



COMUNICADO
TÉCNICO

280

Fortaleza, CE
Outubro, 2023



Painéis aglomerados produzidos a partir de espécies florestais cultivadas no município de Acaraú, CE

Adriano Lincoln Albuquerque Mattos
Men de Sá Moreira de Souza Filho
José Dionis Matos Araújo
João Alencar de Sousa
Diva Correia
Alisson Moura Santos

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Painéis aglomerados produzidos a partir de espécies florestais cultivadas no município de Acaraú, CE¹

¹ Adriano Lincoln Albuquerque Mattos, engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; Men de Sá Moreira de Souza Filho, engenheiro químico, doutor em Engenharia de Produção, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; José Dionis Matos Araújo, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Fortaleza, CE; João Alencar de Sousa, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; Diva Correia, bióloga, doutora em Recursos Florestais, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; Alisson Moura Santos, engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

O estado do Ceará possui 86,8% de seu território classificado como semi-árido, com condições edafoclimáticas consideradas limitantes ao cultivo de espécies florestais (Correia et al., 2017). Por outro lado, cerca de 750 empresas do setor moveleiro estão sediadas no estado e, apenas no município de Marco, esse setor emprega cerca de dois mil trabalhadores direta ou indiretamente, o que equivale a aproximadamente 10% da população desse município.

O polo moveleiro de Marco, organizado em um arranjo produtivo local (APL), é um dos mais qualificados das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Entretanto, o suprimento de madeira, matéria-prima primordial a esse setor, é trazido principalmente das regiões Norte e Sudeste, o que eleva o custo de produção local (Correia et al., 2017). Nesse sentido, a sustentabilidade do setor moveleiro cearense depende principalmente de alternativas de redução do custo do

transporte e de produção e beneficiamento de madeira na região.

Essa realidade motivou a Embrapa Agroindústria Tropical e a Embrapa Florestas a desenvolverem o projeto “Teste e seleção de espécies arbóreas para a indústria do polo moveleiro de Marco, CE”, em parceria com o Banco do Nordeste do Brasil (BNB), a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (Adece), o Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS), o Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará (Sindmóveis), o Sindicato das Indústrias de Serrarias, Carpintarias, Tanoarias, Madeiras Compensadas e Laminadas no Estado do Ceará (Sindserrarias), a Federação das Indústrias do Estado do Ceará (Fiec), o Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará (Indi) e os Fabricantes Associados de Marco (Fama).

Iniciado em 2010, o projeto foi instalado no município de Acaraú, CE, no

Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, e tem por objetivo viabilizar soluções para aumentar a produtividade e disponibilizar informações técnicas de qualidade da madeira para a região. O projeto teve como base a avaliação do desempenho de 39 espécies arbóreas, 29 nativas e 10 exóticas, não tradicionalmente utilizadas no setor moveleiro, e seis clones de híbridos de eucaliptos, na região de Marco, Ceará (Correia et al., 2017). Após 11 anos de cultivo, as espécies nativas *Handroanthus impetiginosus* (Pau-d'arco-roxo), *Hymenaea courbaril* (Jatobá) e *Colubrina glandulosa* (Angico), as espécies exóticas *Acacia mangium* (Acácia-australiana) e *Sterculia foetida* (Chichá) e os clones de híbridos de eucaliptos VE38, VE41 e GG680 destacaram-se pelo crescimento e desenvolvimento, sugerindo boa adaptabilidade à região. Além do desempenho, foram realizadas análises da qualidade da madeira para uso pelo setor moveleiro, como biomassa para produção de energia e outros fins. Ao mesmo tempo, no estado do Ceará, outros experimentos estão sendo conduzidos com algumas dessas arbóreas selecionadas pelo seu desempenho com o objetivo de definir parâmetros técnicos de cultivo além de testar novos materiais genéticos de eucalipto tolerantes à restrição hídrica.

O avanço dos plantios florestais tem como consequência o aumento de resíduos originários de podas, desramas, desbastes e do processamento

da madeira, uma biomassa rica de frações lignocelulósicas que também pode servir de matéria-prima para a indústria moveleira. Um estudo conduzido por Araújo et al. (2019), utilizando galhos de algumas árvores selecionadas e cultivadas no experimento conduzido em Acaraú, sinalizou que as características químicas desses materiais, principalmente das frações lignocelulósicas, indicaram possibilidade de desenvolver rotas tecnológicas para agregação de valor desses resíduos devido ao elevado teor de lignina.

Um dos principais produtos do processamento de resíduos ou coprodutos lignocelulósicos são os painéis de fibra. A produção mundial desse tipo de material cresceu 10% no período de 2015 a 2020, atingindo o montante de 118 bilhões de metros cúbicos (m³) (FAO, 2023). No Brasil, o consumo de painéis de madeira em 2021 foi de 8,3 milhões de metros cúbicos (m³) (IBÁ, 2022), evidenciando um crescimento de 15% frente ao ano anterior.

Segundo a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas, os painéis de fibras de média densidade (MDF) são constituídos de fibras de madeira e produzidos em processo a seco, com umidade menor do que 20% na linha de formação, sob ação de calor e pressão, com a adição de adesivo sintético, considerando a ABNT NBR 15.316-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015b).

O objetivo do presente trabalho é demonstrar a aplicabilidade do uso de coprodutos do beneficiamento da madeira a partir de resíduos das florestas na produção de painéis aglomerados tipo MDF.

Preparo dos painéis aglomerados

Galhos de árvores com 11 anos de idade (Tabela 1) foram coletados na área experimental conduzida pela Embrapa Agroindústria Tropical, localizada no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, no município de Acaraú, Ceará, em região limítrofe ao município de Marco. As amostras de cada espécie e de clones

de híbridos foram formadas por galhos com diferentes tamanhos. Os resíduos de poda e todos os materiais de espécies nativas empregados neste trabalho encontram-se cadastradas na plataforma do Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (Sisgen), código AF46C91.

Amostras de galhos foram trituradas e moídas em moinho de facas com malha de 2,0 mm. As amostras moídas foram secas em estufa de ar circulante a 105 °C por 18 horas. As densidades aparentes foram medidas com a pesagem em triplicata de 1 litro de amostra moída. O volume foi medido com o auxílio de uma proveta graduada.

Tabela 1. Espécies florestais e clones de híbridos de *Eucalyptus* utilizados para elaboração de painéis aglomerados.

Amostra	Espécie ou clone de híbrido de <i>Eucalyptus</i>
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i>
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>
Pau-d'arco-roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i>
Sobrasil	<i>Colubrina glandulosa</i> var. <i>reitzii</i>
Acácia-australiana	<i>Acacia mangium</i>
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>
VE 38	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i>
VE 41	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>
GG 680	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>

Painéis de 110 mm x 110 mm x 5 mm produzidos com as amostras foram cortados para formação dos corpos de prova utilizados nos ensaios de flexão, determinação da densidade, inchamento e absorção de umidade. A formulação dos painéis foi de 26 g de fibras de madeira, 30 g de resina (Redemite), 6 g de água, 6 g de farinha de trigo e 1 g de sulfato de amônia (conforme indicação do fabricante da resina). A mistura foi pré-prensada em molde fechado com pressão de 20 kgf/cm² por 5 minutos à temperatura ambiente. O colchão de

fibras formado foi em seguida prensado em prensa aquecida a 180 °C, seguindo a seguinte rotina (Mattos et al., 2023): 10 kgf/cm² por 3 minutos; 20 kgf/cm² por 2 minutos; 50 kgf/cm² por 2 minutos; 40 kgf/cm² por 1 minuto; 30 kgf/cm² por 1 minuto; e 20 kgf/cm² por 1 minuto. Após a prensagem a quente, as placas foram resfriadas sob compressão de 0,5 kgf/cm² durante 18 horas, sendo então armazenadas a 25 °C e 50% de umidade por 48 horas; após esse período, os corpos de prova foram cortados em serra de disco (Figura 1).

Foto: Adriano Lincoln Albuquerque Mattos

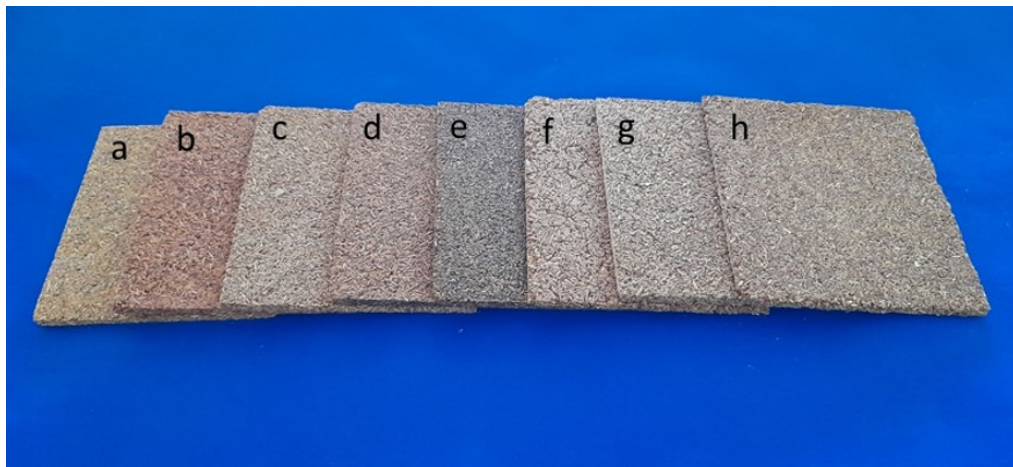


Figura 1. Painéis aglomerados produzidos a partir de resíduos (galhos) de árvores cultivadas por 11 anos no projeto de pesquisa conduzido pela Embrapa no município de Acaraú, CE: (a) Sobrasil; (b) Angico; (c) VE 41; (d) VE 38; (e) Pau-d'arco-roxo; (f) Acácia-australiana; (g) GG 680; (h) Jatobá.

Características dos painéis obtidos

As caracterizações foram feitas com base na norma ABNT NBR 15316-2:2015, sendo feitas algumas adaptações, dadas as dimensões dos painéis produzidos em condições de laboratório.

Os ensaios de flexão foram realizados numa máquina de ensaios universal EMIC DL 3000 (Figura 2), com célula de carga de 5 kN, espaçamento entre apoios de 80 mm e velocidade de 3 mm/s. Os painéis tiveram 5 mm de bordas laterais removidas; em seguida,

foram cortados corpos de prova com 25 mm de largura; cada corpo de prova ficou com as seguintes dimensões: 110 mm x 25 mm x 5 mm, respectivamente, comprimento, largura e espessura.

Para os ensaios de densidade, inchamento e absorção de umidade, foram cortados corpos de prova com 25 mm x 25 mm x 5 mm, respectivamente, comprimento, largura e espessura. Depois de medidas as dimensões e massas de cada um dos corpos de prova, estes foram imersos em água a 25 °C por 24 horas. Decorrido esse tempo, a espessura e a massa dos corpos de prova foram novamente medidas.

Foto: Adriano Lincoln Albuquerque Mattos

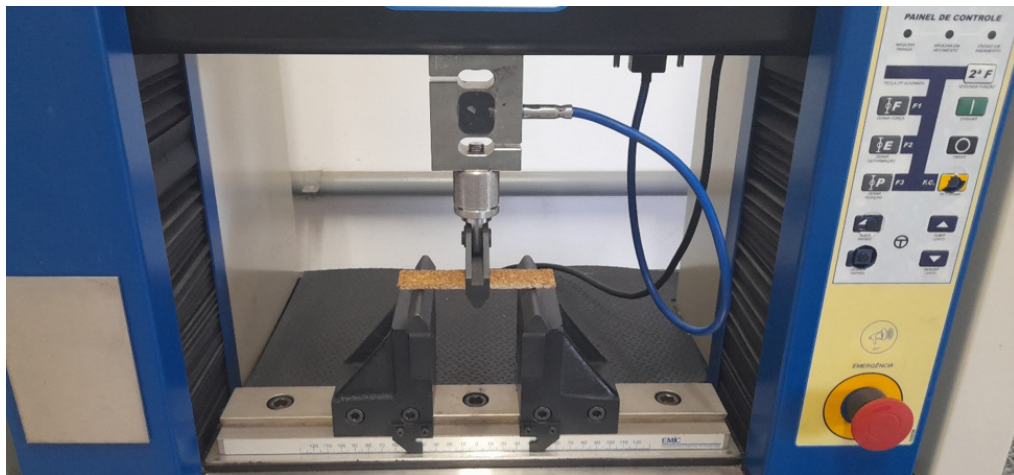


Figura 2. Ensaio mecânico de flexão em três pontos dos painéis produzidos a partir de resíduos (galhos) de árvores cultivadas por 11 anos no projeto de pesquisa conduzido pela Embrapa no município de Acaraú, CE.

Os materiais avaliados têm origem em diferentes espécies florestais e, mesmo quando da mesma espécie, de clones diferentes. Dessa forma, as fibras

vegetais obtidas de cada um dos materiais têm propriedades químicas e físicas diferentes.

A densidade aparente medida para cada um dos materiais apresentou grandes variações, sendo as fibras da casuarina 70% mais densas do que as fibras do clone de eucalipto VE 41 (Tabela 2). A densidade das fibras de madeira afeta

a propriedade dos painéis produzidos, pois influencia diretamente a razão de compactação do painel e uma melhor distribuição da resina ao longo do perfil do painel e entre as fibras (Shi et al., 2005).

Tabela 2. Propriedades mecânicas dos painéis aglomerados e densidade das fibras utilizadas obtidas a partir de galhos de árvores cultivadas por 11 anos no projeto de pesquisa conduzido pela Embrapa no município de Acaraú, CE.

Amostra	Módulo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)	Densidade do painel (g/L)	Densidade aparente da fibra (g/L)
Angico	10,29 ± 5,16	336,63 ± 152,89	725,57 ± 123,06	327,03 ± 9,65
Jatobá	4,58 ± 2,22	119,00 ± 41,87	710,55 ± 110,42	320,04 ± 1,35
Pau-d'arco-roxo	8,68 ± 3,16	169,36 ± 78,39	764,38 ± 20,30	280,85 ± 5,05
Sobrasil	15,27 ± 2,63	405,03 ± 105,94	790,84 ± 35,42	265,45 ± 1,34
Acácia-australiana	12,37 ± 1,15	387,81 ± 52,55	725,57 ± 123,06	277,50 ± 5,29
Casuarina	7,35 ± 3,35	255,33 ± 122,54	763,11 ± 57,55	411,96 ± 4,28
VE 38	11,75 ± 2,35	358,27 ± 66,76	797,98 ± 15,95	267,98 ± 3,62
VE 41	11,16 ± 1,08	278,54 ± 36,23	764,04 ± 14,83	241,03 ± 4,58
GG 680	3,61 ± 1,15	82,97 ± 38,86	721,15 ± 63,44	285,26 ± 16,56

Avaliando-se os resultados obtidos para módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), verifica-se que há uma relação entre a densidade aparente das fibras de madeira utilizadas e as propriedades mecânicas dos painéis obtidos. Numa relação inversamente

proporcional, percebe-se que os materiais com menores densidade aparente apresentaram maiores módulos de ruptura e elasticidade.

Também é possível identificar uma relação entre as densidades obtidas

nos painéis com suas propriedades mecânicas. Por outro lado, observa-se uma relação inversa entre a densidade aparente das fibras e a densidade dos painéis; isto é, fibras com menores densidades possibilitam uma melhor razão de compactação, resultando em painéis com maior densidade.

A natureza e o teor de resina utilizados resultaram em painéis com boa resistência ao inchamento. A norma NBR 15316-2:2015 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015a) estipula um

valor máximo de 35% para o inchamento de painéis de média densidade em 24 horas de imersão em água. Todas as amostras apresentaram média de inchamento inferior ao limite estipulado (Tabela 3). Aqui, novamente, há uma tendência de que painéis oriundos de fibras de menores densidades, que por isso foram produzidos com maiores taxas de compressão, atinjam maiores densidades e apresentem menores valores de inchamento e absorção de umidade.

Tabela 3. Valores de porcentagem de inchamento e absorção apresentados pelos painéis, produzidos após 24 horas de imersão em água, a partir de galhos de árvores cultivadas por 11 anos no projeto de pesquisa conduzido pela Embrapa no município de Acaraú, CE.

Amostra	Inchamento (%)	Absorção (%)
Angico	4,7 ± 0,66	28,87 ± 2,21
Jatobá	9,38 ± 0,41	34,66 ± 1,05
Pau-d'arco-roxo	9,86 ± 4,52	34,09 ± 8,13
Sobrasil	7,23 ± 1,23	34,20 ± 0,95
Acácia-australiana	6,27 ± 0,24	31,07 ± 1,49
Casuarina	9,20 ± 2,09	35,07 ± 1,89
VE 38	10,18 ± 0,60	31,33 ± 1,65
VE 41	7,67 ± 1,54	34,71 ± 0,83
GG 680	10,56 ± 1,20	39,47 ± 2,53

Considerações finais

As fibras obtidas de galhos das espécies nativas e exóticas e de clones de híbridos de eucaliptos selecionados no projeto apresentam-se como matéria-prima viável para a produção de painéis. Assim, o aproveitamento dos coprodutos da produção de madeira por reflorestamento no estado do Ceará, ou em outras regiões com condições análogas, é tecnicamente viável e deve ser avaliado do ponto de vista ambiental e econômico.

Ajustes na densidade podem levar à melhoria das propriedades mecânicas dos painéis e à consequente redução do teor de resina utilizado. O tratamento dispensado às fibras no processamento industrial (explosão a vapor e refino) e a mistura de espécies madeireiras, entre outras melhorias de processo, poderiam ser adotados para melhorar o desempenho técnico e econômico dos painéis produzidos.

Agradecimentos

À Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (Adece), ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e à Embrapa Agroindústria Tropical pelo suporte financeiro. Aos demais parceiros do projeto: Embrapa Floresta, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Sindicato

das Indústrias de Móveis do Ceará (Sindmóveis), Sindicato das Indústrias de Serrarias Carpintarias e Tanoarias de Fortaleza (Sindserrarias), Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará (Indi) e Fabricantes Associados de Marco (Fama).

Referências

- ARAÚJO, J. D. M. **Desempenho silvicultural e caracterização lignocelulósica de espécies florestais em Acaraú - CE**. 2019. 86 f. (Tese em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Fortaleza.
- CORREIA, D.; SOUSA, J. A. de; MANA, F.; MESQUITA, A. L. M.; MIRANDA, F. R. de; MOURA, J. R. G.; BRAGA, C. A. T.; ARAÚJO, J. D.; FERREIRA, P. E. P.; NEVES, E. J. M.; WENDLING, I.; CARPANEZZI, A. A.; SANTOS, A. M. **Teste e seleção de espécies arbóreas para a indústria do polo moveleiro de Marco, CE**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 1 fôlder. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171350/1/FFC17004.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2022.
- SHI, J. L.; ZHANG, S. Y.; RIEDL, B.; BRUNETTE, G. Flexural properties, internal bond strength, and dimensional stability of medium density fiberboard panels made from hybrid poplar clones. **Wood and Fiber Science**, v. 37, n. 4, p. 629-637, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316-2**: Painéis de fibras de média densidade: Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. 4. ed. Rio de Janeiro, 2015a. 78 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316-1**: Painéis de fibras de média densidade: Parte 1: Terminologia. 4. ed. Rio de Janeiro, 2015b. 4 p.

FAO. **Forestry Production and Trade**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: 24 abr. 2023.

IBÁ. **Relatório Anual 2022**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/>

<publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

MATTOS, A. L. A.; LOMONACO, D.; OLIVEIRA, B. S. de; KOTZEBUE, L. R. V.; VIEIRA, J. D. da S.; DUARTE, M. S.; LEITÃO, R. C. Resins and fibers from sugarcane bagasse to produce medium-density fiberboard. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-8, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04077-0>.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Pernambuco, 2270, Pici
60511-110, Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109 / 3391-7195
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
(2023): on-line

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
José Roberto Vieira Junior
Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz
Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
Afrânio Arley Teles Montenegro, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Christiana de Fátima Bruce da Silva, Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, José Roberto Vieira Júnior, Laura Maria Bruno, Roselayne Ferro Furtado, Sandra Maria Morais Rodrigues

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães
Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid
Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro
Editoração eletrônica
José Cesamildo Cruz Magalhães
Fotos da capa
Diva Correia e Adriano Lincoln Albuquerque Mattos

CGPE 018284