo empregada em todos os tratamentos. Para um melhor espalhamento do adesivo na superfície dos blocos foi utilizada uma espátula plástica.

A tabela 1 apresenta os diferentes parâmetros de colagem para cada formulação de acordo com sua classe de densidade.

Tabela 1 - Parâmetros de colagem e prensagem de acordo com as formulações do adesivo PVA.

Tratamento	Adesivo	Espécie	Parâmetros		
			Colagem		Prensagem
			TA ¹ (min)	TA ² (min)	PE (kgf/cm ²)
1	I	<i>A. angustifolia</i>	5	10	6
2	I	<i>E. uncinatum</i>	5	10	8
3	I	<i>A. leiocarpa</i>	5	10	10
4	II	<i>A. angustifolia</i>	5	10	6
5	II	<i>E. uncinatum</i>	5	10	8
6	II	<i>A. leiocarpa</i>	5	10	10
7	III	<i>A. angustifolia</i>	10	15	6
8	III	<i>E. uncinatum</i>	10	15	8
9	III	<i>A. leiocarpa</i>	10	15	10

*TA¹ = tempo em aberto; TA² = tempo de montagem; PE = pressão específica.

Para efetuar a colagem dos blocos, os mesmos foram submetidos à prensagem à frio na máquina universal de ensaios da marca EMIC, modelo DL 30, por um período de 40 minutos.

4.7 Ensaio mecânico de cisalhamento por compressão na linha de cola / teste de falha

Após o procedimento de colagem dos blocos, as amostras foram encaminhadas à câmara climática (temperatura de 23±2°C e umidade relativa do ar de 65±5%) para finalização do processo de cura do adesivo e estabilização da umidade na linha de cola. Em seguida, foram novamente encaminhados à marcenaria local para corte dos corpos de prova, de acordo

com as dimensões (Figura 11) prescritas pela norma ASTM D 905 (2003), perfazendo um total de 225 corpos de prova.

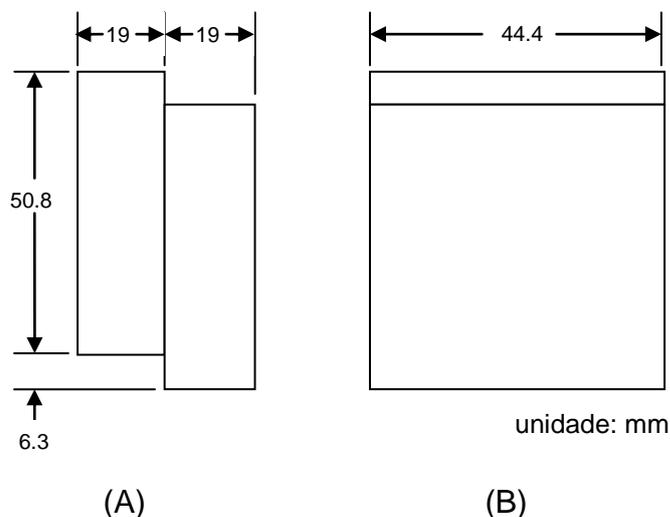


Figura 11 – Dimensões do corpo de prova segundo norma ASTM D 905 (2003) adaptado pela autora. Vista lateral esquerda (A); Vista frontal (B).

Fonte: Autora, 2013.

O ensaio de cisalhamento por compressão na linha de cola foi realizado de acordo com as especificações da norma ASTM D 905 (2003). Para cada tratamento cinco corpos de prova foram descartados, sendo desconsiderados os que apresentaram valores atípicos para resistência ao cisalhamento.

Os corpos de prova ensaiados foram submetidos ao teste de falha na madeira, o qual foi realizado por meio de uma análise visual da área de cisalhamento da linha de cola, sendo o critério de avaliação caracterizado por: 0% de falha na madeira quando ocorreu 100% de falha na linha de cola.

4.8 Análise estatística

O delineamento empregado foi inteiramente casualizado com três repetições para as análises químicas e 20 repetições para o ensaio de cisalhamento por compressão na linha de cola, onde foi avaliado o efeito das diferentes formulações de adesivos e espécies de madeira, além da interação dos efeitos.

Após a realização das análises, os valores médios referentes a cada variável resposta avaliada foram submetidos à análise de variância

convencional para análise química e densidade e fatorial para resistência ao cisalhamento. Havendo rejeição da hipótese de nulidade pelo teste F, foi possível aplicar-se o teste Tukey ao nível 5% de significância para comparação entre as médias dos tratamentos avaliados.

O programa estatístico empregado para o processamento das variáveis foi o *Statgraphics Centurion* versão XV.

5 Resultados e Discussão

5.1 Propriedades físico-químicas dos adesivos

Na tabela 2 estão apresentados os valores das propriedades físico-químicas dos adesivos obtidos em laboratório e por meio do boletim técnico dos adesivos empregados.

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas das três formulações do adesivo PVAc.

Adesivo PVAc	Teor de Sólidos (%)[*]	Densidade (g/cm³)[*]	pH[*]	Viscosidade (mPa.s)^{**}
I	47	1,08	3,84	3.200
II	48	1,09	2,91	4.000
III	49	1,09	2,94	4.200

* Valores determinados no LAPAM; ** Valor observado no boletim técnico do adesivo.

De acordo com a tabela 2 o teor de sólidos dos adesivos variou de 47 a 49%. A densidade foi muito próxima para os três adesivos, variando de 1,08 a 1,09g/cm³. O pH verificado foi entre 2,91 e 3,84 tendendo a acidez. A viscosidade apresentada no boletim técnico variou de 3.200 a 4.200mPa.s.

Lopes (2008) avaliando a colagem lateral de painéis de madeira, classificou o adesivo PVA utilizado quanto ao teor de sólidos, pH e viscosidade de acordo com laudo técnico emitido pelo fabricante, sendo o teor de sólidos de 45%, pH 3 e viscosidade 4.000mPa.s.

Em estudo com colagem de madeira sólida e adesivo PVA, Coelho (2013) determinou algumas das propriedades do adesivo em laboratório, teor de sólidos de 46,40%; densidade 1,06g/cm³ e pH de 4,39. A viscosidade apresentada pela autora varia de 3.000 à 7.000mPa.s sendo esta obtida através de boletim técnico.

5.2 Teor de umidade e densidade aparente da madeira

A tabela 3 apresenta os resultados encontrados para teor de umidade e densidade aparente do material estudado.

Tabela 3 – Valores médios observados para teor de umidade (T.U.) e densidade aparente (D.A.) para as três espécies analisadas.

Espécie	N	T.U. (%)	C.V. (%)	D.A. (g/cm³)	C.V. (%)
<i>A. angustifolia</i>	30	11,67	6,11	0,55 ^a	4,46
<i>E. uncinatum</i>	30	12,02	13,34	0,68 ^b	5,02
<i>A. leiocarpa</i>	30	12,66	9,18	0,87 ^c	6,55

N = número de corpos de prova. C.V. = Coeficiente de Variação. * Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

De acordo com a tabela 3 os valores das médias dos teores de umidade variaram entre 11,67 e 12,66%, os quais são considerados eficientes para colagem. Tienne (2006) considera que as faixas de umidade de melhor adesão para a madeira estão entre 6 e 14% e valores abaixo do valor inferior requerem uma formulação específica do adesivo.

Foi observada diferença estatística significativa entre os valores de densidade aparente para as três espécies (ANOVA – APÊNDICE K), sendo considerado este resultado satisfatório. Os valores médios de densidade aparente observados estão iguais ou similares aos valores citados por Lorenzi et al. (2003) e IPT (1989).

5.3 Solubilidade em Água Fria, Solubilidade em Água Quente e pH

A tabela 4 apresenta os valores médios encontrados para a quantidade de extrativos presentes na madeira capazes de serem solubilizados em água fria (SAF) e em água quente (SAQ) e pH das soluções aquosas provenientes dos mesmos.

Tabela 4 – Valores médios encontrados para solubilidade em água fria (SAF), solubilidade em água quente (SAQ) e pH dos extratos em água fria e água quente.

Espécie	N	SAF (%)	pH	SAQ (%)	pH
<i>A. angustifolia</i>	3	2,92 ^{a*}	5,68 ^a	3,16 ^a	5,38 ^a
<i>E. uncinatum</i>	3	3,27 ^b	5,10 ^b	5,59 ^b	4,25 ^b
<i>A. leiocarpa</i>	3	6,26 ^c	4,99 ^c	9,94 ^c	4,72 ^c

N = número de amostras; * Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

Por meio da tabela 4 pode-se constatar que houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados observados para os extratos encontrados na SAF e pH nas três espécies avaliadas (ANOVA – APÊNDICE B e D). Ocorrendo o mesmo para os resultados dos extratos encontrados na SAQ e pH (ANOVA – APÊNDICE F e H) nas três espécies avaliadas.

A madeira da *A. leiocarpa* apresentou os valores médios de SAF e SAQ superiores as demais espécies analisadas, sendo seguida pela espécie *E. uncinatum*, ficando evidente a influencia da densidade da madeira no aumento do teor de extrativos.

Para as três espécies observou-se que os valores de SAQ foram superiores aos valores de SAF, o que aconteceu devido à aplicação de temperatura.

Já os valores superiores de pH tanto para SAF como para SAQ foram observados na madeira de *A. angustifolia*, tendendo a neutralidade e situando-se dentro da normalidade sugerida por Iwakiri (2005) na faixa de 3 a 6.

5.4 Resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola / teste de falha na madeira

A tabela 5 apresenta os valores médios de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e valores médios obtidos pelo teste de falha na madeira.

Tabela 5 - Valores médios de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e percentagem de falha na madeira.

Tratamento	N	Resistência (KPa)	Falha (%)
1	20	6.958,8 ^{a*}	56,0
2	20	9.189,9 ^{bc}	88,5
3	20	8.003,8 ^{ab}	52,5
4	20	11.149,7 ^{cd}	91,0
5	20	11.222,3 ^{cd}	78,5
6	20	11.446,9 ^d	50,5
7	20	12.380,7 ^d	23,5
8	20	15.065,2 ^e	37,0
9	20	10.451,5 ^{cd}	33,5

N = número de corpos de prova. *Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

Por meio da análise da tabela 5 pode-se observar que houve um aumento de resistência ao cisalhamento na linha de cola em função do aumento de densidade das espécies avaliadas (ANOVA – APÊNDICE M).

A mesma tendência foi constatada por Plaster et al. (2008), avaliando a colagem em madeiras de clones de eucalipto com três classes de densidade, 0,70 à 0,79; 0,80 à 0,89 e 0,90 à 0,99g/cm³ obtendo resistências ao cisalhamento na linha de cola de 13.630, 13.730 e 15.100KPa respectivamente.

Na tabela 5 observa-se que para os tratamentos realizados com a madeira de *A. angustifolia* (1, 2 e 3) e de *A. leiocarpa* (7, 8 e 9), a colagem efetuada com o adesivo II (tratamentos 2 e 8) de viscosidade intermediária (4000mPa.s) apresentou o melhor desempenho dentro de cada espécie.

Vital et al. (2006) em estudo realizado com as espécies *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* constatou que o adesivo que proporcionou a maior média de resistência ao cisalhamento foi o acetato de polivinila de média viscosidade.

Ainda segundo o autor o comportamento diferenciado de cada tipo de adesivo dentro de cada espécie de madeira deve-se, possivelmente, à variabilidade na densidade e permeabilidade de cada tipo de madeira.

Na tabela 6 estão apresentadas as análises de variância dos efeitos isolados dos adesivos e das espécies na resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola.

Tabela 6 - Análise de variância dos efeitos dos adesivos e das espécies na resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola.

Adesivo	N	Resistência (KPa)	Espécie	Resistência (KPa)
I	60	10.163,1 ^{a*}	<i>A. angustifolia</i>	8.050,9 ^a
II	60	11.825,8 ^b	<i>E. uncinatum</i>	11.273,0 ^b
III	60	9.967,4 ^a	<i>A. leiocarpa</i>	12.632,4 ^c

N = número de corpos de prova. *Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

De acordo com a tabela 6, nota-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os adesivos I, III e o II sendo melhor desempenho apresentado pelo o adesivo II.

Ainda segundo a tabela 6 observa-se que para a resistência ao cisalhamento na linha de cola todos os valores diferiram estatisticamente. A maior resistência apresentada foi pela madeira de *A. leiocarpa*, 12.632KPa (a qual apresentou a maior densidade aparente e maior teor de extrativos) possivelmente por ter sido a resistência da própria madeira superior a da colagem, visto os baixos percentuais de falha na madeira apresentados pela mesma.

Albino et al. (2012) avaliou a influência do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. na qualidade da colagem e constatou que quanto maior a quantidade de extrativos totais presentes na madeira, maior a qualidade de colagem em relação à resistência ao cisalhamento.

Já a menor resistência ao cisalhamento na linha de cola foi verificado na colagem da madeira de menor densidade *A. angustifolia* 8.050,9KPa. A mesma relação foi estabelecida por Albino et al. (2010) ao analisar três regiões do tronco da madeira de eucalipto e constatar que a região da medula, de menor densidade apresentou a menor resistência.

Por meio da figura 12 observa-se a interferência da espécie e do tipo de adesivo na qualidade da colagem de acordo com o teste de falha na madeira.

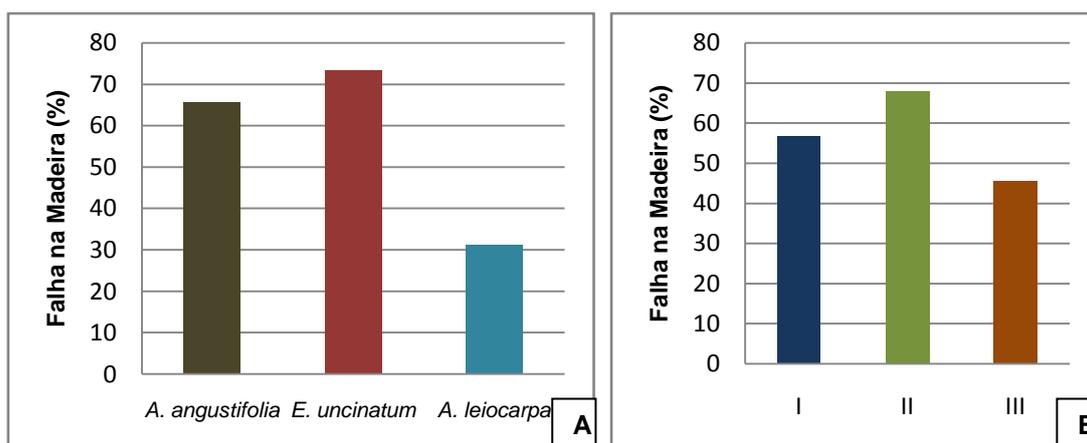


Figura 12 – Gráfico do percentual de falha na madeira de acordo com a espécie (A); Gráfico do percentual de falha na madeira de acordo com adesivo (B).

Fonte: Autora, 2013.

Quando é avaliada a percentagem de falha na madeira em relação a espécie (Figura 12.A) nota-se que a espécie que apresentou o desempenho mais satisfatório foi a *E. uncinatum*, a qual possui densidade intermediária apresentando assim melhores condições de colagem.

A madeira de *A. angustifolia* por apresentar baixa densidade e, portanto alta porosidade pode ter apresentado uma linha de cola “faminta”, o que não proporcionou a melhor formação da linha de cola.

Do mesmo modo, a madeira de *A. leiocarpa* apresenta alta densidade e alto teor de extrativos o pode ter ocasionado nas piores condições de formação na linha de cola resultando os percentuais de falha na madeira inferiores as demais espécies. De acordo com Marra (1992) as madeiras de alta densidade são difíceis de serem coladas devido a pouca penetração do adesivo, diminuindo a possibilidade de um bom desenvolvimento da linha de cola.

Ao analisar a qualidade da colagem pelo teste de falha de acordo com o adesivo (Figura 12.B) observa-se que o adesivo II apresentou melhor desempenho, tendo o mesmo adesivo apresentado o melhor desempenho quanto à resistência ao cisalhamento (Tabela 6).

Segundo Vital et al. (2005), elevados valores para o percentual de falha na madeira são indicativos de boa qualidade na adesão, pois indicam que a coesão do adesivo e a resistência da interface adesivo/madeira são iguais ou mais elevadas que a resistência da própria madeira.

6 Conclusão

A partir dos resultados observados no presente estudo é possível concluir que:

- Os teores de extrativos observados por meio das análises de solubilidade em água quente e fria são diferentes para as três espécies estudadas, bem como o pH das mesmas;
- Com relação à presença de extrativos, pode-se constatar que as espécies com os teores de extrativos mais elevados (*A. leiocarpa*) apresentaram melhor resistência ao cisalhamento na linha de cola, entretanto, a qualidade da colagem observada por meio da percentagem de falha na madeira foram inferiores;
- Pode-se concluir também que houve diferença na qualidade da colagem de acordo com o tipo de adesivo empregado, tendo apresentado a colagem mais eficiente para a madeira de *A. leiocarpa* com o adesivo II;
- O efeito da densidade aparente na resistência da linha de cola foi significativo, ocorrendo um aumento desta variável em função do aumento da densidade aparente.

Referências

ALBINO, V. C do S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Estudo da interface madeira-adesivo de juntas coladas com resorcinol-formaldeído e madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 509-516, 2010.

ALBINO, V. C do S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *E. grandis* w. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS: Standart test for strenght properties of adhesive bonds in shear by compression loading. **ASTM D-905**. Annual book of ASTM Standarts, 2003.

BANDEL, A. **Adhesivos y tecnologia del encolado en la industria de la madera**. Viale Rimembranze: Nuova Grafica Duelle – Milano, 1991. 288p.

BRASKEM. **Glossário de termos técnicos aplicados a polímeros**. [S.l: s.n.], 2002. 9p. (Boletim técnico 08 PVC).

BURGER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel. 1991. 154p.

ECOLOG. Tipos de Madeiras. Disponível em: <<http://www.ecologflorestal.com.br/madeiras.av>> Acesso em: 26 nov. 2013.

FAHERTY, K. F.; WILLIAMSON, G. **Wood engineering and construction handbook**. 3. ed. New York: McGraw-Hill Publishing Company, 1997.

FLORA DIGITAL. *Apuleia leiocarpa*. 2006. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/index.php?pag=buscar_mini.php> Acesso em: 27 nov. 2013.

FLORA DIGITAL. *Araucaria angustifolia*. 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/index.php?pag=buscar_mini.php> Acesso em: 27 nov. 2013.

FRANCK FILHO, Francisco Humberto. **Seleção de Espécies Arbóreas Nativas da Região Sul do Brasil para Reflorestamento e Emprego na Arquitetura e no Design**. 2005. 140f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FRIHART, C. R. **Wood adhesion and adhesives**. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. Editado por Roger M. Rowell. Boca Raton: CRC Prews, 2005.

IPT. Informações sobre madeiras. Pinheiro-do-paraná. 1983,1989. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: <
http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=18> Acesso em: 10 nov. 2013.

IPT. Informações sobre madeiras. Cedrinho. 1983. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: <
http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=9> Acesso em: 10 nov. 2013.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

JANKOWSK, I. P.; CHIMELO, J. P.; CAVALCANTE, A. de A.; GALINA, I. C. M.; NAGAMURA, J. C. S. **Madeiras Brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v. 1. 172p.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. C. O. Características anatômicas e químicas da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MORI, C. L. S. de O. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 73-77, 2008.

LOBAO, M.S.; GOMES, A. Qualidade da adesão em madeira de eucalipto em corpos-de-prova colados em dois diferentes planos e densidades. **Cerne**, Lavras, v.12, n. 2, p. 194-200, 2006.

LOPES, Merielen de Carvalho. **Espectroscopia no Infravermelho próximo aplicada na avaliação de painéis de Madeira colados lateralmente**. 2008. 130p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 352p.

MARCATI, C. R.; DELLA LUCIA, R. M. Comportamento do angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth.) à adesão com PVA (acetato de polivinila) e resorcinol formaldeído. **Cerne**, Lavras, v.2 n.1, 1996.

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

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Ministério da Educação e do Desporto. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2010. 175p.

MOTTA, J. P.; ALVES, R.C.; OLIVEIRA, J. T. da S. Influência do teor de umidade nas propriedades de adesão da madeira de *Corymbia citriodora*. In: VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8. e ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS GRADUAÇÃO, 9., 2011, Vale do Paraíba. **Anais eletrônicos...** Recife: UNIVAP, 2011. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/1122_1439_01.pdf> Acesso em: 15 dez. 2013.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. da S.; ALVES, R.C. Influência do teor de umidade nas propriedades de adesão da madeira de eucalipto. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, 2012.

MOVEIS LIANE. Produtos, Mesas, Mesa de jantar com 2 gavetas em madeira de Grápia e Cabriuva. Disponível em: <<http://www.moveisliane.com.br/produtos.php?id=212>> Acesso em: 27 nov. 2013.

NOCK, E. P.; RICHTER, H. G. Tópicos de tecnologia da madeira: **Adesão e adesivos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1978, 93p.

PATERLINI, Ewerthon Mattos. **Caracterização tecnológica da madeira de acácia (*Acacia mangium* WILLD) para produtos sólidos**. 2011. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2011.

PLASTER, O. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; ABRAHÃO, C. P.; BRAZ, R.L. Comportamento de juntas coladas na madeira serrada de *Eucalyptus sp.* **Cerne**, Lavras v.14 n.3, p. 251-258, 2008.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Corag, 1998. 525p.

REMADE. **Revista da Madeira**. Adesivos. Processo de fixação da madeira exige cuidados. 2008. . Disponível em:
<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1288&subject=Adesivos&title=Processo%20de%20fixa%20E7%E3o%20da%20madeira%20exige%20cuidados> Acesso em: 25 nov. 2013.

ROCHA, W. X. As reações de polimerização – polímero de adição. Química, 2007. Disponível em:
<<http://www.mundovestibular.com.br/articles/775/1/ASREACOES-DE-POLIMERIZACAO---POLIMEROS-DE-ADICAO/Paacutegina1.html>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

SANCLER MENEZES. Portifólio, Banco Cedrinho Khaleesi e Mesa Lateral Nube. 2012. Disponível em:
<<http://sanclermenezes.blogspot.com.br/2012/08/banco-cedrinho-khaleesi-e-mesa-lateral.html>> Acesso em: 27 nov. 2013.

SANTOS, C. M. T.; DEL MENEZZI, C. H. S. Efeito da gramatura sobre a resistência ao cisalhamento da linha de cola de duas madeiras tropicais: seru (*Allantoma lineata*) e marupá (*Simarouba amara*). **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 345-354, 2010.

SCHULTZ, Alessandra Cristina Pimpão. **Avaliação da colagem e da variação de umidade na produção de painéis compensado com mistura de espécies**. 2008. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

SILVA, Caroline Coelho da. **Qualidade de juntas coladas com madeira de teca (*Tectona grandis*) oriunda da região de Cáceres – MT**. 2013. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI. **TAPPI-207 cm: Water solubility of wood and pulp**. Atlanta; 1999.

TIENNE, D. L. da C. **Qualidade da adesão de juntas coladas expostas a condições de serviços externo e interno**. 2006. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

TRABALHOS. Mesinha. 2010. Disponível em:
<<http://reformasderoberto.blogspot.com.br/>> Acesso em: 27 nov. 2013.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. da S.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito de ciclos de umidade relativa e temperatura dos ar na resistência de juntas coladas com lâminas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith e chapas de fibra de densidade média (MDF). **Revista árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.801-808, 2005.

VITAL, B. R.; MACIEL, A. da S.; DELLA LUCIA, R. M. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p. 637-644, 2006.

Apêndices

APÊNDICE A – Estatística descritiva para Solubilidade em Água Fria – SAF

Espécie	N	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
Pinheiro brasileiro	3	2,92	0,04359	1,49	2,89	2,97
Cedrinho	3	3,27	0,08083	2,47	3,18	3,34
Grápia	3	6,26	0,08718	1,39	6,16	6,32
Total	9	4,15	0,21160	5,10	3,18	6,32

C.V. Coeficiente de Variação.

APÊNDICE B – Análise de Variância – ANOVA para SAF

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Entre Grupos	20,2358	2	10,1179	1893,2	0
Dentro dos Grupos	0,0320667	6	0,005344		
Total (Corr.)	20,2679	8			

G.L. Grau de Liberdade.

APÊNDICE C – Estatística descritiva para pH na Solubilidade em Água Fria

Espécie	N	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
Pinheiro brasileiro	3	5,68	0,01528	0,27	5,66	5,69
Cedrinho	3	5,1	0,03512	0,69	5,06	5,13
Grápia	3	4,99	0,01732	0,35	4,98	5,01
Total	9	5,26	0,06771	1,29	4,98	5,69

C.V. Coeficiente de Variação.

APÊNDICE D – Análise de Variância – ANOVA para pH na SAF

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Entre Grupos	0,819289	2	0,409644	695,62	0
Dentro dos Grupos	0,0035333	6	0,000589		
Total (Corr.)	0,822822	8			

G.L. Grau de Liberdade.

APÊNDICE E – Estatística descritiva para Solubilidade em Água Quente – SAQ

Espécie	N	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
Pinheiro brasileiro	3	3,16	0,05292	1,67	3,1	3,2
Cedrinho	3	5,59	0,10504	1,88	5,49	5,7
Grápia	3	9,94	0,23072	2,32	9,77	10,2
Total	9	6,23	0,38868	6,24	3,1	10,2

C.V. Coeficiente de Variação.

APÊNDICE F – Análise de Variância – ANOVA para SAQ

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Entre Grupos	70,7089	2	35,3544	1581,5	0
Dentro dos Grupos	0,134133	6	0,022356		
Total (Corr.)	70,843	8			

G.L. Grau de Liberdade.

APÊNDICE G – Estatística descritiva para pH na Solubilidade em Água Quente

Espécie	N	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
Pinheiro brasileiro	3	5,38	0,08386	1,56	5,28	5,43
Cedrinho	3	4,25	0,01528	0,36	4,23	4,26
Grápia	3	4,72	0,01155	0,24	4,71	4,73
Total	9	4,78	0,11069	2,31	4,23	5,43

C.V. Coeficiente de Variação.

APÊNDICE H – Análise de Variância – ANOVA para pH na SAQ

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Entre Grupos	1,9334	2	0,9667	391,91	0
Dentro dos Grupos	0,0148	6	0,002467		
Total (Corr.)	1,9482	8			

G.L. Grau de Liberdade.

APÊNDICE I - Estatística descritiva para Teor de Umidade – TU

Espécie	N	Média	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
Pinheiro brasileiro	30	12,02	13,34	9,33	15,9
Cedrinho	30	12,66	9,18	10,23	14,7
Grápia	30	11,67	6,11	10,83	13,6
Total	90	12,11	10,47	9,33	15,9

C.V. Coeficiente de variação.

APÊNDICE J – Estatística descritiva para Densidade aparente

Espécie	N	Média	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
Pinheiro brasileiro	30	0,68	5,02	0,59	0,74
Cedrinho	30	0,87	6,56	0,79	1
Grápia	30	0,56	4,47	0,49	0,6
Total	90	0,70	19,24	0,49	1

C.V. Coeficiente de Variação

APÊNDICE K - Análise de Variância – ANOVA para Densidade aparente

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Entre Grupos	1,48503	2	0,742514	441,15	0
Dentro dos Grupos	0,146433	87	0,001683		
Total (Corr.)	1,63146	89			

G.L. Grau de Liberdade.

APÊNDICE L – Estatística descritiva para a resistência da colagem ao cisalhamento por compressão na linha de cola

Tratamento	N	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Mínimo	Máximo
1	20	11149,7	1685,9	15,12	8829,87	13870
2	20	11222,3	1689,94	15,05	9139,63	14003
3	20	11446,9	1839,23	16,07	7809,3	14547
4	20	12380,7	1483,1	11,98	10181,6	14609
5	20	15065,2	1357,54	9,01	12220,7	17610
6	20	10451,5	4349,11	41,61	3166,47	18362
7	20	6958,84	744,905	10,70	5373,09	8207,7
8	20	9189,99	2022,42	22,01	5876,48	12355
9	20	8003,79	2858,02	35,71	2264,63	13897
Total	180	10652,1	3155,35	29,62	2264,63	18362

C.V. Coeficiente de Variação.

APÊNDICE M – Análise de Variância – ANOVA para a resistência da colagem ao cisalhamento por compressão na linha de cola

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	P
Entre Grupos	9,30E8	8	1,16E08	23,33	0
Dentro dos Grupos	8,52E8	171	4,98E06		
Total (Corr.)	1,78E9	179			

G.L. Grau de Liberdade

APÊNDICE N –Análise de variância dos efeitos principais e sua interação

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	Valor P
Efeitos Principais					
A:Adesivo	6,64E8	2	3,32E08	66,66	0
B:Espécie	1,25E8	2	6,26E07	12,56	0
Interação					
AB	1,40E8	4	3,51E07	7,04	0
Resíduos	8,52E8	171	4,98E06		
Total	1,78E9	179			

G.L. Grau de Liberdade