

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CAULIM E FIBRAS DE CAROÁ EM PAINÉIS DE MÉDIA DENSIDADE - MDF

A.F.C. Bezerra¹; L.N.L. Santana; G. A. Neves; L.H. de Carvalho; F.F.M. Lopes
Universidade Federal de Campina Grande
1anaflavia.dema@yahoo.com.br

RESUMO:

Os painéis de média densidade - MDF são moldados sob temperatura e pressão e apresentam propriedades físicas e mecânicas similares aos da madeira maciça. Sua composição envolve fibras de eucalipto e pinus, porém cargas como resíduo de caulim podem ser incorporadas. O objetivo deste trabalho foi confeccionar painéis de média densidade incorporando resíduo de caulim e comparar as propriedades físicas e mecânicas destes com outros painéis. O resíduo foi submetido aos seguintes ensaios de caracterização: análise térmica diferencial, análise térmica gravimétrica e difração de raios X. Através do processo de prensagem foram confeccionados corpos de prova, estes foram avaliados quanto ao inchamento em espessura, absorção de água, resistência à flexão e à tração perpendicular. As amostras estudadas apresentam baixos teores de inchamento em espessura, resistência à flexão e tração e maior teor de absorção em relação aos painéis de MDF comerciais.

Palavras-chaves: Compósitos; Fibras naturais; Resíduo de Caulim

INTRODUÇÃO

O material ecológico MDF surgiu como opção em substituição à madeira, já que esta vem sendo explorada de forma inadequada. O MDF é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos, moldado sob alta temperatura e pressão.

Os painéis MDF possuem homogeneidade ao longo das peças, redução anisotrópica e eliminação de defeitos como nós, defeitos provenientes da secagem da madeira, entre outros ⁽¹⁾. Nacionalmente, os painéis de MDF são fabricados nas regiões Sul e Sudeste do país, o principal motivo é a localização do reflorestamento

de árvores voltadas para esta produção - eucalipto e pinus. As demais regiões são desprovidas de tais plantações, porém possuem outras culturas que servem de alternativa, como as fibras de caroá, curauá, sisal, bagaço de cana, piaçava e coco.

A *Neoglaziovia variegata*, o caroá, é encontrada no Semiárido do Nordeste do Brasil ⁽²⁾. No século passado sua produção era voltada para as indústrias têxteis, atualmente, tem se voltado para a fabricação artesanal.

O caulim é uma rocha formada por material argiloso, com baixo teor de ferro e cor branca ⁽³⁾. É um material formado por silicatos de alumínio hidratado, cuja composição química aproxima-se a $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, sendo a caulinita e a haloisita seus minerais predominantes.

O caulim ocorre associado a diversas impurezas não atendendo às especificações de mercado. A extração e o beneficiamento do caulim produzem uma enorme quantidade de resíduos que, em geral, são descartados em campo aberto o que provoca danos ao meio ambiente e à saúde da população residente nas regiões circunvizinhas aos "depósitos" de resíduos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de resíduo de caulim em composições típicas da fabricação de MDF, visando contribuir para a redução do impacto ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: resíduo de Caulim, fornecido pela empresa Armil Mineração do Nordeste, localizada no município de Equador, Rio Grande do Norte. As fibras de eucalipto e pinus foram fornecidas pela empresa Fibraplac, empresa localizada em Glorinha, no Rio Grande do Sul e a fibra de caroá fornecida pela empresa FibraNatu, localizada no município de Olivedos na Paraíba. A emulsão de parafina e a resina sintética forma fornecidos pela Fibraplac.

As amostras foram caracterizadas através da análise térmica diferencial e gravimétrica – ATD e TG e da difração de raios x – DRX. Nos ensaios de ATD e TG o equipamento utilizado foi da marca *Shimadzu*, modelo DTG 60H utilizando atmosfera dinâmica de oxigênio com vazão de $50\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. No ensaio de difração de raios x – DRX o equipamento utilizado foi da marca *Shimadzu* modelo DRX 6000 radiação Cu, entre ângulos $5^\circ \leq 2\theta \leq 50^\circ$, velocidade de varredura de $2^\circ\cdot\text{min}^{-1}$, voltagem de 40kv e corrente de 30mA.

As composições dos corpos de prova foram baseadas no laudo técnico da indústria Fibraplac, ou seja, 83,5% de fibras, sendo 50% de eucalipto e 50% de pinus; 9% de resina; 7% de água e 0,5% de parafina e em um planejamento experimental. O planejamento foi fundamentado na variação de fibras de eucalipto, pinus e caroá e na variação do resíduo de caulim com percentuais de 8,35% e 4,175%. O limite do percentual do resíduo de caulim foi baseado no valor máximo de sílica permitido industrialmente, 8,35%.

Cada composição possui mesmo percentual de fibras, resina, água e parafina variando apenas a incorporação do resíduo e o tipo de fibra, como classifica a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos compósitos

COMPÓSITO	TIPO DE FIBRA
A	Fibra de eucalipto e pinus
B	Fibra de eucalipto, pinus e resíduo de caulim
C	Fibra de caroá
D	Fibra de caroá e resíduo de caulim

Os corpos de prova de foram elaborados de acordo com as características dos painéis de MDF tipo *standard*, cru, com 5 mm de espessura e confeccionados com fibras de madeira do tipo eucalipto *grandis* e pinus *elliottii*, encolados com emulsão de parafina, água e resina sintética. Com mesmas características foram confeccionados corpos de prova com resíduo de caulim e fibras de caroá.

Para confecção dos corpos de prova inicialmente as fibras foram cortadas manualmente e lavadas com água a temperatura ambiente. As matérias-primas foram misturadas manualmente de forma descontínua e aleatória, nas devidas proporções foram colocadas em um molde.

O método utilizado na compactação das fibras foi prensagem, utilizando-se uma prensa hidráulica de laboratório com aquecimento elétrico. Os corpos de prova foram cortados conforme especificado nas normas ABNT 15316 ⁽⁴⁾. Posteriormente foram avaliadas as seguintes propriedades: inchamento, absorção de água, resistência à flexão em três pontos de acordo com a norma da ABNT 15316 ⁽⁵⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1(a e b) apresenta as curvas de ATD e TG das fibras eucalipto e pinus e da fibra de caroá, respectivamente. Na curva da TG Figura 1 (a), observa-se que a temperatura de 120°C aconteceu perda de massa, que correspondente à água de hidratação e liberação dos voláteis ⁽⁵⁾.

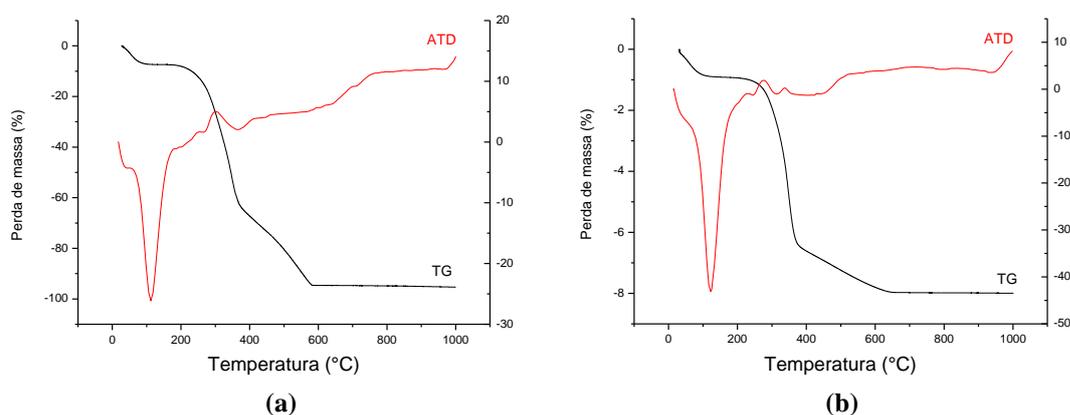


Figura 1 – a) ATD das fibras de eucalipto e pinus b) ATD e TG da fibra de caroá

Entre 200 e 370°C a intensidade máxima de perda de massa refere-se à degradação/pirolise das poliozes (hemiceluloses). Entre as temperaturas de 370 a 580°C, a amostra perdeu massa corresponde à degradação da lignina ⁽⁶⁾ e posteriormente da α -celulose, totalizando 94% da perda de massa da amostra.

Na ATD da Figura 1 (a) a 111°C encontra-se um evento endotérmico e a 300°C evento exotérmico. Estes eventos devem estar associados à desidratação e reação de estado sólido relacionados à degradação da hemicelulose, lignina e α -celulose.

Na curva da TG da Figura 1 (b) verifica-se que a decomposição até 100°C provavelmente é referente à perda de água e liberação dos voláteis. A perda de massa até 375°C pode ser atribuída à decomposição das poliozes e polifenóis de cadeias curtas, entre 376 e 590°C verificou-se uma de composição que possivelmente refere-se a perda de massa referente à decomposição da α -celulose. Acima de 591°C ocorre à decomposição da lignina e dos resíduos provenientes da carbonização de outros compostos presentes na fibra, totalizando a perda de massa em 8%.

Na ATD da Figura 1 (b) observa-se o pico endotérmico em 124°C provavelmente correspondente à degradação/pirolise das poliozes (hemiceluloses) e

celulose, o pico exotérmico a 276°C possivelmente correspondente à degradação da lignina.

A Figura 2 (a e b) apresenta os DRX da mistura de fibras de eucalipto e pinus e da fibra de caroá. Na Figura 2a verifica-se uma banda de baixa intensidade entre 12 e 17Å com característica do polimórfico da celulose e um pico a 23 Å, referente à porção cristalina. No caso da fibra de caroá verifica-se uma banda de baixa intensidade entre 15 e 19 Å referente ao polimórfico da celulose e outro pico mais intenso a 23 Å que remete a porção cristalina da celulose ⁽⁶⁾.

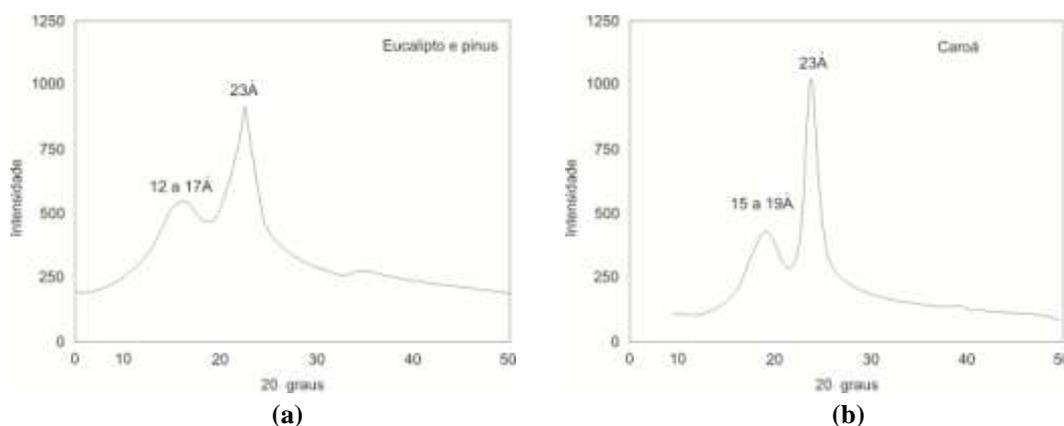


Figura 2 – a) DRX das fibras de eucalipto e pinus; b) DRX da fibra de caroá

Comparando-se os DRX observa-se que o relativo à mistura de fibras (pinus e eucalipto) apresenta-se menos definido, o que estaria associado a um menor teor de celulose cristalina fato que foi confirmado pela análise química que indicou que as fibras de caroá têm maior teor de celulose do que a mistura pinus e eucalipto.

A Figura 3 apresenta as curvas DTA e TGA do resíduo de caulim. Na curva da TGA verifica-se que no intervalo de temperatura de 0 a 120 °C há uma perda de massa referente à água livre. Entre 530 e 900 °C a perda de massa foi de 1,23% correspondente à perda de hidroxilas do material. Acima de 900 °C totaliza a perda da massa em 2,80%.

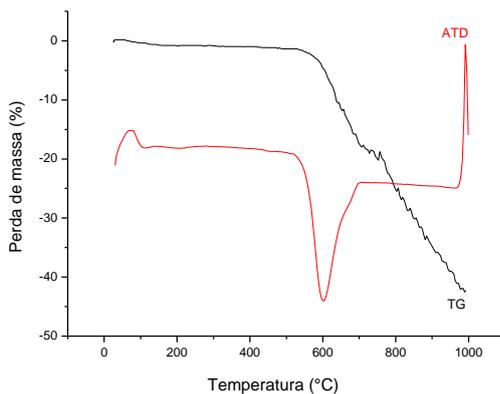


Figura 3 – ATD do resíduo de caulim

Na curva ATD verificam-se picos exotérmicos a 70°C característico da presença de água livre e a 989,75°C relativo à nucleação de mulita e um pico endotérmico em 602,06°C característico da presença de hidroxila.

A Figura 4 apresenta o DRX do resíduo de caulim. Verifica-se que o resíduo apresenta as seguintes fases mineralógicas: caulinita caracterizada por picos com distâncias interplanares de 7,07 e 3,56 Å; quartzo caracterizado pelas distâncias interplanares de 4,22 e 3,32 Å e a mica com 10Å.

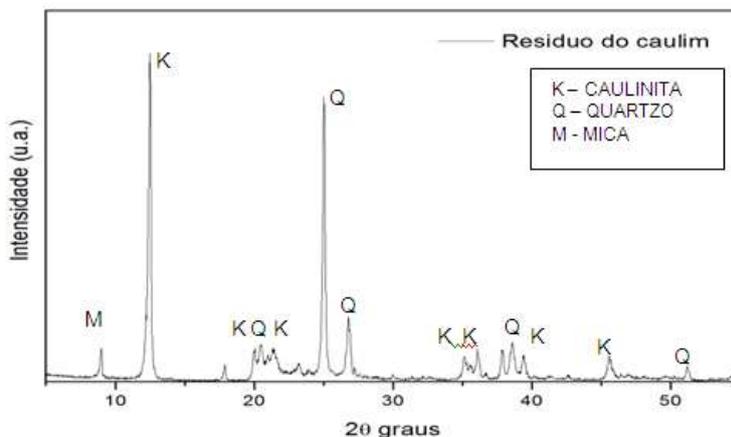


Figura 4 – DRX do resíduo de caulim

Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos foram analisados individualmente e entre os compósitos com mesma carga. Apesar das amostras possuírem mesma proporção de composição, o perfil das fibras utilizadas e, principalmente, o tamanho delas interferem diretamente nas propriedades dos compósitos. Além destas, outras variáveis importantes são a proporção volumétrica,

porosidade, interação fibra matriz, forma, tamanho, grau de orientação e distribuição das fibras que são similares entre os compósitos com mesma fibra.

Os compósitos com fibras de caroá incharam e absorveram mais água do que os compósitos com fibras de eucalipto e pinus, isto provavelmente aconteceu devido a maior quantidade de vazios. A absorção de água influencia diretamente o inchamento e apresentam relação inversa com outras variáveis como módulo elástico e de tração ⁽⁷⁾.

Tendo como referência os compósitos com e sem resíduo de caulim, nota-se que as amostras que não apresentam o resíduo possuem um menor teor de inchamento e de absorção de água, o que provavelmente está relacionado ao comportamento hidrofóbico dos argilominerais que estão presentes no resíduo e o fato do resíduo não ter sido bem misturado com a resina.

Segundo a norma ABNT 15316 ⁽⁴⁾, quanto aos valores de inchamento para painéis do tipo ultra *light* o compósito A enquadra-se no limite especificado e os compósitos B e C superam este valor. O compósito D excedeu os valores dos painéis classificados como estruturais para condição seca.

A Tabela 2 apresenta dados relacionados à média da força, tensão e módulo de elasticidade obtidos no ensaio de flexão em três pontos. Nota-se que a composição A, com fibras de eucalipto e pinus, possui maior valor de tensão máxima (38,41 MPa) e enquadra-se no valor mínimo estabelecido pela norma ABNT para painéis para aplicação estrutural. Os demais compósitos não ultrapassam o mínimo exigido. Tendo como referência a média dos compósitos com e sem resíduo de caulim, verifica-se que aqueles que não possuem o resíduo apresentam maior resistência. O resíduo de caulim contém quartzo, que é um material abrasivo, o que pode ter gerado atrito e provavelmente influenciado o comportamento mecânico dos sistemas.

Tabela 2 – Dados sobre o ensaio de flexão em três pontos

COMPOSIÇÃO	MÁXIMA FORÇA (N)	MÁXIMA TENSÃO (MPA)	MÓDULO ELÁSTICO (MPA)
A	291,06	38,41	3068,92
B	125,56	16,57	1579,75
C	109,87	14,49	2098,064
D	76,13	10,04	1792,36

O módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez do material. Em relação ao comportamento elástico das composições estudadas, nota-se que a amostra que possui fibras de eucalipto e pinus (A) possui maior módulo elástico do que as demais, o que corrobora com os resultados apresentados anteriormente.

Para os demais compósitos, nota-se diferença no tipo, dimensão e distribuição de fibra utilizada, os compósitos que possuem fibras de caroá (C e D) apresentaram teores de força máxima e tensão máxima inferiores aos que possuem fibras de eucalipto e pinus (A e B).

Conforme comentado na metodologia a composição de painéis de média densidade não deve conter mais que 8,15% de sílica, no entanto, a granulometria da sílica pode ter uma influência significativa sobre o comportamento dos compósitos.

A Tabela 3 apresenta os resultados das propriedades mecânicas obtidas no ensaio de tração. Assim como para o ensaio de flexão, o valor de tensão máxima e do módulo de elasticidade é significativamente maior na amostra que possui as fibras de eucalipto e pinus do que nas demais. Comparando-se os resultados ensaiados com os apresentados pelas normas da ABNT 15316 ⁽⁵⁾ os compósitos que não possuem o resíduo na sua composição (A e C) enquadram-se na classificação de chapas ultra *light*.

Tabela 3 – Dados sobre o ensaio de tração

COMPOSIÇÃO	LIMITE DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPA)	MÓDULO ELÁSTICO (N/MM ²)	CARGA MÁXIMA À TRAÇÃO (N)
A	0,335	2,122	838,54
B	0,120	1,238	301,04
C	0,154	1,059	385,05
D	0,062	0,571	165,63

O módulo elástico dos compósitos que não possuem o resíduo (A e C) enquadram-se nas normas da ABNT 15316 ⁽⁵⁾ em oposição aos compósitos que possuem o resíduo (B e D), portanto, a incorporação do resíduo de caulim mostrou-se inviável para a obtenção de painéis de média densidade.

Esta variação de limite de resistência à tração, módulo de elasticidade e carga máxima à tração provavelmente ocorre devido à composição química das fibras, tamanho e a disposição aleatória delas no compósito.

Comparando-se isoladamente cada fibra com e sem o resíduo de caulim nota-se que os compósitos A e C apresentam maior módulo de elasticidade, resistência à tração e suporta uma carga máxima maior à tração, provavelmente isto acontece devido o resíduo não ter boa adesão com as fibras, provocando assim fragilização do material, fato apresentado na literatura em que o uso do caulim levou menor resistência ao compósito estudado ⁽⁸⁾.

O comportamento apresentado pelos compósitos ensaiados em tração e flexão foi similar. Acredita-se que a causa para o baixo desempenho dos compósitos reforçados com caroá estejam associados a defeitos de fabricação dos corpos de prova, causadas tanto por uma má distribuição e alinhamento das fibras quanto por inadequadas condições de prensagem e teor de resina reduzido, dificultando assim o melhoramento da aglutinação dos componentes durante a obtenção das chapas. Para obter maior módulo de elasticidade e ruptura além da disposição das fibras deve-se aumentar o teor de resina ⁽⁹⁾.

CONCLUSÃO

As composições que não possuíam o resíduo de caulim em sua composição apresentaram menores teores de inchamento e de absorção, o que está relacionado ao comportamento hidrofóbico do resíduo. Os compósitos com fibras de eucalipto e pinus apresentaram as melhores propriedades mecânicas. Conclui-se que a incorporação do resíduo de caulim da forma realizada não foi benéfica para as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos, e que o processo de obtenção dos corpos de prova influenciou sobre a qualidade dos compósitos.

REFERÊNCIAS

(1) COSTA, C.; MEDEIROS, S; INGUNZA, M.; SANTOS JUNIOR, O.; DANTAS, E. Valorização do rejeito proveniente do beneficiamento de caulim do município de Equador-RN. In: *XXX Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería*

Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este, Uruguai. Cd do XXX Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este : AIDIS. v. 1. p. 1-9, 2006.

(2) MELO, R. *Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de Arroz*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, p.77, 2009.

(3) GRIM, R. E. *Clay Mineralogy. Geological Science Series*, New York: McGraw-Hill, p.29. 1958.

(4) ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15316:2009 - Chapas de Fibras de Média Densidade. Rio de Janeiro, 2009. Partes 1 (terminologia), 2 (requisitos) e 3 (métodos e ensaios).

(5) BEG, M. D. H.; PICKERING, K. L. Accelerated of unbleached and bleached kraft wood fiber reinforced polypropylene composites. *Polymer Degradation and Stability*, v.93, p. 1939-1946,2008.

(6) CARVALHO, A. M. M. L. Análises termogravimétrica e termodiferencial da madeira, da celulose e da lignina. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.23, n.1, p.113-129, 1999.

(7) SUBRAMANIAN, K.; KUMAR, S.; JRYAPAL, P.; VENKATESH, N. Characterization of lignocellulosic seed fiber from *Wrightia Tinctoria* plant for textile applications - na exploratory investigation. *European Polymer Journal*, n.41, p.853-861, 2005.

(8) ELEOTÉRIO. J. R. *Propriedades físicas e mecânicas de painéis de MDF de diferentes densidades e teor de resina*. 2000, 122f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira), Escola superior de Agricultura ``Luiz de Queiroga``, Universidade de São Paulo, 2000.

(9) LABOSKY, J.; YOBP,R.; JANOWIAK, J. BLANKENHORN, P. Effect of steam pressure refining and resin levels on the properties of UF-bonded red maple MDF. *Forest Products Journal*, v. 43, n.11/12, p.82-88, 1993.

INCORPORATION OF WASTE AND FIBER KAOLIN CAROÁ PANELS IN MEDIUM DENSITY - MDF

ABSTRACT:

Medium-density panels are composites molded under high temperature and pressure which have physical and mechanical properties similar to those of solid wood. Their composition includes eucalyptus grandis fibers and pinus elliotii fibers, but other fibers can be used such as caroá fibers. The goal of this work was to manufacture panels which kaolin waste and caroá fibers and compare their physical, chemical and mechanical of these panels with a others. Both residue and the fibers were characterized by: differential thermal analysis, thermal gravimetric analysis and X-ray diffraction. Through the process of pressing the test specimens were fabricated, test samples were evaluated by three point bending, internal bond, water absorption and swelling in thickness. The samples have low levels of thickness swelling, flexural strength and higher tensile and absorption content relative to commercial MDF.

Keywords: composites, natural fibers, residue of kaolin