



DANIELA FERNANDA DEWES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS
DE PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA COM APLICAÇÃO DE
“BABA DE CUPIM SINTÉTICA”**

**LAVRAS - MG
2023**

DANIELA FERNANDA DEWES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE PAINÉIS CIMENTO-
MADEIRA COM APLICAÇÃO DE “BABA DE CUPIM SINTÉTICA”**

Monografia apresentada ao Colegiado de Curso
de Engenharia Florestal, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador
Dr. Lourival Marin Mendes

Coorientador
Dr. Danillo Wisky Silva

**LAVRAS - MG
2023**

DANIELA FERNANDA DEWES DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE PAINÉIS CIMENTO-
MADEIRA COM APLICAÇÃO DE “BABA DE CUPIM SINTÉTICA”**

Monografia apresentada ao Colegiado de Curso
de Engenharia Florestal, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em 14 de julho de 2023.

Dr. Lourival Marin Mendes UFLA

Dr. Danillo Wisky Silva KLABIN

Dr. José Benedito Guimarães Junior UFLA

Orientador

Dr. Lourival Marin Mendes

Coorientador

Dr. Danillo Wisky Silva

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida para realização da graduação em Engenharia Florestal.

Aos órgãos financiadores do projeto de pesquisa CNPq, CAPES e FAPEMIG.

Ao professor Dr. Lourival Marin Mendes pela orientação e incentivo ao projeto que foram de grande relevância para a realização deste trabalho.

Ao Dr. Danilo Wisky Silva pela coorientação, paciência, auxílio e dedicação prestados que proporcionaram a este trabalho ser bem executado.

Ao técnico Lorrán de Sousa Arantes pela ajuda e atenção que foram de grande valia para a condução do experimento.

Ao professor Dr. José Benedito Guimarães Júnior pela contribuição com os textos técnicos e científicos que enriqueceram o meu conhecimento.

Às colegas Karine Ferreira e Ianca Borges pelo apoio rotineiro durante a execução deste trabalho.

RESUMO

Inúmeros estudos demonstram a capacidade coesiva e impermeabilizante do estabilizante eletroquímico BlindaSolo® (“baba de cupim sintética”) em solos e tijolos adobe. Sabe-se que esse produto também é ativado pelo cimento, portanto, poderia auxiliar na compatibilização de materiais lignocelulósicos com materiais cimentícios destinados à construção civil. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar sua aplicação em painéis cimento-madeira produzidos com cimento CPV e partículas de madeira da espécie *Erythrina poeppigiana*, a avaliação foi realizada a partir das propriedades físic-mecânicas dos painéis, após 28 dias de cura em ambiente climatizado. Neste experimento, foram definidos quatro diferentes doses do produto, sendo: testemunha (T1), ou seja, tratamento sem a BlindaSolo, os demais tratamentos seguiram as seguintes proporções do produto em relação ao cimento 1:250 (T2), 1:500 (T3) e 1:750 (T4) em relação massa/massa (g). No ensaio de absorção de água após 2 horas e após 24 horas, o tratamento 4 apresentou melhores resultados. Enquanto, que nos ensaios de inchamento em espessura, não houve diferença estatisticamente significativa. Nos ensaios das propriedades mecânicas o T4 também apresentou as maiores resistências de MOR e MOE no ensaio de flexão estática, não sendo possível verificar diferença estatística no ensaio de compressão. Dessa forma, o uso de BlindaSolo® melhorou significativamente as propriedades dos painéis cimento-madeira com a menor dose estudada (1:750), sendo um aditivo potencial para auxiliar na compatibilização dos materiais lignocelulósicos com os materiais a base de cimento.

ABSTRACT

Numerous studies demonstrate the cohesive and waterproofing capacity of the electrochemical stabilizer BlindaSolo® (“synthetic termite slime”) in soils and adobe bricks. It is known that this product is also activated by cement, therefore, it could help in the compatibility of lignocellulosic materials with cementitious materials intended for civil construction. In this sense, the objective of the present study was to evaluate its application in cement-wood panels produced with CPV cement and wood particles of the *Erythrina poeppigiana* species, the evaluation was carried out from the physical-mechanical properties of the panels, after 28 days of curing in Climatized environment. In this experiment, four different doses of the product were defined, namely: control (T1), that is, treatment without BlindaSolo, the other treatments followed the following proportions of the product in relation to the cement 1:250 (T2), 1:500 (T3) and 1:750 (T4) in mass/mass ratio (g). In the water absorption test after 2 hours and after 24 hours, treatment 4 showed better results. While, in tests of swelling in thickness, there was no statistically significant difference. In the mechanical properties tests, T4 also showed the highest MOR and MOE resistances in the static bending test, not being possible to verify statistical difference in the compression test. Thus, the use of BlindaSolo® significantly improved the properties of cement-wood panels with the lowest dose studied (1:750), being a potential additive to help make lignocellulosic materials compatible with cement-based materials.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
3	MATERIAIS E MÉTODOS	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1	Propriedades físicas dos painéis	15
4.2	Propriedades mecânicas dos painéis	17
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Os painéis de cimento-madeira surgiram com a iniciativa de produzir chapas rígidas e sustentáveis para a construção civil, utilizando-se de partículas de madeira como enchimento, sendo estas provenientes de depósitos residuais de indústrias e serrarias. Um recurso quase que gratuito, podendo trazer menor custo para a produção.

Estes painéis também são uma excelente alternativa aos painéis de madeira compensados, utilizados em construção civil como elementos de fechamento de paredes, pois são mais resistentes e podem ser trabalhados com ferramentas usuais.

Além das partículas atuarem como um redutor de densidade, substituindo o uso de areia e brita para construções em alvenaria, elas também garantem um reforço de volume que absorve a carga de tração.

Já foi observado que as chapas de cimento e partículas de madeira são resistentes à umidade e fatores biológicos, quando comparadas com chapas de compensado envolvendo o uso de madeira. A resistência à umidade advém da presença do cimento, e a resistência aos fatores biológicos é garantida através da mineralização das partículas.

O receio da maioria dos brasileiros em usar chapas de madeira na construção de casas é devido, entre outros fatores, ao risco de incêndio, levando-os a optarem pela construção em alvenaria. A resistência ao fogo é uma vantagem nos painéis de cimento-madeira, uma vez que os mesmos são dificilmente combustíveis, não emitindo partículas de chamas e pequena quantidade de fumaça. O uso destes, permite aumentar a resistência ao fogo das estruturas das construções civis e diminuir o risco de incêndio das instalações.

Espera-se que a “baba de cupim sintética” nos painéis de cimento-madeira atue como um impermeabilizante e aumente a rigidez do material. Ela nunca foi experimentada em painéis de cimento madeira antes deste trabalho, mas é amplamente testada em experimentos envolvendo solo-cimento e Adobe.

A “baba de cupim sintética” é atualmente utilizada, principalmente, na pavimentação de rodovias, aeroportos, pátios e entre outros. Ela é incorporada nas camadas da base e sub-base, ou para reforço de subleito, é conhecida com o “estabilizante de solos”.

Além disso, o produto sintético é utilizado em contenções de taludes, aterros sanitários ou tanques de piscicultura, ou seja, pode ser usado para aumento de resistência e redução da permeabilidade da água em solos.

A “baba de cupim sintética” foi inspirada pelos cupinzeiros, que são formações de galerias subterrâneas muito resistentes construídas pelos cupins, que se alimentam da celulose. Eles compactam o solo com o auxílio de uma secreção expelida pelos cupins-operários. Através disso, foi possível construir, quimicamente, a baba de cupim de forma sintética, reproduzindo os efeitos da secreção biológica dos cupins.

O objetivo deste trabalho é avaliar a união da “baba de cupim sintética”, das partículas de madeira e do cimento Portland, frente à inovação da utilização deste produto sintético no ramo da construção civil, mais especificamente em materiais de fechamento. Possibilitando futuras pesquisas para a ampla utilização deste material.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A produção de painéis cimento-madeira teve início do século XX. As chapas fabricadas com cimento e partículas Excelsior, em 1927, tinham uma melhor resistência à água do que as inicialmente produzidas com magnesita, que eram de baixa qualidade, pois eram sensíveis à umidade. Atualmente, tratamentos tem sido utilizados garantindo uma melhora significativa na qualidade do produto acabado. Usualmente, muitas indústrias tem realizado a cura ao livre, enquanto que outras acondicionam os painéis em câmaras por oito dias. À medida que a tecnologia avança e novos processos são desenvolvidos, os painéis cimento-madeira poderão ser produzidos tal como a produção de aglomerados convencionais (LATORRACA, 2000).

Segundo Iwakiri et al (2015), os painéis cimento-madeira são produtos muito utilizados na construção civil nos países asiáticos e europeus, sua maior parte é usado como material de fechamento de paredes externas. Este produto é similar dos painéis aglomerados, diferindo no tipo de aglutinante e no processo de prensagem. Porém, no Brasil ainda não são produzidos comercialmente, mesmo apresentando grande potencial para sua introdução, haja vista a necessidade deste setor em materiais alternativos de baixo custo, viabilizando a construção de habitações em larga escala. O mesmo autor também cita dois fatores que podem facilitar a introdução dos painéis de cimento-madeira neste país, que são: a autossuficiência na produção do cimento Portland e a disponibilidade de matéria-prima, que são os resíduos do processamento mecânico da madeira.

Ashori et al (2012) ressalta que os compósitos de cimento-madeira tem potencial para uma ampla gama de produtos com aplicação na construção civil, não se restringindo ao fechamento de paredes, mas sim, garantindo uma grande variedade de materiais à base de madeira, como painéis, tijolos, telhas, entre outros produtos para a construção.

Molesmi (1974 *apud* IWAKIRI et al, 2015) afirmou que estes painéis possuem diversas vantagens em comparação com outros materiais concorrentes no setor da construção civil, pois são virtualmente incombustíveis, resistem ao ataque de agentes biodegradadores, possuem alta resistência mecânica, também são resistentes à umidade e são bons isolantes térmicos. Ademais, estes painéis podem satisfazer a preferência cultural por materiais advindos do cimento, mesmo que boa parte seja formada por madeira (CASTRO et al, 2018). Entretanto, atualmente o tema sustentabilidade está em alta entre os brasileiros, devido as mudanças climáticas e a necessidade de técnicas para utilização dos resíduos depositados no meio ambiente.

No Brasil, as indústrias de painéis utilizam grandes quantidades de madeira advindas dos cultivos florestais de pinus e de algumas espécies do gênero *Eucalyptus*. Com o intuito de atender ao aumento da demanda por produtos madeireiros, é necessário que se façam estudos com espécies alternativas e de rápido crescimento, diversificando a oferta de matéria-prima no mercado florestal (SÁ et al, 2012). A espécie escolhida para este estudo é a *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook. pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae (ROVEDA et al, 2021).

O gênero *Erythrina* ocorre nas regiões tropicais e subtropicais, possuindo aproximadamente 120 espécies, das quais 20 estão na América do Sul (VASCONCELOS et al., 2003 e SCHRIRE, 2005 *apud* ROVEDA et al, 2021). No Brasil, são citadas 13 espécies, que são: *E. amazonica* Krukoff, *E. cristagalli* L., *E. dominguezii* Hassl., *E. falcata* Benth., *E. fusca* Lour., *E. mulungu* Mart., *E. poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook, *E. similis* Krukoff, *E. speciosa* Andr., *E. ulei* Harms, *E. variegata* L., *E. velutina* Willd. e *E. verna* Vell. (MARTINS, 2018 *apud* ROVEDA et al, 2021).

Teoricamente, qualquer material lignocelulósico pode fazer parte dos painéis cimento-madeira, no entanto, as coníferas possuem madeiras mais utilizadas devido suas propriedades serem, quimicamente, compatíveis com o cimento, não afetando a cura e nem o endurecimento (LATORRACA e IWAKIRI, 2001 *apud* SÁ et al, 2012).

O painel cimento-madeira é um composto que possui uma composição simples, sendo formados por partículas do tipo Exelsior, strands, flakes de materiais lignocelulósicos associadas ao cimento Portland, água e aditivos químicos. Cada um destes itens tem sua função, as partículas de madeira atuam como material de reforço, o cimento age como material ligante, a água é o reagente e o aditivo atua como catalisador (OKINO et al, 2003 *apud* POMARICO, 2013).

O termo composto se refere a um material formado pela combinação de dois ou mais componentes, que possui uma fase reforçada e outra ligante. A união dos materiais, constitui um material com maior dureza e resistência, se comparado aos mesmos materiais separados (MATOSKI e IWAKIRI, 2007).

A madeira possui características negativas no âmbito da construção civil, principalmente, devido a anisotropia (LOPES, 2004). Anisotropia é a característica em que um material obtém certas propriedades físicas diferentes conforme as direções diferentes.

O cimento Portland tem como principal componente o clínquer, que é formado através do calcário e da argila. Esse material em pó tem a capacidade de reagir quimicamente com a água, tornando-se pastoso, e após secagem a seco ele endurece, garantindo durabilidade e resistência. Outras matérias-primas são adicionadas ao clínquer permitindo a fabricação de variados tipos de cimento, como gesso e materiais carbonáticos (POMARICO, 2013).

Segundo Souza (1992 *apud* LATORRACA, 2000), os aditivos são utilizados com objetivo de reduzir o tempo de endurecimento do cimento, são chamados de aceleradores. Latorraca (2000) identificou que o aditivo químico cloreto de cálcio (CaCl_2) no percentual de 4% proporcionou melhores resultados em todas as propriedades físicas e mecânicas em seu experimento, ou seja, dentre os aditivos estudados o CaCl_2 foi o mais adequado.

Água é o elemento necessário para que o aglutinante reaja quimicamente, permitindo a mistura do cimento, da madeira e do aditivo. De acordo com Schmitz (1959 *apud* LATORRACA, 2000), uma pequena parte da água adicionada é evaporada durante a cura, deixando microporos nos painéis.

A “baba de cupim sintética” é um estabilizante muito utilizado em subleitos asfálticos e estradas de terra, pois possui alto poder coesivo e hidrofóbico. A maior vantagem deste estabilizante é o menor

custo de aquisição e logística, devido a substituição do cimento e brita (GANDIA et al, 2018). Estes mesmos autores identificaram que a adição da “baba de cupim sintética” no adobe, ocasionou o aumento da densidade aparente do produto e, conseqüentemente, maior coesão do solo, apresentando adobes de melhor qualidade.

Segundo a Empresa BlindaSolo®, a “baba de cupim sintética” é um composto químico líquido derivado de óleos e resinas vegetais. Desenvolvido com o objetivo de estabilizar os solos das pavimentações de estradas, ruas, pátios, estacionamentos e diversos ramos da construção civil. Em contato com reagentes, forma um composto metalo-orgânico insolúvel e permanente, que exerce uma ação de coesão estável entre as partículas do solo. O reagente pode ser o sulfato de alumínio, cal hidratada ou cimento. Os principais fatores que modificam a resistência da mistura do solo quimicamente estabilizado, são: as dosagens dos produtos, a densidade, o tempo de cura e a qualidade do material estabilizante.

A “baba de cupim sintética” produzida pela BlindaSolo® obteve resultados satisfatório no emprego do estabilizante em obras de pavimentos aeronáuticos, pavimentos rodoviários, pavimentos ferroviários, pavimentos urbanos, pavimentos industriais, pavimentos rurais, lagoas de estabilização, pistas de atletismo, ciclovias, dentre outras aplicações.

As vantagens do uso da “baba de cupim sintética” são amplos, destacam-se: solúvel em água facilitando sua aplicação, baixo custo, produto ecológico, preserva o meio ambiente, fornece alto poder coesivo e alto poder impermeabilizante.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As partículas de madeira utilizadas neste trabalho foram da espécie *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F.Cook. É uma angiosperma nativa da região amazônica, presente em floresta ciliar ou de galeria, com ocorrências confirmadas no Acre, Amazonas, Pará e Rondônia. As toras da espécie foram doadas à Universidade Federal de Lavras para realização de pesquisas. As partículas foram obtidas através do processamento das toras e, posteriormente, passaram por peneiramento mecânico na peneira de 10 mesh, ficando retidas na peneira de 30 mesh.

O cimento utilizado como aglutinante mineral foi o cimento Portland CPV ARI com alta resistência inicial, além disso, também foi utilizado o cloreto de cálcio (CaCl_2) como aditivo para acelerar a cura do cimento. A “baba de cupim sintética” foi disponibilizada pela empresa BlindaSolo® em parceria com a Universidade Federal de Lavras.

O experimento foi executado segundo o delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. Foram definidos 4 tratamentos, sendo o primeiro deles a testemunha (T1), ou seja, tratamento sem a “baba de cupim sintética”, os demais tratamentos seguiram as seguintes proporções de “baba de cupim sintética”: madeira 1:250 (T2), 1:500 (T3) e 1:750 (T4), conforme a tabela 1.

Tabela 1. Delineamento experimental.

ESPÉCIE	RELAÇÃO “BABA DE CUPIM”:MADEIRA*	TRATAMENTOS
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Sem tratamento (testemunha)	T1
	1:250	T2
	1:500	T3
	1:750	T4

*Relação massa/massa, baseada no peso da madeira.

Fonte: do autor (2022).

Os cálculos foram realizados a partir da metodologia sugerida por Souza (1994), onde são necessários estabelecer alguns parâmetros, que são: dimensões do painel; densidade do painel; taxa de madeira:cimento; taxa de água:cimento; taxa de hidratação; e percentual de perda fixo em 6%. Para o aditivo foram utilizados 10% do peso da água. A densidade média da chapa produzida foi de $1,2\text{g/cm}^3$. Primeiramente, foram pesados todos os componentes dos painéis, tratamento por tratamento. Para a confecção dos painéis foram adicionados, sequencialmente, na betoneira (Figura 1) desligada as partículas de madeira e o cimento, em seguida ligou-se a betoneira e, com auxílio de um aspersor, aplicou-se o aditivo diluído, em parte da água, dentro do maquinário enquanto a madeira e o cimento se misturavam. Também foi aspergida a “baba de cupim sintética” diluída na outra parte da água

calculada para cada tratamento, esta etapa só não foi realizada no tratamento da testemunha. Após homogeneização da massa, o aparelho foi desligado e retirou-se a massa, transportando-a até a balança, para que, através da pesagem, fossem separadas as quantidades de massa para cada um dos 3 painéis, referentes a repetição do tratamento.

Em seguida, foram confeccionadas as chapas, distribuindo aleatoriamente a massa referente a cada painel na moldura de ferro (Figura 1) para a formação do colchão, com as dimensões de 50,5 cm de largura por 50,5 cm de comprimento. A moldura ficava sobre uma chapa de alumínio untada com óleo usado em automotores, e foram sobrepostas mais duas chapas de alumínio com suas respectivas molduras e massas, e por fim, mais uma chapa de alumínio. Logo após, realizou-se uma pré-prensagem com auxílio de barras nas partes superior e inferior das chapas sobrepostas.

Para realizar a prensagem, as 3 chapas agrupadas foram grampeadas e colocadas na prensa por 24 horas (Figura 2). Posteriormente, eram retiradas da prensa e dos grampos, e aguardava-se 24 horas para a aclimação das mesmas, que eram empilhadas dentro de uma sala de climatização por 21 dias para a maturação dos painéis. Após esta fase, foi realizado o corte das peças nos tamanhos adequados para os ensaios físico-mecânicos. Os corpos de prova foram devidamente nomeados acomodados novamente na sala de climatização.

As propriedades dos corpos de prova foram avaliadas segundo as normas americanas regidas pela ASTM D-1037 (1982). Na avaliação as propriedades estabelecidas foram: compressão (C), ligação interna (LI), flexão (módulo de ruptura – MOR e módulo de elasticidade – MOE), absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE) após 2 horas e 24 horas de imersão em água. As propriedades mecânicas foram ensaiadas na máquina universal de ensaios mecânicos (Figura 2).

Para a avaliação dos dados resultantes dos ensaios, escolheu-se realizar a análise de variância para a comparação entre as médias estatisticamente ajustadas, utilizando o Teste Scott Knott a 5% de significância.

Figura 1. A) betoneira utilizada no processo de mistura da massa dos painéis.

B) Prensa utilizada para realizar a prensagem das chapas.



Fonte: do autor (2022).

Figura 2. A) Chapas e molduras utilizadas para a formação do colchão.

B) Máquina universal de ensaios utilizada para propriedades mecânicas.



Fonte: do autor (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas dos painéis

Os resultados médios dos ensaios de absorção de água e inchamento em espessura dos painéis estão apresentados na Tabela 2. Observou-se que para o teste de absorção de água após 2 horas houve diferença significativa entre dois grupos de tratamentos, sendo tratamento 1 (testemunha) e tratamento 2 (1:250) iguais e os tratamentos 3 (1:500) e 4 (1:750) iguais entre si, porém, diferem dos tratamentos 1 e 2. Resultado este que se repete nas médias obtidas a partir do teste de absorção de água após 24 horas de imersão em água.

Destaca-se a diferença entre os valores das médias de absorção de água após duas horas do tratamento 1, que se refere a testemunha, mais de 22% e do tratamento 4, que se refere a relação “baba de cupim sintética”: madeira de 1:750, com pouco mais de 7,5%. Uma variação de, aproximadamente, 14,5%, a distância entre os valores é grande e indica uma melhoria nesta propriedade do painel com a “baba de cupim sintética”.

A absorção de água é uma das propriedades mais importantes a serem avaliadas, pois afeta as propriedades mecânicas, além da estabilidade dimensional. Painéis produzidos com 60% de partículas de madeira apresentaram maior absorção de água. Isto está atribuído a sua menor densidade aparente e a porosidade aumentada. Ou seja, aumentar a densidade do colchão diminui os espaços vazios e o inchamento em espessura, e melhora as características de absorção de água. Além disso, o aumento da porosidade também se deve à uma inadequada compactação da massa do colchão (ASHORI et al, 2012).

Tabela 2. Resultados médios da absorção de água e inchamento em espessura após 2 horas e 24 horas de imersão em água.

Tratamento	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
1	22.3367 a	26.8100 a	1.5867 a	2.3933 a
2	18.3333 a	23.7833 a	1.3667 a	1.4867 a
3	12.9000 b	17.9467 b	1.5700 a	2.2833 a
4	7.5167 b	12.4967 b	1.0067 a	1.8433 a

AA: absorção de água; IE: inchamento em espessura; os valores se referem ao coeficiente de variação (%). Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna, são iguais estatisticamente pelo Teste Scott Knott a 95% de probabilidade.

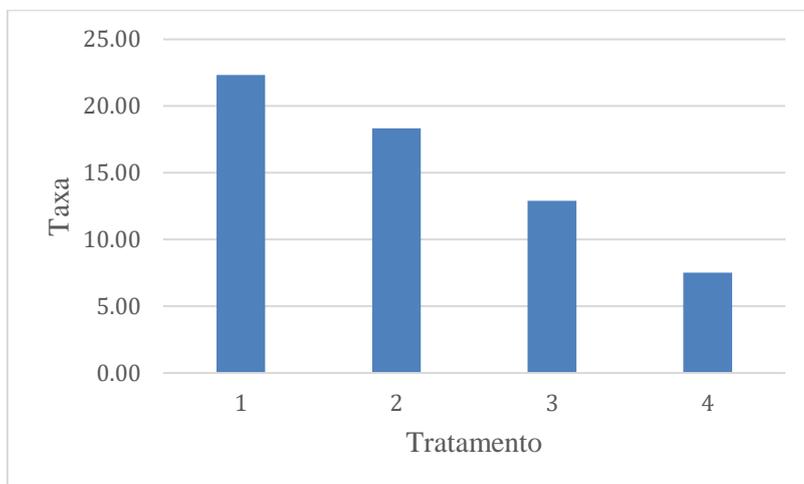
Fonte: do autor (2022).

Na mesma tabela, é possível visualizar que não houve variação significativa entre as médias obtidas nos ensaios de inchamento em espessura após duas horas e após 24 horas de imersão em água, segundo o teste estatístico de Scott Knott. Utilizando-se da análise feita para a propriedade anterior, é

observado eu os valores médios do tratamento 4 são inferiores aos valores médios do tratamento 1, ainda assim, não se diferem estatisticamente. Os valores para inchamento em espessura após 2 horas variam de 1,0067% (T4) a 1,5867% (T1), no entanto, para inchamento em espessura após 24 horas os valores variam de 1,4867% (T2) a 2,3933% (T1).

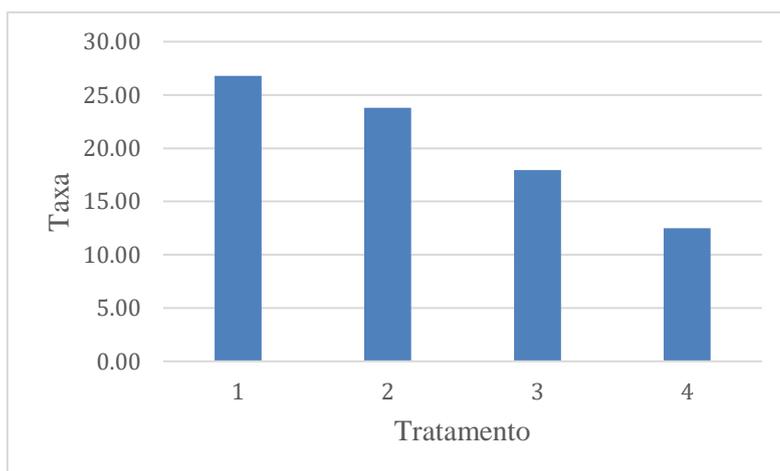
Com o intuito de fornecer os dados de forma mais clara, foram confeccionados gráficos em coluna para as médias de cada um dos ensaios físicos.

Gráfico 1. Média da Absorção de Água após 2 horas.



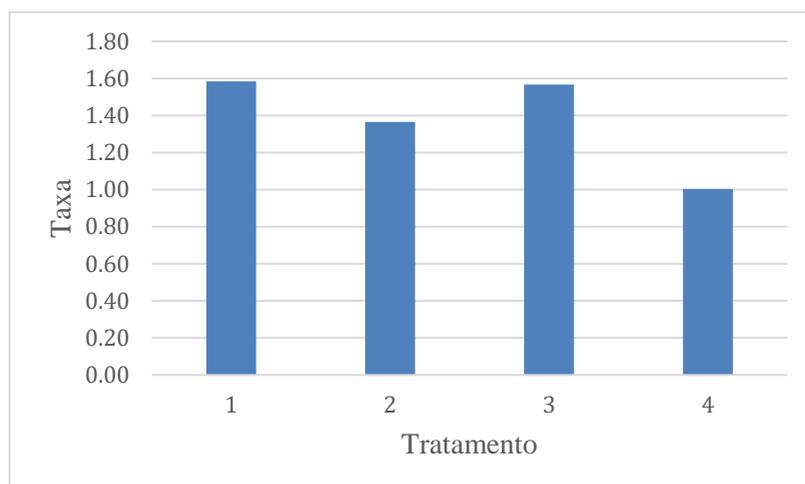
Fonte: do autor (2022).

Gráfico 2. Média da Absorção de Água após 24 horas.



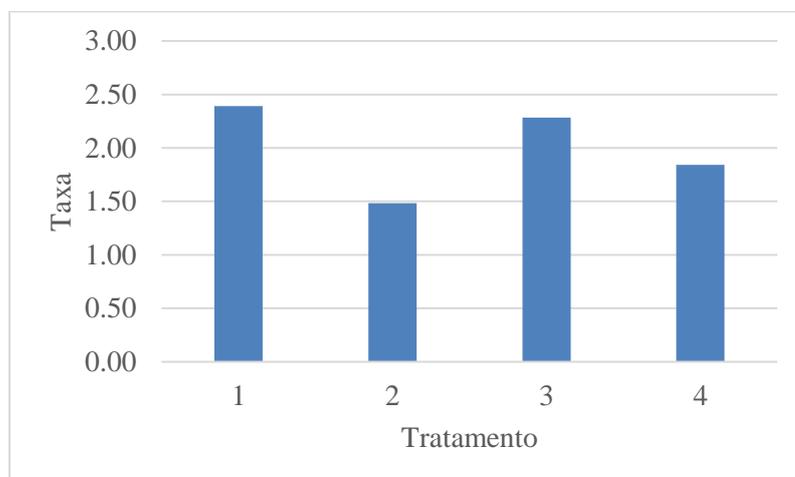
Fonte: do autor (2022).

Gráfico 3. Média de Inchamento em Espessura após 2 horas.



Fonte: do autor (2022).

Gráfico 4. Média de Inchamento em Espessura após 24 horas.



Fonte: do autor (2022).

4.2 Propriedades mecânicas dos painéis

Na tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos para compressão (C), ligação interna (LI), módulos de elasticidade (MOE) e módulos de ruptura (MOR) para cada um dos tratamentos, que são: testemunha (T1), adição de “baba de cupim sintética” na proporção 1:250 (T2), adição de “baba de cupim sintética” na proporção 1:500 (T3) e adição de “baba de cupim sintética” na proporção 1:750 (T4) com relação ao peso das partículas de madeira. Isto significa que, segundo o exemplo do T2, a cada 250g de partículas de madeira, foi adicionado 1g de “baba de cupim sintética” BlindaSolo®.

A variação dos valores médios resultantes do ensaio mecânico de compressão vai de 1,96 MPa (T1) a 4,89 MPa (T4). O intervalo entre a maior e menor média é de 2,93 MPa. As médias dos

tratamentos 2 e 3 estão próximas entre si. Porém, estatisticamente as médias não diferem entre si, segundo o teste Scott Knott.

Entretanto, para ligação interna todas as médias dos tratamentos diferem entre si estatisticamente, mostrando que o T4 apresentou maior resistência a tração perpendicular (0,4650 MPa). O tratamento da testemunha (T1) obteve a menor média dentre os tratamentos (0,1603 MPa), entretanto, o T2 ficou com média de 0,2424 MPa, enquanto que o T3 obteve a média de 0,3210 MPa. Assim como no ensaio de absorção de água, o tratamento 4 mostrou resultados mais favoráveis em comparação com os demais.

Tabela 3. Resultados médios para compressão, ligação interna, módulo de elasticidade e módulo de ruptura.

Tratamento	C (MPa)	LI (MPa)	MOE (GPa)	MOR (MPa)
1	1.9603 a	0.1603 a	1.0383 a	7.3750 a
2	2.5573 a	0.2427 b	1.0983 a	6.6527 a
3	2.9173 a	0.3210 c	1.4190 b	7.2563 a
4	4.8897 a	0.4650 d	2.4827 c	15.0723 b

C: compressão; LI: ligação interna; MOE: módulo de elasticidade; MOR: módulo de ruptura. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna, são iguais estatisticamente pelo Teste Scott Knott a 95% de probabilidade.

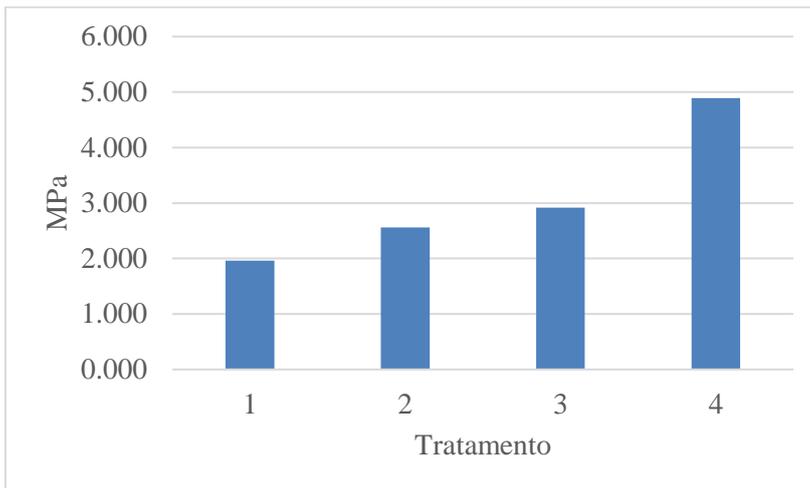
Fonte: do autor (2022).

Para o ensaio do módulo elástico os tratamentos 1 e 2 apresentaram resultados iguais estatisticamente, enquanto que T3 e T4 diferem-se. Novamente, o tratamento 4 (2,48 GPa) apresentou a melhor médios dentre os 4 tratamentos, ficando o T3 com a segunda melhor média (1,42 GPa), e por fim, os tratamentos um e dois, respectivamente, com 1,04 GPa e 1,1 GPa.

Em última análise, o módulo de ruptura também mostrou uma média superior para o tratamento 4 (15,07 MPa), sendo que este difere estatisticamente dos tratamentos 1 (7,37 MPa), 2 (6,65 MPa) e 3 (7,26 MPa). A pequena variação entre os valores obtidos, ainda que sem diferenças significativas, pode ser em decorrência da manufatura do colchão, por ser um processo manual, uma quantidade maior da massa se encontra no centro do painel, deixando as bordas com uma quantidade menor de massa, não sendo tão homogêneo quanto o desejado.

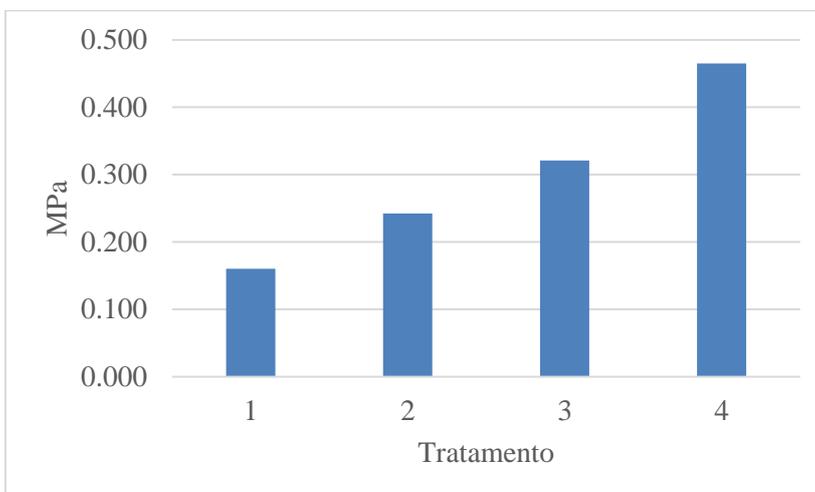
Segue, abaixo, os gráficos das médias de cada um dos ensaios das propriedades mecânicas.

Gráfico 5. Média da Compressão.



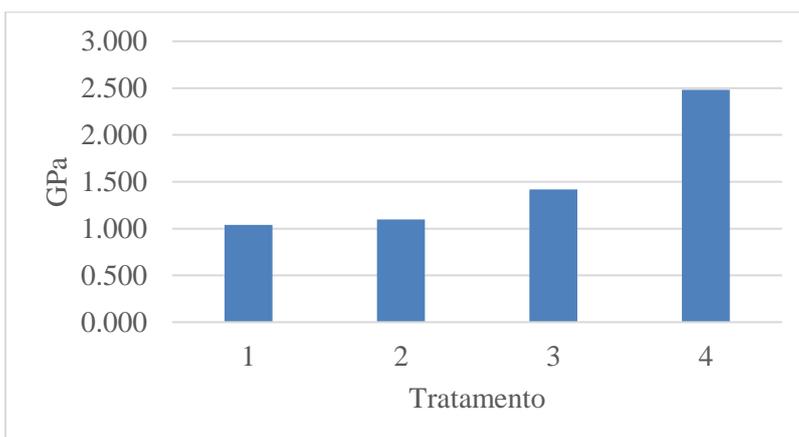
Fonte: do autor (2022).

Gráfico 6. Média da Ligação Interna



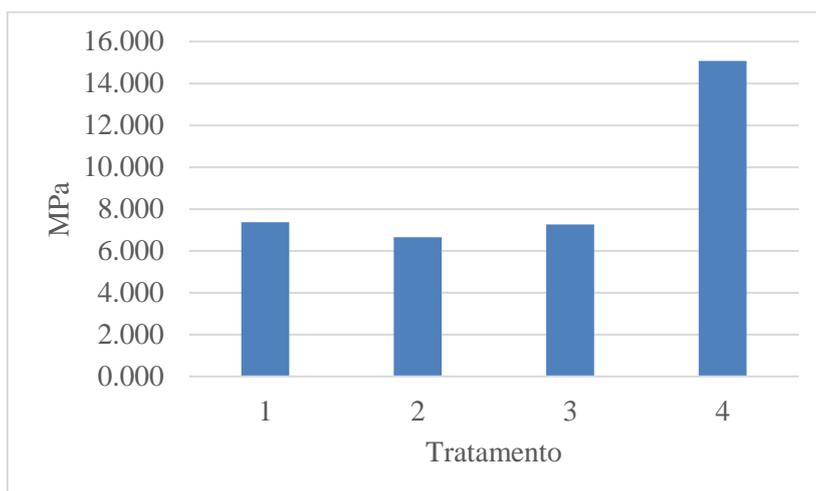
Fonte: do autor (2022).

Gráfico 7. Média do Módulo de Elasticidade.



Fonte: do autor (2022).

Gráfico 8. Média do Módulo de Ruptura.



Fonte: do autor (2022).

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos neste experimento, é possível concluir que a adição da “baba de cupim sintética” (BlindaSolo®) na relação 1:750 com a madeira apresentou melhores resultados de valores médios, excetuando-se os ensaios de compressão e inchamento em espessura (2 horas e 24 horas), que mostraram ser iguais estatisticamente.

Além disso, o estudo mostrou que utilizar uma quantidade maior de “baba de cupim sintética” não favorece as propriedades do painel. Recomenda-se a realização de mais estudos com proporções diferentes, utilizando uma quantidade menor do que a realizada no T4. Sugere-se para próximas pesquisas a relação “baba de cupim sintética”: madeira de 1:1000 e 1:1500, por exemplo.

Conclui-se, também, que é necessário encontrar uma técnica e equipamento adequados para a formação homogênea do colchão, proporcionando a mesma densidade distribuída por todo o painel, garantindo um menor desvio padrão dos dados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials**. In: Annual Book of ASTM Standard, ASTM D 1037-78B. Philadelphia, 1982.

ASHORI, A.; TABARSA, T.; e SEPAHVAND, S. **Cement-bonded composite boards made from poplar strands**. *Constructions and Building Materials*, Edição 26, p.131-134, 2012.

BLINDASOLO. **Conceitos de estabilização de solos para obras viárias**. Disponível em: https://blindasolo.com.br/Conceito_da_Estabilizacao_de_Solos_em_Obras_Viarias.pdf. Acesso em: 08/07/2023.

CASTRO, V.G.; PARCHEN, C.F.A.; e IWAKIRI, S. **Produção de painéis madeira-cimento pelo método de vibro-compactação**. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, v.9, n.3, p.134-142, 2018.

GANDIA, R.M.; CORREA, A.A.R.; GOMES, F.C.; MACHADO, L.F.; GUFFEY, S.V.G. **Efeito da adição da “baba de cupim sintética” no adobe quanto a densidade aparente**. 15º Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poços de Caldas, 2018.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; CUNHA, A.B.; PRATA, J.G.; HARA, M.; BILA, N.F.; LUIS, R.C.G. e ARAUJO, D.A. **Propriedades tecnológicas de painéis cimento-madeira produzidos com partículas de eucalipto**. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.14, n.3, p.217-223, 2015.

LATORRACA, J. V. F. ***Eucalyptus spp.* na produção de painéis de cimento madeira**. Curitiba, 2000. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. 208p.

LOPES, Y.L.V. **Utilização da madeira e cascas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na produção de painéis cimento-madeira**. Lavras, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras. 71p.

MATOSKI, A.; IWAKIRI, S. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis de cimento-madeira utilizando farinha de madeira com granulometria controlada**. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.

POMARICO, F.A. **Potencial de utilização da madeira de clones de eucalipto na produção de painéis cimento-madeira.** Lavras, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras. 70p.

ROVEDA, A. P.; FERNANDES, J. M.; TIAGO, A. V.; CAVALLARI, A. A.; CARDOSO, E. S.; ZORTÉA, K. É. M.; ROSSI, A. A. B. **Morfologia, índice meiótico, viabilidade polínica e citoquímica de *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook.** Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.6, p.602-614, 2021.

SÁ, V.A.; BUFALINO, L.; ALBINO, V.C.S.; CORREA, A.A.; MENDES, L.M.; ALMEIDA, N.A. **Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.549-557, 2012.

SOUZA, M.R. **Durability of cement-bonded particleboard made conventionally and carbon dioxide injection.** Idaho, 1994. Tese (Doctor of Philosophy). University of Idaho. 123p.