

PROPRIEDADES FÍSICAS DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA DE *Eucalyptus badjensis* e *Pinus* spp.

Giuliano F. PEREIRA¹, Polliana D. RIOS¹, Rodrigo BUSS¹, Maria L. CALOMENO²,
Mariana OLIVEIRA¹, Willian GRUBERT¹, Helena C. VIEIRA¹, Ugo L. BELINI².

1 – Departamento de Engenharia Florestal, UDESC, Lages-SC

2- UFSC Campus Curitibanos, Curitibanos-SC

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi determinar as propriedades físicas de painéis de *Eucalyptus badjensis* para avaliar o potencial de utilização da espécie como matéria-prima alternativa para a produção de painéis de madeira aglomerada. Para a realização do estudo foram utilizados três tratamentos, sendo constituídos de 100% *Eucalyptus badjensis*; 50% *Eucalyptus badjensis* e 50% *Pinus* spp. e 100% *Pinus* spp., sendo que para cada tratamento foram feitas 4 repetições, totalizando 12 painéis. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,650 g/cm³ e ciclo de prensagem com temperatura de 180°C, pressão de 40 kgf e 8 minutos de tempo de prensagem. Foram analisadas as seguintes propriedades: Densidade Aparente, Razão de compactação, Absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água (AA2h e AA24h), Inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água (IE2h e IE24h) e Taxa de não retorno em espessura (TNRE). Com a obtenção dos resultados pode-se concluir que, considerando as propriedades físicas, os painéis produzidos com a madeira de *Eucalyptus badjensis* apresentaram bons resultados e a espécie pode ser considerada como fonte potencial de matéria-prima alternativa para a produção de painéis de madeira aglomerada.

Palavras-chave: Espécie não-convencional, Mistura de espécies, propriedades físicas.

Abstract: The objective of this study was to determine the physical properties of *Eucalyptus badjensis* panels to assess potential use of the species as an alternative raw material for the production of chipboard panels. Three treatments were used, made up of 100% *Eucalyptus badjensis*; 50% *Eucalyptus badjensis* and 50% *Pinus* spp. ; and 100% *Pinus* spp. For each treatment were made four repetitions, totaling 12 panels. The panels were produced with nominal density of 0.65 g.cm-3 and the pressing cycle temperature to 180 ° C, pressure of 40 kgf and 8 minutes press time. The following properties were evaluated: Apparent density, compression ratio, water absorption in 2 to 24 hours (AA2h and AA24h) Swelling in thickness in 2 to 24 hours (IE2h and IE24h) in thickness and not return rate. From the results it can be concluded that considering the physical properties, the panels produced with the *Eucalyptus badjensis* showed good results and the species may be considered as a potential source of alternative raw material for the production of chipboard panels.

Keywords: *Eucalyptus badjensis*, physical properties.

1. INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira aglomerada ou aglomerados são painéis produzidos com partículas de madeira, adesivo, pressão e temperatura (MALONEY, 1993; TSOUMIS, 1991;

BRITO, 1984). No Brasil, a principal matéria-prima utilizada na produção de painéis de madeira aglomerada é a madeira do gênero *Pinus*, uma vez que apresenta propriedades desejáveis e crescimento rápido (IWAKIRI et al., 2005b).

Contudo, a crescente demanda por matéria-prima para a produção de painéis aglomerados exige que novas pesquisas sejam feitas para avaliar a qualidade das diferentes matérias-primas disponíveis no mercado (MENDES, 2011).

Diversos pesquisadores vêm demonstrando que há viabilidade na produção de madeira aglomerada utilizando algumas espécies de *Eucalyptus* (CUNHA et al., 2014) Uma espécie pouco estudada no Brasil que se pressupõe apresentar grande potencial para a produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que apresenta rápido crescimento aliado a elevada resistência a geadas é o *Eucalyptus badjensis*.

O *Eucalyptus badjensis* ocorre naturalmente no sudeste de Nova Gales do sul na Austrália, em regiões de altitude entre 800 a 1.200 m. Essa área localiza-se em clima temperado subúmido, com temperatura média das máximas do mês mais quente entre 22° e 25°C e média das mínimas do mês mais frio entre -4° e 0°C. Nesta região, ocorrem 100 ou mais geadas por ano, podendo nevar ocasionalmente. No Brasil povoamentos com a espécie tem apresentado rápido crescimento e em função das características do seu local de origem a espécie apresenta alta resistência a geadas, sendo altamente indicada para regiões de altitude, como o planalto catarinense e a Serra da Mantiqueira em Minas Gerais (HIGA et al., 2002).

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físicas de painéis aglomerados produzidos com *Eucalyptus badjensis*, bem como sua mistura com *Pinus spp.*, a fim de avaliar o potencial de utilização dessa espécie como matéria-prima alternativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo do potencial da madeira de *Eucalyptus badjensis* para produção de painéis de madeira aglomerada foi realizado por meio da avaliação das propriedades físicas de painéis produzidos com partículas de *Eucalyptus badjensis* e de *Pinus spp.* comumente utilizadas na indústria do setor.

2.1. Coleta e preparo do material

Para a realização do estudo foram utilizadas árvores de *Eucalyptus badjensis* provenientes de um povoamento de 6 anos implementado na localidade de Salto do caveiras no município de Lages, no Estado de Santa Catarina (Latitude: 27° 48' 58" S; Longitude: 50° 19' 34" W). As árvores foram seccionadas em toras de 1,0 metro até a altura comercial; Posteriormente essas toras foram transformadas em cavacos por meio de um picador industrial; Em seguida para transformar os cavacos em partículas, utilizou-se um moinho de martelo.

Por sua vez a madeira do *Pinus spp.* foi fornecida por uma empresa da região do Planalto Catarinense, na forma de partículas.

2.2. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o DIC (Delineamento inteiramente casualizado), constituído por 3 tratamentos, com 4 repetições (Tabela 1).

Tabela 1. Delineamento experimental utilizado para a produção dos painéis.

Tratamentos	Espécie
T1	<i>Eucalyptus badjensis</i>
T2	<i>Pinus spp.</i>
T3	Mix (<i>Eucalyptus badjensis</i> / <i>Pinus spp.</i>)*

* Painéis homogêneos, confeccionados utilizando 50% de partículas de *Pinus spp.* e 50% de partículas de *Eucalyptus badjensis*.

2.3. Confeção dos painéis

Para a confecção dos painéis, primeiramente as partículas foram secas em estufa a 60°C até atingirem valores de 4% ($\pm 2\%$) de umidade. O grau de umidade das partículas foi determinado por meio de uma termobalança de infravermelho. Com as partículas secas iniciou-se a produção dos painéis.

A produção dos painéis foi realizada no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, e a primeira etapa da confecção dos painéis foi a aplicação de adesivo, em que todos os painéis foram confeccionados com 10% do adesivo ureia formaldeído, calculado com base na massa seca do painel. Para a realização dessa etapa foi utilizado um tambor rotatório do tipo encoladeira, dotado de uma pistola de ar comprimido.

Após a aplicação do adesivo, com a finalidade de propiciar uma melhor acomodação, as partículas passaram por uma etapa de pré-prensagem. Nessa etapa o material foi submetido a pressão de 5 kgf/cm² durante 5 minutos, em prensa hidráulica manual. Posteriormente, o material foi submetido a etapa de prensagem, sendo que os parâmetros utilizados estão descritos abaixo:

- Tempo: 8 minutos
- Temperatura: 180° C
- Pressão: 40 kgf/cm²

Após a prensagem, os painéis foram climatizados, de acordo com a norma NBR 14660 (ABNT, 2004), com temperatura de 20 \pm 2°C e umidade relativa de 65 \pm 5%, o que resultou em teores de umidade variando entre 8,91% e 9,02%. Desse modo, todos os tratamentos ficaram em conformidade com a NBR 14810 (ABNT, 2006), que estipula valores entre 5% e 11%.

2.4. Testes físicos

Para os testes físicos, as dimensões dos corpos de prova e as normas utilizadas estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Normas utilizadas para os testes físicos.

Propriedade avaliada	Norma	Dimensões dos corpos de prova
Densidade		5 x 5 cm
Absorção de água após 2 e 24 horas	ASTM D 1037 (1995)	15 x 15 cm
Inchamento em espessura após 2 e 24 horas		

Posteriormente, as médias obtidas foram comparadas com os valores estipulados pela norma CS 236-66 (1968).

2.5. Densidade básica

Para o cálculo da Densidade básica do *Eucalyptus badius*, foram retiradas, das mesmas árvores utilizadas para a confecção dos painéis, discos de 0,10 m na altura de 1,30m. Posteriormente, esses discos foram seccionados em 4 cunhas e, através destas, foram obtidos o volume saturado, utilizando o método da balança hidrostática, e o peso seco após secagem em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, conforme o método proposto por Vital (1987). Após a obtenção dos dados, a Densidade básica foi calculada por meio da fórmula:

$$Dbas: \frac{P0\%}{Vsaturado}$$

Em que:

Dbas: Densidade básica (g/cm^3);

P0%: Peso seco em estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (g);

Vsaturado: Volume saturado (cm^3).

Devido ao fato da madeira de *Pinus spp.* ser originária da indústria e apresentar várias procedências, a densidade básica utilizada para o cálculo da razão de compactação foi a obtida por Pereira (2014), que calculou a densidade básica da madeira de *Pinus spp.* considerando um Mix das espécies *Pinus taeda* e *Pinus elliotti*, que são as espécies mais utilizadas para a confecção de painéis de madeira aglomerada na serra catarinense.

2.6. Razão de compactação

Por sua vez a razão de compactação foi calculada por meio da equação:

$$RC: \frac{DP}{Dbas}$$

Em que:

RC: Razão de compactação;

DP: Densidade do painel (g/cm^3);

Dbas: Densidade básica da madeira (g/cm^3).

2.7. Análise Estatística

Foi realizada análise estatística em todos os conjuntos de dados do experimento, com o intuito inicial de verificar a normalidade e homogeneidade dos dados, sendo realizados os testes Shapiro-Wilk e Bartlett, Em decorrência da falta de homogeneidade e normalidade dos dados de Absorção de água após 24 horas e Inchamento em espessura após 24 horas, foi necessária a transformação matemática do tipo Box-Cox para essas variáveis.

Em seguida foi realizada a análise da variância e o teste de médias de Scott-Knott, A análise estatística foi realizada utilizando o *software Sisvar 5.3 Build 77*, desenvolvido por Ferreira (2011), e a plataforma *Action*, do programa *Excel*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Densidade básica da madeira

Como é possível observar na Figura 1, não foi encontrada diferença estatística para o teste de densidade básica entre as diferentes árvores de *Eucalyptus badjensis*.

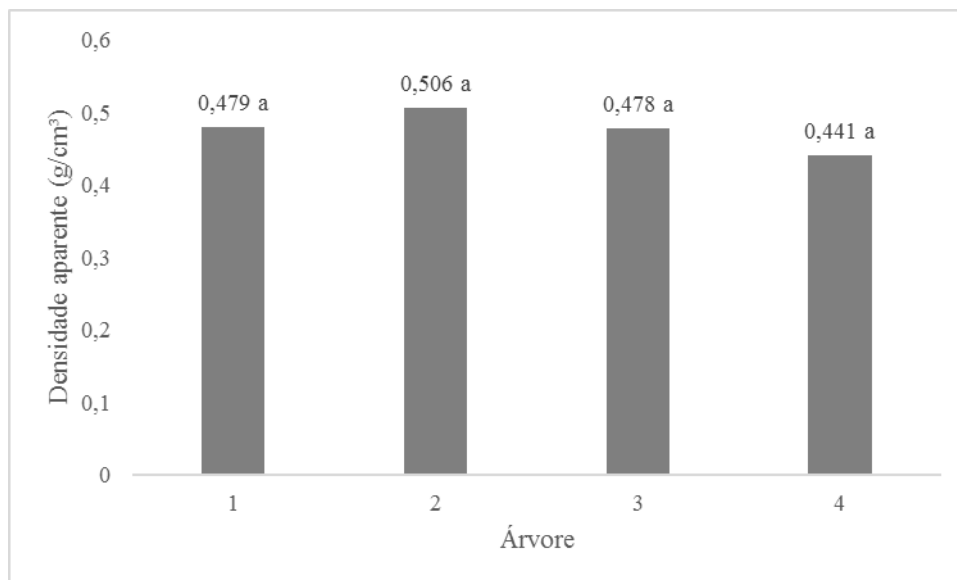


Figura 1. Valores médios para o teste de densidade aparente, CV= 6,18%, NOTA: Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística entre si no teste Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

A densidade média obtida para o *Eucalyptus badjensis* foi de 0,476 g/cm³, sendo semelhante a outras espécies do gênero *Eucalyptus*, como o *Eucalyptus benthamii* que, em estudo realizado por Nisgoski, Muñiz e Klock (1998), apresentou densidade básica de 0,470 g/m³, enquanto que o *Eucalyptus saligna* apresentou densidade básica de 0,484 g/cm³, no trabalho realizado por Repetti (1987) citado por Inta (1995).

Os valores de densidade básica obtidos para o *Eucalyptus badjensis* encontram-se adequados para a produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que a madeira de espécies com densidade básica de até 0,550 g/cm³ são as mais recomendadas para a produção desse tipo de painel, tendo em vista que garantem boa razão de compactação, além de conferirem uma ótima ligação interna e melhor aderência ao adesivo (MALONEY, 1993).

3.2. Densidade aparente

Para a variável densidade aparente, as médias obtidas variaram de 0,598 a 0,618, o que de acordo com norma a norma CS 236-66 (COMMERCIAL STANDARD, 1968) o que os caracteriza como sendo painéis de média densidade (0,60 a 0,80 g/cm³). Para essa variável a análise estatística não demonstrou diferença estatística, porém os valores mostraram-se inferiores ao desejado, que era de 0,650 g/cm³ (Figura 2), fato que, em partes, se explica pelo deslizamento das partículas durante a etapa de prensagem, que ocasionaram um aumento nas dimensões do painel de 40x40cm para 43x43cm, fato semelhante ao relatado por Trianoski (2010) e Pereira (2014) em seus estudos.

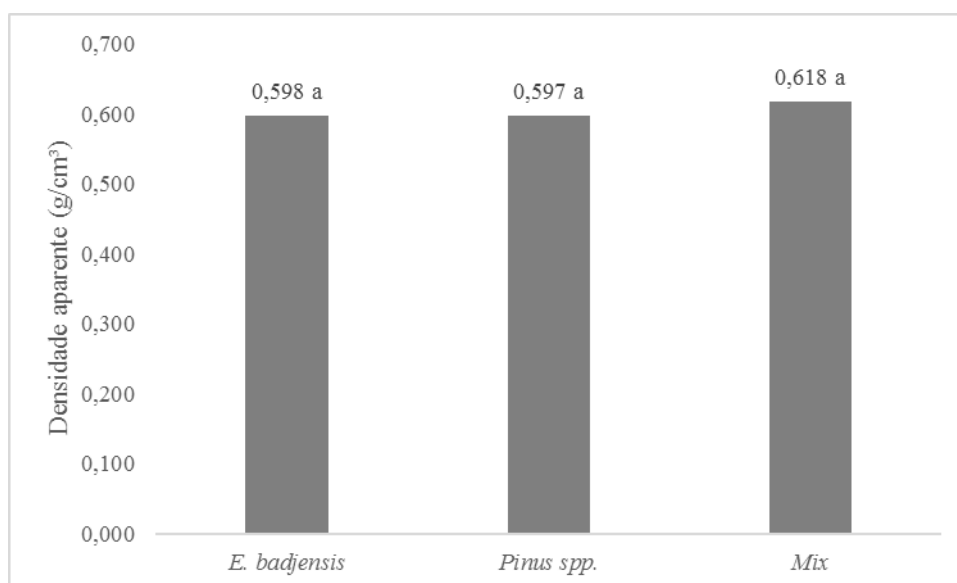


Figura 2. Valores médios para o teste de densidade aparente, CV= 5,04%, NOTA: Médias seguidas de letras diferentes para o mesmo teste apresentam diferença estatística entre si no teste Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

3.3. Razão de compactação

Como é possível observar na Figura 3, para a variável razão de compactação, ocorreu diferença estatística para as diferentes composições do painel, sendo que os resultados variaram de 1,25 a 1,71.

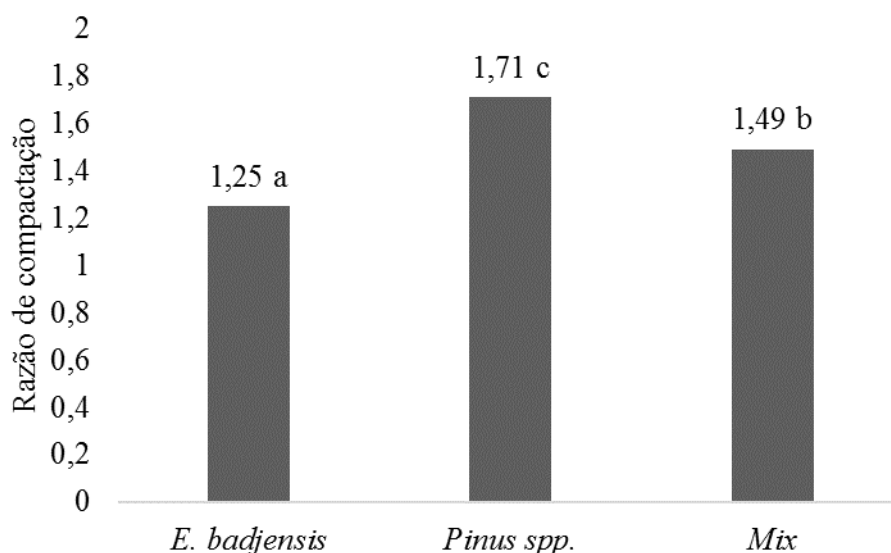


Figura 3. Valores médios para o teste de Razão de compactação, CV= 4,87%, NOTA: Médias seguidas de letras diferentes para o mesmo teste apresentam diferença estatística entre si no teste Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

Maloney (1993) afirma que, a faixa ideal para a razão de compactação é de 1,3 a 1,6, sendo que, painéis com valores de razão de compactação superiores a 1,6 apresentam menores

valores para propriedades físicas e maiores valores nas propriedades mecânicas, em contrapartida painéis com valores inferiores a 1,3 apresentam redução nas propriedades mecânicas.

Dessa forma, a única composição de painel que se enquadrou na faixa ideal, foi o Mix de *Pinus* spp. e *Eucalyptus badius* (1,49). Os valores para a variável corroboram com a teoria de que é positiva a mistura de espécies com densidades diferentes. Segundo Hillig (2000) vários autores têm realizado estudos com misturas de espécies de diferentes densidades, visando obter combinações que proporcionem painéis com propriedades físicas e mecânicas satisfatórias. Loh et al. (2010) relataram que é possível realizar a mistura de espécies de densidades diferentes e produzir painéis de boa qualidade.

3.4. Absorção de água

Como é possível observar na Figura 3, os tratamentos apresentaram diferença estatística, sendo que os painéis produzidos com partículas de *Eucalyptus badius* apresentaram melhores valores, seguidos do tratamento com o Mix das espécies e por último o com *Pinus* spp., tanto para AA2h, quanto AA24h, esse fato pode ser explicado pela densidade básica da madeira da espécie de *Eucalyptus badius* ser superior quando comparada a densidade do *Pinus* spp. Segundo Iwakiri et al. (2005), espécies com densidade menor, apresentam em geral, maiores índices de absorção de água em decorrência de apresentarem maior liberação das tensões de compressão impostas durante a prensagem. Contudo, Brito (1995) ressalta que, os valores de absorção de água podem ser influenciados por uma série de fatores, tais como densidade dos painéis, eficiência na aplicação da cola e condições de prensagem.

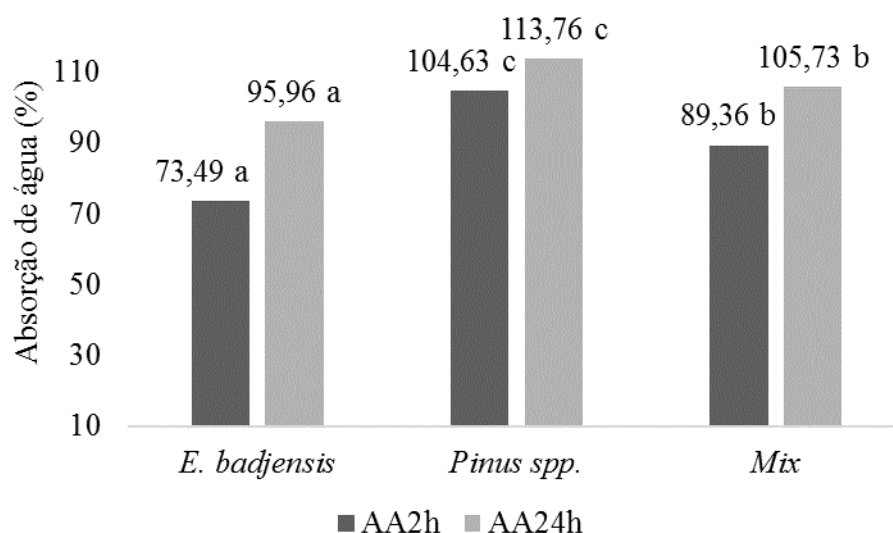


Figura 3. Valores médios para o teste de absorção de água, em que AA2h: Absorção de água em 2 horas; AA24: Absorção de água em 24 horas. NOTA: Médias seguidas de letras diferentes para o mesmo teste apresentam diferença estatística entre si no teste Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

Os valores obtidos no presente estudo foram superiores aos encontrados na literatura. Mendes et al. (2014) obtiveram, para clones de *Eucalyptus urophylla*, valores entre 37,9% e 63,9% para AA2h e 84,1% e 108,8% para AA24h. Trianoski (2010), por sua vez, obteve para *Pinus taeda* a média de 7,9% para AA2hs e de 27,8% para AA24h. Um fato que contribuiu para os elevados valores encontrados, foi a não adição de parafina, tendo em vista que sua utilização em painéis de madeira aglomerada diminui drasticamente a higroscopicidade do material. Guimarães Júnior et al. (2013) relataram que a adição de 1 % de parafina ocasiona uma redução de aproximadamente 47 % na AA2h.

3.5. Inchamento em espessura

Como é possível observar na Figura 4, os resultados obtidos variaram de 24,55% a 28,54% para IE2h e de 27,43 a 29,85% para IE24h, porém, não houve diferença estatística para os diferentes tratamentos.

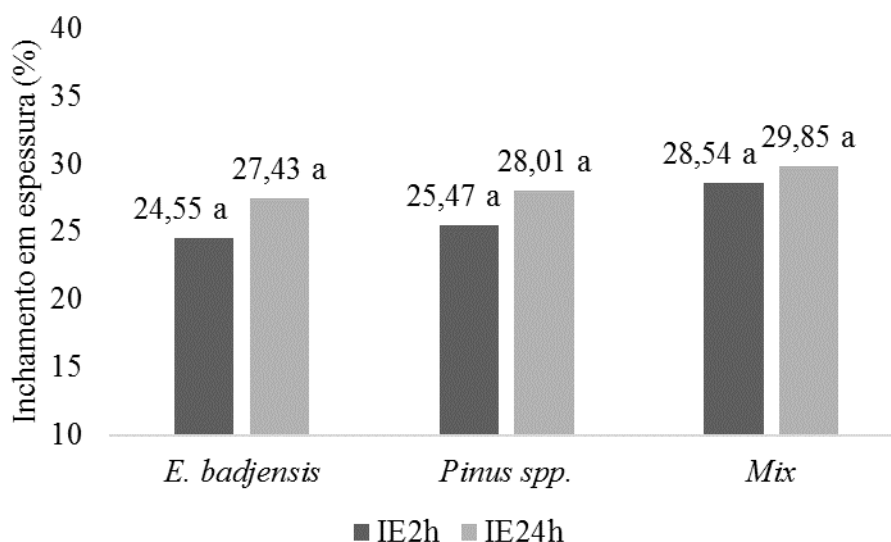


Figura 4. Valores médios obtidos para o teste de Inchamento em espessura, em que: Inchamento em espessura em 2 horas; IE24h: Inchamento em espessura. NOTA: Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 95% de confiança.

Os resultados obtidos para o gênero *Pinus* foram ligeiramente superiores aos encontrados na literatura, como por Longo (2014) que encontrou para *Pinus spp.* valores médios de inchamento de 13,30% e 23,78% para IE2h e IE24h, respectivamente. Por sua vez, Weber (2011) obteve valores de 9,8% para IE2h e 25,1% para IE24h para o mesmo gênero. Essa diferença entre os valores obtidos no presente estudo e na literatura, pode ser explicada pela não adição de parafina, sendo que Guimarães Júnior et al. (2013) afirmam que a adição de 1% de parafina na produção de painéis de madeira aglomerada ocasiona uma redução de aproximadamente 10,9% no inchamento em espessura.

Em contrapartida os resultados obtidos para o gênero *Eucalyptus* foram semelhantes aos encontrados na literatura, mesmo sem a adição de parafina, demonstrando que a espécie apresenta-se adequada para essa característica. Mendes et al. (2014) encontraram, para clones de *Eucalyptus urophylla*, valores médios entre 13,8% e 28,8% para IE2h e entre 29,9% e

40,8% para IE24h. Por sua vez, Iwakiri et al. (2000) ao avaliarem três espécies do gênero Eucalipto (*Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus tereticornis*), obtiveram valores médios nas faixas de 12,4 a 30,6% e de 23,5 a 38,8% para IE2h e IE24h, respectivamente.

Em relação a norma americana que estabelece para painéis de média densidade os valores de inchamento médio máximo de 35%, todos os tratamentos atenderam aos requisitos estabelecidos pela CS 236-66 (COMMERCIAL STANDARD, 1968), demonstrando que a utilização da espécie *Eucalyptus badijensis*, bem como o Mix das espécies, resultam em painéis com propriedades físicas adequadas.

CONCLUSÃO

Considerando as propriedades físicas, os painéis produzidos com a madeira de *Eucalyptus badijensis*, bem como em mistura com *Pinus spp.* apresentaram bons resultados, sendo assim pode-se concluir que a espécie apresenta potencial para a produção de painéis de madeira aglomerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, E. O. A viabilidade de utilização de espécies de *Pinus* para a produção de chapas de composição estruturais “wafeboards”. Curitiba, 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de ciências agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BRITO, E. O. Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliottii* Engelm. Var. *elliottii* plantado no sul do Brasil. 1995. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. G; MENDES, L. M; MENDES, R. F; GUIMARRÃES, B. M. R; Efeito do teor de parafina nas propriedades físico-mecânicas de *Pinus oocarpa*. *CIÊNCIA DA MADEIRA*, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 72-82, 2013.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; ALVES, E. C.; Comportamento de progênies de *Eucalyptus badijensis* Beuzev. & Welch em dois locais da Região Sul do Brasil. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.45, p. 89-97 jul/dez. 2002.

HILLIG, E. Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeira de pinus, eucalipto e acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino formaldeído. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

INTA Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Argentina : Grupo Forestal, EEA, 1995. 162 p.

IWAKIRI, S.; ANDRADE, A. S.; CARDOSO JÚNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E. R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M.K.O.; Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, 2005.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de *Eucalyptus*. *SCIENTIA AGRÁRIA*, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 23-28, 2000.

LOH, Y. W.; H'NG, P. S.; LEE, S. H.; LUN, W. C.; TAN, C. K.; Proprieties of particleboard produced from Rubberwood and Mahang Species. *Asian journal of Applied Sciences*, Serdang, Malaysia, 2010.

LONGO, B. L. Potencial do resíduo de espécies tropicais para a produção de painéis particulados. 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages-SC, 2014.

MALONEY, Thomas M. *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman, 1993.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; MENDONÇA, L. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MORI, F. A. Qualidade de painéis aglomerados produzidos com a madeira de clones de *Eucalyptus urophylla*. *Cerne*, Lavras, v. 20, n. 2, p. 329-336, abr./jun. 2014.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.; KLOCK, H. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.8, n.1, p. 67-76. 1998.

PEREIRA, G. F. Comparação das propriedades físicas de painéis de madeira aglomerada de *Pinus patula* e *Pinus* sp. de origem industrial. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina. Curitiba – SC, 2014.

TRIANOSKI, R. Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas de rápido crescimento para produção de painéis de madeira aglomerada. 2010. 260 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

TSOUMIS, George et al. *Science and technology of wood. Structure, properties, utilization*. Van Nostrand Reinhold, 1991.

VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, MG: Sociedade de investigação florestal (SIF/UFV), 1984. 21p.

WEBER, C. Estudo da viabilidade do uso de compensados, MDF e MDP para a produção de painéis aglomerados. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.