

# **PAINÉIS DE PARTÍCULAS PROVENIENTES DE REJEITOS DE *Pinus* sp. TRATADO COM PRESERVANTE CCA E RESINA DERIVADA DE BIOMASSA<sup>1</sup>**

Marília Silva Bertolini<sup>2</sup>, Maria Fátima Nascimento<sup>3</sup>, André Luis Christoforo<sup>4</sup> e Francisco Antonio Rocco Lahr<sup>3</sup>

**RESUMO** – A utilização do preservante CCA (sais de cromo, cobre e arsênio) tem sido questionada devido ao impacto relacionado à dispersão, principalmente, do cobre e do arsênio para o ambiente, antes de sua completa fixação na madeira. Outra questão se relaciona à disposição indevida dos resíduos provenientes da madeira tratada, viabilizando a lixiviação devido à maior área passível desses rejeitos sujeita a tal fenômeno. Este trabalho teve como objetivo a produção de painéis de partículas, avaliando o efeito da adição de resíduos de *Pinus* sp. tratado com sais de cromo, cobre e arsênio (CCA), em associação com material da mesma espécie sem preservantes, além de alterações no teor de adesivo poliuretano à base de mamona empregado na produção. As propriedades dos painéis produzidos foram determinadas conforme recomendações da NBR 14810-3: 2006. Por meio de análise estatística, observou-se que a adição da madeira tratada proporcionou desempenho superior no inchamento em espessura (2 h), ao passo que esse insumo utilizado na mesma proporção que a madeira sem preservantes foi significativa, obtendo os melhores resultados na adesão interna. Os módulos de ruptura e de elasticidade na flexão não sofreram influência das variações nos insumos utilizados nos painéis. Os painéis, em grande parte, apresentaram-se em conformidade com os principais requisitos nesse âmbito, mostrando a possibilidade da utilização dos referidos insumos na produção, além da obtenção de um produto com considerável apelo ambiental.

Palavras-chave: *Pinus* sp.; Painéis aglomerados; Tratamento CCA.

## ***PARTICLEBOARDS USING WASTES FROM CCA-TREATED *Pinus* sp. AND RESIN FROM BIOMASS***

**ABSTRACT** – The use of preservative CCA (Chromated Copper Arsenate) has been questioned due to the impact mainly related to the dispersion of copper and arsenic to the environment prior to its complete fixation in timber. Another issue is related to the inappropriate disposal of wastes from treated wood, which may cause leaching due to the increased area susceptible to these wastes. This study aimed the particleboard production, evaluating the effect of adding waste from CCA-treated *Pinus* sp., in association with the same specie without preservative, in addition to variations in content of castor oil-based polyurethane resin. Particleboards properties were determined according to NBR 14810-3: 2006. By statistical analysis, it was observed that the addition of treated wood resulted in better performance in the thickness swelling (2 hours), whereas this treated wood used the same proportion as the timber without preservatives was significant in internal bond, showing the better values. The modulus of rupture and modulus of elasticity were not influenced by variations in raw-materials used in particleboards production. Most of the panels were in accordance to the main requirements, showing feasibility of using these materials in their production, as well as obtaining a product with considerable environmental appeal.

Keywords: *Pinus* sp.; Particleboards; Treatment with CCA.

---

<sup>1</sup> Recebido em 08.05.2013 aceito para publicação em 11.03.2014.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, USP, Brasil. E-mail: <marilia.bertolini@usp.br>.

<sup>3</sup> Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, Brasil. E-mail: <fati@sc.usp.br> e <frocco@sc.usp.br>.

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Brasil. E-mail: <alchristoforo@yahoo.com.br>.



## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem apresentando crescente interesse por produtos obtidos a partir da madeira tratada, devido à sua maior resistência em serviço, embora as técnicas de aplicação careçam de normatização. Estimativas da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal - APRE (2011) têm apontado uma produção anual brasileira de madeira tratada de 1,2 milhão de m<sup>3</sup>, na qual o CCA (sais de cromo, cobre e arsênio) representa 80% do volume de preservativo utilizado, enquanto o CCB (sais ou óxidos de cromo, cobre e boro), o lindane, o tribromofenato e o creosoto somados se referem a apenas 20% (SILVA, 2006).

Questões ambientais referentes à utilização do CCA têm sido levantadas devido à dispersão do cobre e do arsênio para o ambiente antes de sua completa fixação na madeira. Com isso, existe a possibilidade de contaminação do solo e do lençol freático, principalmente quando na forma de resíduos, pois sua pequena espessura aumenta a área passível de viabilizar a perda de substâncias por lixiviação (BERTOLINI, 2011).

Solo-Gabriele et al. (2004) citaram que estudos na Flórida, EUA, enfocando os impactos ambientais ocasionados pelo CCA foram efetuados a partir dos níveis elevados de arsênio e cromo encontrados nas cinzas de usinas de cogeração de energia. Durante 1996, constatou-se que essa contaminação foi gerada pela queima da madeira tratada proveniente de rejeitos para obtenção de energia. Kamdem (2002) destacou que o volume de resíduos de madeira tratada com CCA nos Estados Unidos, em 2002, foram da ordem de oito milhões de m<sup>3</sup> e estimou que, no ano 2020, esse volume será de 19 a 20 milhões de m<sup>3</sup>, sendo estes oriundos, principalmente, da construção civil. Estudos de Murphy et al. (2004), considerando o cenário do Reino Unido, indicaram um montante de 62.000 m<sup>3</sup> de resíduos pós-consumo de madeira tratada com CCA em 2004 e, considerando a vida útil em serviço de 50 anos de madeiras com esse tratamento, estimaram um volume de 870.000 m<sup>3</sup> de rejeitos em 2061.

Nesse sentido, órgãos governamentais têm aconselhado o descarte adequado desses rejeitos em aterros controlados, para incineração da madeira tratada e captação dos gases eliminados. Além disso, não se devem reutilizar sobras/resíduos da madeira tratada na fabricação de produtos destinados à queima (carvão, briquetes) ou combustíveis, nem descartá-los

a céu aberto. Isso se deve ao fato de a substância preservante CCA ser considerada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA, 2007) como de classe toxicológica e de risco ambiental tipo I, ou seja, extremamente tóxico.

Considerando-se que o reaproveitamento ambientalmente correto é também aquele que possa gerar produtos úteis e comercializáveis para a sociedade, é possível admitir esse material como potencial insumo para manufatura de derivados da madeira, levando-se em conta não somente as características de resistência à degradação biológica, mas propriedades mecânicas superiores, como no caso de algumas espécies quando impregnadas com preservantes, conforme apontado por Pinheiro (2001) e Rocco Lahr et al. (2010). Lepage (2010) citou alternativas de reciclagem, como produção de chapas de fibras, chapas de partículas, madeira laminada, compósitos de madeira-cimento e compósitos plástico-madeira.

Painéis de partículas aglomeradas destacam-se como produtos que permitem a utilização de rejeitos em sua obtenção, possibilitando considerável apelo sustentável (FIORELLI et al., 2012). Além disso, a aplicação de matérias-primas como adesivos de origem renovável e oriundos de biomassa também são fatores que contribuem nesse aspecto.

Os adesivos sintéticos à base de formaldeído utilizados na indústria de painéis apresentam inconvenientes como emissão de gases tóxicos, limitada reciclagem de seus produtos finais, custo dependente de suas matérias-primas e origem não renovável (GONZÁLEZ-GARCIA et al., 2011). O adesivo obtido a partir da mamona teve origem em 1940 (DIAS, 2008). Sua formulação bicomponente, constituída de polioli (óleo-de-mamona) e pré-polímero (isocianato), foi desenvolvida recentemente, contribuindo com excelente desempenho em produtos derivados da madeira e de resíduos lignocelulósicos, conforme pesquisas de Nascimento (2003), Campos (2005), Dias (2008), Battistelle et al. (2010), Fiorelli et al. (2012), entre outros. A resina à base de óleo-de-mamona apresenta, além das vantagens relacionadas à sua origem a partir de biomassa, benefícios no que diz respeito a menores temperaturas de prensagem, a partir de 60 °C, conforme Dias (2008), quando comparadas com aquelas contendo formaldeído (por volta de 160 °C), possibilitando menores custos com energia.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade da produção de painéis de partículas aglomeradas com emprego de rejeitos abundantes no setor madeireiro do Brasil, provenientes de *Pinus* sp. tratado com CCA (sais de cromo, cobre e arsênio) e resina poliuretana à base de mamona, adotando-se diferentes proporções de madeira tratada em relação à mesma espécie sem preservante, além de modificações quanto ao teor de adesivo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material

Foram utilizados neste estudo resíduos de *Pinus* sp. ao natural, obtidos a partir de rejeitos da serraria do Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da Universidade de São Paulo e rejeitos de *Pinus* sp. tratado com CCA com retenção do preservante de 6,5 kg/m<sup>3</sup>, provenientes de rejeitos de vigas roliças empregadas na construção civil (Figura 1a), posteriormente reduzidos em desengrossadeira e, em seguida, processados em moinho de facas para obtenção das partículas. Para adesão das partículas, foi utilizada a resina poliuretana à base de óleo-de-mamona, bicomponente, sendo o componente A um poliálcool derivado do óleo vegetal, com densidade de 1,2 g/cm<sup>3</sup>, e o componente B o isocianato polifuncional, densidade de 1,24 g/cm<sup>3</sup>. Trata-se de um adesivo de cura a frio, podendo ser acelerada com temperatura a partir de 60 °C (DIAS, 2008).

### 2.2 Produção e caracterização dos painéis particulados

Adotaram-se algumas variações na produção dos painéis em termos de proporções da madeira tratada, da mesma espécie ao natural e quanto ao teor de resina.

Desse modo, foram obtidas oito combinações, conforme mostrado na Tabela 1. Determinou-se a densidade nominal das chapas de 0,91 g/cm<sup>3</sup>, partindo da densidade do *Pinus* sp. tratado de 0,70 g/cm<sup>3</sup>, citada por Rocco Lahr et al. (2010), e da razão de compactação de 1,3, aconselhada por Maloney (1977).

A produção dos painéis consistiu na homogeneização da resina de mamona às partículas de madeira por meio de encoladeira. O material obtido foi previamente prensado em dispositivo mecânico para formação do colchão com as dimensões preestabelecidas pela caixa formadora, e em seguida houve a conformação dos painéis em prensa semiautomática sob pressão de 4 MPa, na temperatura de 100 °C e tempo de prensagem de 10 min. As chapas foram produzidas nas dimensões de 35 x 35 mm e espessura nominal de 10 mm. Após o acondicionamento dos painéis por um período de 72 h, eles foram esquadrejados para obtenção dos corpos de prova. Os painéis produzidos são apresentados na Figura 1b.

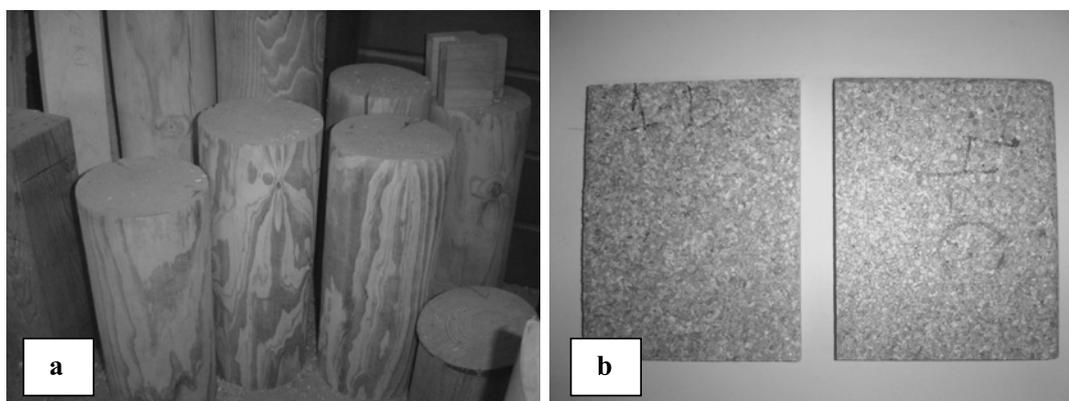
A caracterização dos painéis foi realizada conforme a norma brasileira NBR 14810-3: (ABNT, 2006b), com ensaios para determinação das propriedades físicas de densidade e inchamento em espessura (IE), em 2 e 24 h, e das propriedades mecânicas, de módulo de resistência (MOR) e do módulo de elasticidade (MOE) na flexão estática e da resistência à adesão interna (AI), obtida pela tração perpendicular às faces dos painéis.

Os valores encontrados das propriedades foram comparados estatisticamente entre si, para cada combinação mediante a análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância, empregando-se o software Minitab 16. Os resultados das propriedades estudadas foram comparados com os requisitos das principais normas de painéis de partículas, citadas na Tabela 2.

**Tabela 1** – Variações dos parâmetros de produção dos painéis.

**Table 1** – Variations in production parameters of particleboards.

Combinação	Madeira	Proporção	Teor de adesivo (%)
C1	<i>Pinus</i> sp. ao natural (PN)	100	8
C2			10
C3	<i>Pinus</i> sp. – CCA (PT)		8
C4			10
C5	<i>Pinus</i> sp. – CCA (PT)	50	8
C6			10
C7	<i>Pinus</i> sp. – CCA (PT)	25	8
C8			10



**Figura 1** - a. Rejeitos de madeira roliça de *Pinus* sp. tratado com CCA; e b. Painéis de partículas produzidos.  
**Figure 1** - a. Round Timber Wastes from CCA-treated *Pinus* sp.; and b. particleboards.

**Tabela 2** – Valores das propriedades segundo normas adotadas como referência.  
**Table 2** – Property values in accordance with reference standards.

Normas	Espessura painel (mm)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	IE max. (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	AI (MPa)
NBR 14810-2: 2006a	8 a 13	-	8	18	-	0,4
ANSI A208.1: 1999*	-	>0,8	8	16,5	2400	0,9
		0,64 a 0,8	8	11	1725	0,4
CS 236-66: 1968*	-	>0,8	55	16,8	2450	1,4
		0,6 a 0,8	35	12,6	1750	0,455
EN 312: 2003 <sup>a</sup>	> 6 a 13	-	16 <sup>b</sup>	16	2300	0,4

IE max. = Inchamento em Espessura máximo em 2 horas; MOR = Módulo de Ruptura; MOE = Módulo de Elasticidade; AI = Adesão Interna. <sup>a</sup> Chapas tipo P4 – Uso em condições secas. <sup>b</sup> IE em 24 horas. \* As unidades referentes à densidade, MOR, MOE e adesão interna foram alteradas para o Sistema Internacional; originalmente nas normas ANSI A208.1: 1999 e CS236-66: 1968 encontram-se em kg/m<sup>3</sup>, N/mm<sup>2</sup> e kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Propriedades físicas – Densidade e inchamento em espessura

A Tabela 3 apresenta os valores médios das propriedades físicas de densidade e inchamento em espessura (IE), obtidas para as oito combinações.

Em relação à densidade dos painéis, as combinações C2, C3 e C5 apresentaram-se estatisticamente diferentes em relação a C4, demonstrando que tanto a adoção de maior teor de adesivo quanto o emprego de 100% de partículas de madeira tratada podem influenciar a densidade dos painéis.

Quanto à propriedade de inchamento em espessura (IE) em ambos os períodos (Tabela 3), observa-se que a combinação C4 apresenta diferença estatística em relação a C1, demonstrando que tanto o teor de adesivo quanto o tipo de madeira empregada podem ser caracterizados como fatores influentes nessa

propriedade. Valores médios absolutos superiores de IE em 2 e 24 h foram obtidos nas combinações em que se empregaram *Pinus* sp. tratado com CCA e teor de adesivo de 10%, conforme observado em C4, C6 e C8. Ficou demonstrado que tais insumos podem interferir no desempenho dos painéis quando expostos à imersão em água.

#### 3.2. Propriedades mecânicas - Módulos de ruptura, módulo de elasticidade e adesão interna

Os valores obtidos nas propriedades mecânicas módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) na flexão estática e adesão interna (AI) encontram-se na Tabela 4.

No módulo de ruptura (MOR), notou-se que os valores obtidos nas combinações em geral não diferiram estatisticamente entre si. Todavia, nota-se que nas combinações as quais se utilizaram *Pinus* sp. tratado com CCA, o teor de adesivo é fator determinante para

**Tabela 3** – Valores médios das propriedades físicas – Densidade e inchamento em espessura.  
**Table 3** – Average values of physical properties – Density and thickness swelling.

Combinação	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Inchamento em espessura (%)	
		2 horas	24 horas
C1 - 100% PN e 8% mamona	0,85 a b	10,62 a	16,3 a
C2 - 100% PN e 10% mamona	0,76 b	9,17 a b	14,5 a b
C3 - 100% PT e 8% mamona	0,79 b	8,61 a b	13,39 a b
C4 - 100% PT e 10% mamona	0,88 a	4,09 b	8,65 c
C5 - 50% PT e 8% mamona	0,79 b	8,21 a b	14,01 a b
C6 - 50% PT e 10% mamona	0,81 a b	5,39 b	11,51 b c
C7 - 25% PT e 8% mamona	0,8 a b	8,95 a b	14,74 a b
C8 - 25% PT e 10% mamona	0,79 b	6,42 a b	13,09 a b

PN = *Pinus* sp. natural; PT = *Pinus* sp. tratado. Valores médios seguidos de mesmas letras, na mesma coluna, não diferenciam significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

**Tabela 4** – Valores médios das propriedades de mecânicas – Módulo de elasticidade, Módulo de ruptura e Adesão interna.  
**Table 4** – Average values of mechanical properties - Modulus of elasticity, modulus of rupture and internal bond.

Combinação	MOR (MPa)	MOE (MPa)	AI (MPa)
C1 - 100% PN e 8% mamona	17,37 a	2025 a	2,41 a b
C2 - 100% PN e 10% mamona	19,95 a	2109 a	2,06 a b
C3 - 100% PT e 8% mamona	20,13 a	2126 a	1,59 b
C4 - 100% PT e 10% mamona	22,46 a	2148 a	2,37 a b
C5 - 50% PT e 8% mamona	20,45 a	2070 a	2,67 a
C6 - 50% PT e 10% mamona	22,39 a	2200 a	2,74 a
C7 - 25% PT e 8% mamona	18,46 a	1947 a	2,37 a b
C8 - 25% PT e 10% mamona	22,4 a	2200 a	2,41 a b

PN = *Pinus* sp. natural; PT = *Pinus* sp. tratado. Valores médios seguidos de mesmas letras, na mesma coluna, não diferenciam significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

valores médios absolutos superiores, se observadas as combinações com 10% de adesivo, nos casos de C4, C6 e C8 e, para 8%, em relação à C3 e C5, independente da proporção de madeira tratada.

Quanto ao módulo de elasticidade (MOE), os valores médios mostraram-se estatisticamente equivalentes entre si, embora valores absolutos superiores dessa propriedade tenham sido alcançados com maiores teores de adesivo, comparando traços de mesma quantidade e tipo de madeira (C1 e C2 e C3 e C4).

Em relação à adesão interna dos painéis (Tabela 4), notou-se que, para amostras com o menor teor de adesivo (8%), torna-se interessante o emprego do pinus tratado na proporção de 50%, fato observado pela diferença estatística entre as combinações C3 e C5. Observou-se que, fixando as combinações com mesmas quantidades e mesmo tipo do insumo “madeira”, o teor de adesivo não se caracterizou como fator influente para essa propriedade, conforme equivalência estatística entre as combinações C1 e C2; C3 e C4; C5 e C6; e C7 e C8. Apesar disso, autores como Maloney (1977) e Moslemi (1974) mencionaram relações diretas da adesão interna e teor de adesivo.

#### 4. DISCUSSÕES

Neste estudo, considerando-se a densidade dos painéis produzidos, as amostras referentes às combinações C1, C4, C6 e C7 classificam-se como de alta densidade (>0,80 g/cm<sup>3</sup>), segundo a Norma ANSI A208.1: 1999. Conforme os valores médios de densidade apresentados na Tabela 3, os painéis referentes às oito combinações resultaram em densidades entre 0,76 e 0,88 g/cm<sup>3</sup>, ou seja, menores que a predeterminada na produção (0,91 g/cm<sup>3</sup>). Tendência semelhante foi observada em estudos de Brito et al. (2006), que obtiveram densidades de chapas de *Pinus elliottii* Engelm de 0,63 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>, diferindo-se da preestabelecida de 0,70 g/cm<sup>3</sup>. Em estudos de Iwakiri et al. (2008), foram notadas características semelhantes, com massas específicas até 13% menores em relação aos valores estimados na produção dos painéis.

Confrontando os valores de inchamento em espessura (IE) com os requisitos normativos, notou-se que as combinações C4, C6 e C8 levaram a resultados coerentes com o valor máximo estipulado pela NBR 14810-2: (ABNT, 2006a) de 8%, para IE em 2 h. Apenas a combinação C1, na qual se empregaram madeira sem

preservantes e menor teor de adesivo, não esteve de acordo com o máximo de 16% permitido pela norma EN 312: 2003, para IE em 24 h.

Observou-se também desempenho superior no IE para C5 e C7, em ambos os períodos, de aproximadamente 8 e 14%, respectivamente, comparando-se tais resultados com estudos de Naumann et al. (2008), envolvendo quantidade semelhante de adesivo ureia-formaldeído e adoção de mesmas proporções de mistura com outras espécies. Isso pode estar relacionado tanto às características de maior resistência à água da resina derivada da mamona quanto ao desempenho da madeira tratada nessa propriedade, em comparação com os gêneros *Eucalyptus* e *Schizolobium* utilizados pelos citados autores.

Em relação ao MOR, considerando os requisitos normativos, observou-se que apenas a combinação C1 não atingiu o valor estipulado pela Norma Brasileira (18 MPa), embora esteja de acordo com as demais normas estabelecidas como referência (Tabela 2).

Para o MOE, os painéis classificados como de média densidade (combinações C2, C3, C5, C7 e C8) resultaram em valores superiores ao estabelecido pelas normas ANSIA208.1: (ANS, 1999) e CS 236-66: 1968, de aproximadamente 1725 MPa (Tabela2).

Comparando os painéis referentes às combinações contendo 8% de adesivo PU derivado da mamona e *Pinus* sp. tratado com CCA (C3, C5 e C7), observou-se que os valores de resistência à ruptura e ao módulo de elasticidade estiveram 10% superiores aos de produtos semelhantes, produzidos por Oliveira et al. (2010). Esses autores produziram painéis particulados contendo mistura de madeira de *Eucalyptus* e polietileno ou mesma madeira e rejeitos de embalagens cartonadas contendo 8% de resina fenol-formaldeído. Diante disso, notou-se que painéis produzidos com a resina poliuretana de mamona podem resultar em considerável desempenho mecânico, sendo promissor o uso desse adesivo para tais produtos provenientes de espécies impregnadas com substâncias preservantes, principalmente com o CCA. Segundo Kamdem et al. (2004), a qualidade de compósitos fabricados com a madeira tratada com CCA depende das propriedades de superfície desse material (presença do CCA) e do tipo de adesivo. Há estudos que comprovam adesão ineficiente quando empregado o fenol-formaldeído, resultando em produtos com reduzidas propriedades mecânicas e físicas.

Quanto à propriedade de adesão interna (AI) (Tabela 4), observou-se, por meio dos valores médios absolutos, que as chapas contendo o *Pinus* sp. tratado com CCA empregado, juntamente com a mesma espécie ao natural, apresentaram melhores desempenhos, comparando com aquelas contendo somente um tipo desses insumos.

No caso da combinação C3, que resultou em menor resistência na AI, esse comportamento pode estar relacionado ao fato de os componentes do CCA - o cobre, cromo e arsênio - se ligarem quimicamente às paredes celulares da madeira, possibilitando o bloqueio de parte das forças moleculares de atração que, normalmente, poderiam atuar entre a madeira e o adesivo (VICK; KUSTER, 1992). Desse modo, a adesão entre madeira e resina poliuretana de mamona podem ter ocorrido em grande parte por uma interação física. Para C4, também com 100% de madeira tratada, o maior teor de adesivo pode ter contribuído com o desempenho superior a C3 dessa propriedade.

Comparando os valores obtidos para AI com os requisitos normativos, todas as combinações superaram com larga vantagem os valores citados na Tabela 2, até mesmo em relação a CS 236-66: 1968, que preconiza 1,4 MPa para essa propriedade. Bertolini (2011), em estudos com painéis aglomerados empregando *Pinus* sp. tratado com CCB (óxidos de cobre, cromo e boro) e teor de 12% do adesivo poliuretano de mamona, obteve valores próximos a 1,5 MPa para adesão interna, enquanto neste trabalho, utilizando a mesma espécie tratada com CCA e menor teor de adesivo (10%), o desempenho na adesão interna foi superior (2,37 MPa).

## 5. CONCLUSÕES

Verificou-se, por meio dos resultados obtidos, a viabilidade na obtenção de painéis de partículas com rejeitos de *Pinus* sp. tratado com o preservante CCA (sais de cobre, cromo e arsênio), empregando resina poliuretana à base de mamona. Os painéis resultaram em propriedades físicas e mecânicas satisfatórias, com a ressalva de que:

- Ambos os insumos foram fatores determinantes na propriedade de inchamento em espessura, segundo verificado nos tratamentos contendo maior teor de adesivo (10%) e com adição de *Pinus* sp. tratado com CCA, em todas as proporções adotadas (25, 50 e 100%).

- Para a adesão interna, fixando o teor de adesivo, torna-se mais interessante a utilização do *Pinus* sp. com CCA na proporção de 50% da mesma espécie sem

preservante, conforme comprovado pelo desempenho superior das combinações contendo 8 ou 10% da resina PU de mamona.

Além do desempenho superior aos requisitos normativos, esses painéis produzidos com rejeitos também podem se destacar no mercado, devido às características de apelo ambiental.

## 6. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa.

## 7. REFERÊNCIAS

- AMERICAN NATIONAL STANDARD – ANS. **A208.1**: Particleboard. Gaithersburg: 1999.
- ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL - APRE. **O uso da madeira tratada na construção civil**. 2011. Disponível em: <<http://www.apreflorestas.com.br/noticias/construcao-civil/132/o-uso-da-madeira-tratada-na-construcao-civil>>. Acesso em: 11 abr. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14810**: Chapas de madeira aglomerada. Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro: 2006a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14810**: Chapas de madeira aglomerada. Parte 3: Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro: 2006b.
- BATTISTELLE, R. A. et al. Caracterização física das chapas de partículas com os rejeitos oriundos da cana-de-açúcar e das folhas de bambu. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. Disponível em: <[http://ria.ua.pt/bitstream/10773/7764/1/I\\_124.pdf](http://ria.ua.pt/bitstream/10773/7764/1/I_124.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2013.
- BERTOLINI, M. S. **Emprego de resíduos de Pinus sp. tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona**. 2011. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- BRITO, E. O. et al. Chapas de madeira aglomerada utilizando partículas oriundas de madeira maciça e de maravalhas. **Scientia Forestalis**, n.72, p.17-21, 2006.
- CAMPOS, C. I. **Produção e caracterização físico-mecânica de MDF a partir de fibras de madeira de reflorestamento e adesivos alternativos em diferentes teores**. 2005. 102f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- COMMERCIAL STANDARD. **CS 236-66**: Mat formed wood particleboard. [S.l.], 1968.
- DIAS, F. M. Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira aglomerada. In: ROCCO LAHR, F. A. **Produtos derivados da madeira: síntese dos trabalhos desenvolvidos no laboratório de madeiras e de estruturas de madeira**, SET-EESC-USP. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008. p.73-92.
- EUROPEAN STANDARD. **EN 312**: Particleboards – Specifications. Bruxelas: 2003.
- FIORELLI, J. et al. Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product. **Industrial Crops and Products**, v.40, p.69-75, 2012.
- GONZÁLEZ-GARCIA, S. et al. Environmental assessment of green hardboard production coupled with a laccase activated system. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.445-453. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE – IBAMA. 2007. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira/produtos\\_reg\\_ibama.pdf](http://www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira/produtos_reg_ibama.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- IWAKIRI, S. et al. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. **Floresta**, v.38, n.3, p.487-493, 2008.
- KAMDEM, D. P. **Options for recycling treated wood in composites**. 2002. Disponível em: <<http://legacy.forestprod.org/Kamdem.pdf>>. Acesso em : 28. Jan. 2012.

- KAMDEM, D. P. et al. Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v.35, n.3, p.347-355, 2004.
- LEPAGE, E. S. Moq® 0x 50 (CCB-O) – Preservativo sustentável com longo histórico de eficiência. **Referência**, p. 80 - 83. set. 2010. Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Noticias/Clippings/Revista-Referencia-Segunda-Feira-20-de-Setembro-de-2010>>. Acesso em: 18 jan. 2013.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. São Francisco: Miller Freeman, 1977.
- MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974.
- MURPHY, R. J. et al. Preservative treated wood as a component in the recovered wood stream in Europe – A quantitative and qualitative review. In: THE INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PRESERVATION, 35., 2004, Estocolmo. **Annual Meeting...** Estocolmo: IRG Secretariat, 2004.
- NASCIMENTO, M. F. **CPH - Chapas de Partículas Homogêneas: madeiras do nordeste do Brasil**. 2003. 117f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- NAUMANN, R. B. et al. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. **Revista Árvore**, v. 32, n.6, p.1143-1150, 2008.
- OLIVEIRA, F. V. et al. Efeito da acetilação das partículas de madeira de *Eucalyptus grandis* e da inclusão de partículas de polietileno e de embalagens cartonadas nas propriedades de chapas de aglomerado. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.937-946, 2010.
- PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. 2001. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- ROCCO LAHR, F. A.; FERNANDES, R.; BERTOLINI, M. S. Influência da preservação CCB na dureza da madeira de Pinus sp. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 19., 2010, Campos do Jordão. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2010. CD ROM.
- SILVA, J. C. Madeira preservada: os impactos ambientais. **Revista da Madeira**, n. 100. 2006. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 12 fev.2013.
- SOLO-GABRIELE, H. M.; TOWNSEND, T. G.; CAI, Y. Environmental impacts of CCA-treated wood within Florida, USA. In: ENVIRONMENTAL IMPACTS OF PRESERVATIVE-TREATED WOOD CONFERENCE, 2004, Orlando. **Pre-conference Proceedings...** Gainesville: Florida Center for Environmental Solutions, 2004. Disponível em: <[http://ccaresearch.org/pre-conference/document/fl\\_env\\_cent\\_treated\\_wood\\_proceedings2.pdf](http://ccaresearch.org/pre-conference/document/fl_env_cent_treated_wood_proceedings2.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2012.
- VICK, C. B.; KUSTER, T. A. Mechanical interlocking of adhesive bonds to cca-treated southern pine-a scanning electron microscopic study. **Wood and Fiber Science**, v.24, n.1, p.36-46, 1992.