

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS REFORÇADOS POR FIBRA DE COCO E PUPUNHA ATRAVÉS DE ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSOS

A. A. C. Pereira¹ e J. R. M. d'Almeida^{1,2}

¹Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

²Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pereira.ayrton@gmail.com

RESUMO

Oferecendo atrativos, tais como mínimo impacto ambiental, facilidade de obtenção e baixa densidade, as fibras lignocelulósicas vêm ganhando mercado e se destacando entre os materiais de reforço. Dentre as fibras naturais pode-se destacar, em empregabilidade e reaproveitamento, as derivadas do coco e da pupunha. Embora existam diversos trabalhos sobre o emprego das fibras de coco e, em menor número, sobre as fibras de pupunha em compósitos e em painéis aglomerados, há pouco estudo sobre características práticas dos compósitos fabricados, tais como usinabilidade e resistência ao arrancamento de pregos e de parafusos. Essas características são importantes para identificar as reais potencialidades de uso dessas fibras. Assim, nesse trabalho é feita a comparação da resistência ao arrancamento de parafuso, entre aglomerados reforçados por fibras de coco e de pupunha. Os resultados obtidos indicaram ser viável o emprego dessas fibras, bem como, também, o emprego de ambas as fibras em painéis híbridos.

Palavras-chave: propriedades mecânicas, fibras de pupunha, fibras de coco, arrancamento de parafuso.

INTRODUÇÃO

Diante de todos os problemas envolvendo a reciclagem de polímeros e fibras sintéticas, combinado ainda à necessidade de obter propriedades específicas para diversas aplicações, o desenvolvimento e uso de materiais compósitos reforçados por fibras naturais vêm crescendo nos últimos anos⁽¹⁾. De fato, as fibras lignocelulósicas são um recurso renovável e possuem grande importância devido às

suas singulares vantagens econômicas e ambientais.

Dentre as fibras lignocelulósicas, pode-se destacar as de coco, que são obtidas do mesocarpo do fruto e caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade⁽²⁾. A grande produção para consumo, principalmente, da água e da polpa de coco, gera grande quantidade de resíduos, principalmente pelo descarte das cascas, criando a necessidade do reaproveitamento destas^(3,4).

Outra palmeira que sofre com a geração de resíduos e descarte é a pupunha. A pupunha (*Bactris gasipaes*) é uma palmeira nativa da região Amazônica que apresenta potencial de uso de todas as suas partes na agroindústria^(5,6). O agronegócio baseado na sua exploração é bastante recente, mas a cultura da pupunha é antiga em diversas regiões. Quando da renovação do plantio da pupunha, seu estipe (tronco) é descartado, gerando considerável volume de material lenhoso, com características similares à madeira de espécies arbóreas. Além disso, o material gerado quando da extração do palmito tem grande potencial para a produção de fibras^(5,7).

Ao contrário das fibras de coco, que vêm sendo alvo de inúmeros estudos nas últimas décadas e de constante desenvolvimento, o aproveitamento e produção de fibras derivadas das palmeiras de palmito pupunha ainda é recente. Assim, esse trabalho visa não só ampliar os estudos sobre o emprego da fibra de coco, mas também promover um maior conhecimento sobre o emprego da pupunha. Para isso, aglomerados de fibra de coco e de pupunha foram avaliados em relação ao ensaio de arrancamento de parafuso. Ensaio semelhante também foram feitos em materiais comercialmente utilizados na indústria moveleira, para identificar as potencialidades de uso das fibras de pupunha e de coco na produção de compósitos e de aglomerados para este setor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de arrancamento de parafuso foram realizados seguindo as orientações da norma ASTM D1037-06 para arrancamento direto de parafuso, perpendicular à face do painel, de modo a obter a máxima força de arrancamento (Fig. 1). Os ensaios foram conduzidos em uma máquina de ensaio universal, com 2 kN de capacidade.

Para todas as amostras, utilizou-se parafuso com diâmetro nominal de 3,5 mm, contendo 16 filetes por polegada. De modo a garantir a perpendicularidade do

parafuso à superfície, um pré-furo foi feito antes da colocação do parafuso, com uma broca de diâmetro de 2,5 mm, em uma furadeira de bancada com esquadro. Os parafusos foram colocados de maneira a garantir a obtenção da real força máxima ao arrancamento, respeitando uma distância padrão das bordas de 25 mm e de 35 mm entre furos. Ensaios passantes e não passantes foram realizados de maneira a averiguar possíveis efeitos da ponta cônica dos parafusos.

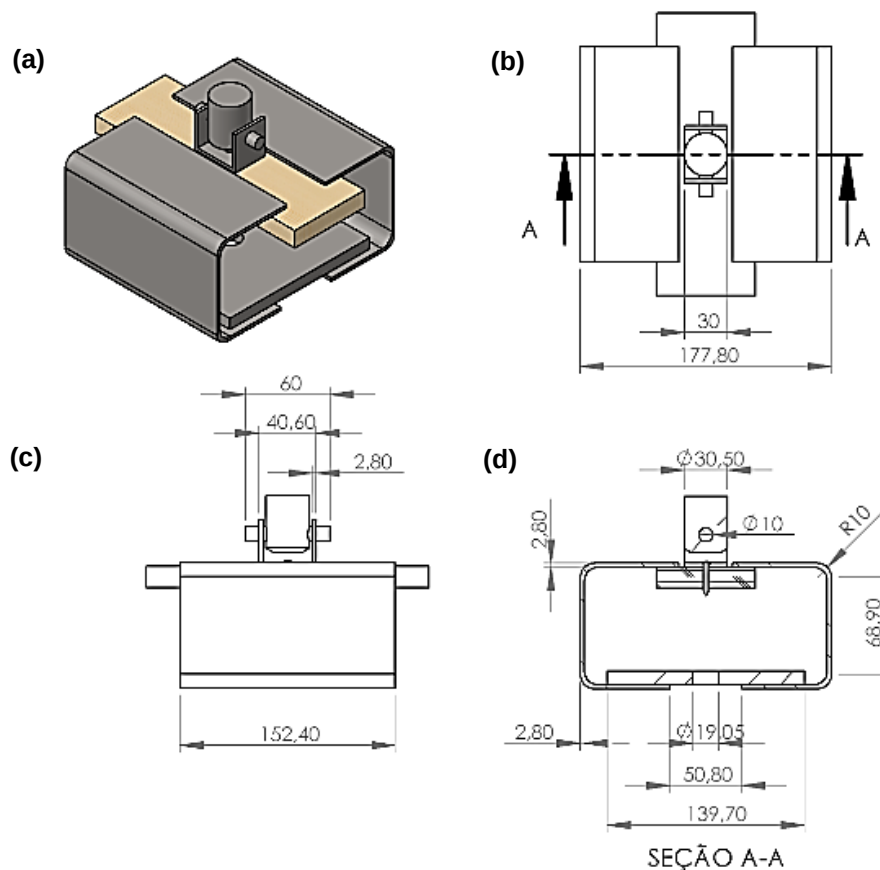


Figura 1. Arranjo utilizado para os ensaios de arrancamento de parafuso. Vistas (a) isométrica, (b) superior, (c) lateral esquerda e (d) corte de seção transversal. Dimensões em mm.

Para a realização dos ensaios de arrancamento de parafuso foram utilizados painéis aglomerados com matriz formada por resina de poliuretano (PU) derivada de óleo de mamona, reforçados por fibras de pupunha e/ou por fibras de coco *in natura*. Os mesmos ensaios também foram realizados em materiais comercialmente empregados e consagrados em suas aplicações, derivados da madeira *Pinus* – como placas maciças, MDF e compensado multilaminado – para efeitos de comparação e de avaliação dos aglomerados com fibras naturais⁽⁸⁾.

Para a obtenção dos painéis, as fibras utilizadas foram primeiramente cozidas

a uma temperatura de 80°C em uma solução diluída de água corrente e 0,5% de NaOH v/v. Após o cozimento, as fibras foram enxaguadas em água corrente de modo a remover as impurezas remanescentes. Posteriormente, fibras e resinas foram misturadas e espalhadas dentro das cavidades dos moldes manualmente. Os moldes foram feitos de compensado naval e tinham área quadrada de 510 mm x 510 mm. De forma a atingir uma maior homogeneidade de distribuição das fibras dentro dos moldes, fibras picadas foram utilizadas ao invés de fibras longas. Depois de ser completamente preenchido com a mistura de fibras picadas e resina PU, o molde foi fechado e o aglomerado foi mantido sob pressão a temperatura ambiente por 5h. O procedimento utilizado para a fabricação teve por objetivo ser o mais simples e de menor custo possível, tornando fácil sua reprodução.

Três tipos de painéis foram fabricados e nomeados segundo a fibra e a matriz utilizadas: (i) Pupunha-PU, (ii) Coco-PU e (iii) Pupunha + Coco-PU. Os painéis foram fabricados com uma espessura nominal de 15 mm e uma massa específica aparente de aproximadamente 0,7 kg/m³. Todos os painéis foram produzidos tentando respeitar a razão mássica de 70/30 entre a proporção de fibra e de resina. A razão utilizada de fibras de pupunha e coco nos painéis híbridos (iii) foi de 50/50.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As forças máximas por unidade de espessura ($F_{\text{máx}}/t$) encontrada nos ensaios de arrancamento de parafuso com configuração passante para os painéis aglomerados e para os materiais comercialmente utilizados (madeira *Pinus*, MDF e compensado) estão listadas na Tab. 1.

Tabela 1. Valores de $F_{\text{máx}}/t$ obtidos dos ensaios de arrancamento de parafuso realizados nos materiais comerciais e nos painéis reforçados por fibras naturais com configuração passante de parafuso.

Material	$F_{\text{máx}}/t$ (N/mm)
Madeira <i>Pinus</i>	107,61±0,00
MDF	78,11±3,33
Compensado	74,10±3,21
Coco	57,54±9,50
Pupunha + Coco	50,15±4,56
Pupunha	34,04±5,04

Apesar de os painéis reforçados por fibras naturais terem apresentado valores inferiores aos materiais comercialmente utilizados (Fig. 2) os valores de resistência obtidos podem ser considerados promissores. Os painéis reforçados por fibra de coco foram os que apresentaram maior resistência ao arrancamento dentre os produtos constituídos de fibras naturais, alcançando valores de $F_{m\acute{a}x}/t$ equivalentes a aproximadamente 53,5%, 74% e 78% dos resultados obtidos para a madeira maciça *Pinus*, MDF e compensado, respectivamente (Tab. 1).

Pelo processo de fabricação e pela possibilidade de aproveitamento de resíduos e cunho sustentável, as propriedades mecânicas e motivações de uso dos aglomerados reforçados por fibras naturais podem ser comparados, a grosso modo, com o MDF. Ainda que as propriedades mecânicas dos aglomerados com as fibras naturais, coco e pupunha, sejam inferiores da resistência apresentada pela madeira maciça, os resultados indicam um bom potencial e consequente empregabilidade se comparado com os valores apresentados pelo MDF.

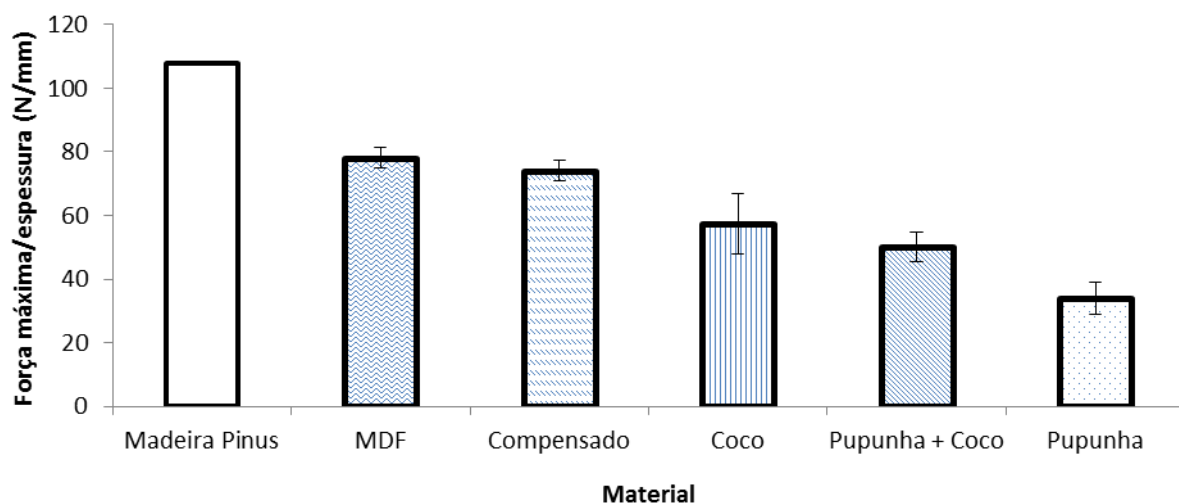


Figura 2. Comparação da $F_{m\acute{a}x}/t$ média obtida para cada material através de ensaio de arrancamento de parafuso com configuração passante.

Os ensaios realizados com os painéis reforçados somente com fibras de pupunha apresentaram uma diferença de cerca de 40%, em relação à resistência encontrada para os reforçados por fibra de coco (Tab.1), retratando a baixa resistência por parte das fibras de pupunha ao arrancamento de parafuso. Porém, a utilização de proporção igual de fibra de coco e pupunha resultou em um aumento de quase 50% da força máxima atingida pelos painéis constituídos por apenas fibras de pupunha, alcançando equivalência em termos de resistência ao arrancamento de

aproximadamente 65% do resultado médio obtido para o MDF (Tab.1).

Os resultados provenientes dos ensaios de arrancamento de parafuso utilizando-se configuração não passante estão presentes na Tab.2. Assim como na configuração passante, os painéis reforçados por fibra de coco apresentaram maior resistência ao arrancamento sendo seguidos pelos painéis formados pela combinação híbrida de fibras de pupunha e de coco e por último aqueles contendo somente fibras de pupunha.

Tabela 2. Valores de $F_{m\acute{a}x}/t$ encontrados nos ensaios de arrancamento de parafuso realizados nos painéis reforçados por fibras naturais, utilizando-se da configuração parafuso não passante.

Material	$F_{m\acute{a}x}/t$ (N/mm)
Coco	36,95±3,88
Pupunha + Coco	37,83±6,84
Pupunha	29,53±1,84

Comparando os dados obtidos do ensaio de arrancamento de parafuso utilizando-se a configuração passante com os resultados da não passante (Tabs. 1 e 2) percebe-se uma queda na resistência média ao arrancamento. As diferenças de $F_{m\acute{a}x}/t$ atingidas durante os ensaios para as fibras de pupunha e pupunha + coco não foram significativas entre as configurações. Ou seja, somando-se os desvios padrões aos valores da média não houve disparidade entre os resultados. Entretanto, as fibras de coco apresentaram diferença considerável de comportamento, fazendo com que a média dos resultados da configuração não passante fosse significativamente inferior ao da passante.

A queda de resistência pode ser associada à diminuição de área de contato entre parafuso e material, gerando como consequência um decréscimo na força de resistência cisalhante, devido à perda de área resistente na ponta cônica dos parafusos. A menor variação de força máxima encontrada para as fibras de pupunha evidencia uma possível falta de significância da mudança de configuração para a resistência ao arrancamento no produto final reforçado com estas fibras.

CONCLUSÃO

A resistência ao arrancamento de parafusos de aglomerados reforçados por fibras naturais de coco e de pupunha foi avaliada na configuração passante e não passante. Os painéis reforçados por essas fibras naturais apresentaram valores de

resistência ao arrancamento inferiores aos materiais convencionais à base de *Pinus*. Os painéis reforçados por fibras de coco atingiram cerca de 74% da força máxima alcançada nos ensaios realizados com MDF, material com método de fabricação similar, que pode ser colocado como principal concorrente aos painéis de fibras naturais, tanto pelos seus benefícios de aplicabilidade quanto pela sua constituição.

Em contrapartida à boa resistência apresentada pelos aglomerados de fibras de coco, os aglomerados de fibras de pupunha não apresentaram alta resistência ao arrancamento comparativamente aos materiais convencionais. Entretanto, os painéis híbridos, constituídos por proporções iguais de fibra de coco e pupunha, demonstraram um aumento de aproximadamente 50% na força máxima atingida em relação aos painéis reforçados somente por fibra de pupunha.

A configuração não passante demonstrou perda de resistência ao arrancamento para as fibras naturais em relação à configuração passante. Comparando-se um mesmo material, os painéis reforçados por fibra de coco demonstram perda significativa de resistência ao arrancamento para a configuração não passante em relação a passante, enquanto diferenças insignificantes de resistência ao arrancamento puderam ser verificadas para os painéis híbridos e os reforçados somente por fibras de pupunha.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq para a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. FARINA, M. Z.; SOARES, T. E.; CHILOMER, S. K.; PEZZIN, A. P.; SILVA, D. A. Análise da aplicação de resíduos do corte de palmito pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em compósitos de matriz poliéster com diferentes proporções. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 7, n. 2, p. 131–138, 2012.
2. SILVA, R. V.; SPINELLI, D.; BOSE FILHO, W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G.; TARPANI, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science Technology**, v. 66, n. 10, p. 1328–1335, 2006.
3. SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. Introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agrônômica. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 24p, 2002.
4. CORRADINI, E.; ROSA, M. F.; DE MACEDO, B. P.; PALADIN, P. D.; MATTOSO, L. H. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.

31, n. 3, p. 837–846, 2009.

5. MARTINS, M. A.; MORELLI, C. L.; MARINELLI, A. J.; MARCONCINI, J. M.; BRETAS, R. E. Caracterização das Fibras Amazônicas de Pupunha, Babaçu e Balsa Através de DRX, TG e RMN. **11º Congresso Brasileiro de Polímeros**. São Paulo, 2011, p. 2578–2583.

6. QUINAYA, D. C.; SILVA, E. S.; D'ALMEIDA, J. R. On the Use of Residues from the Sustainable Extraction of Heart of Palm in Agglomerated Panels. **Journal of Natural Fibers**, v. 13, p. 172–177, 2016.

7. TEMER, B. C.; D'ALMEIDA, J. R. Characterization of the Tensile Behavior of Pejibaye (*Bactris gasipaes*) Fibers. **Polymers from Renewable Resources**, v. 3, n. 2, 2012.

8. IWAKIRI, S.; SILVA, J. C.; SILVEIRA, J. R.; ALVES, C. R.; PUEHRINGER, C. A. Produção de compensados de *Pinus taeda* L. e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de adesivo ureia-formaldeído. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, 2002.

MECHANICAL PROPERTIES EVALUATION OF COMPOSITES REINFORCED BY COCONUT AND PEACH PALM FIBERS USING DIRECT SCREW WITHDRAWAL

ABSTRACT

Offering attractive as minimal environmental impact, ease to be obtained and low density, the lignocellulosic fibers are gaining market and standing out among the reinforcement materials. Among the natural fibers can be highlighted in employability and reuse, those derived from coconut and peach palm. Although there are several studies on the use of coconut fiber and fewer on the peach palm fibers in composites and chipboard panels, there is little study on practical characteristics of manufactured composites, such as machinability and pullout resistance of nails and screws. These features are important to identify the real potential uses of these fibers. Therefore, in this work it is done a comparison of the pullout strength to screw between composites manufactured with coconut and peach palm fibers. The results indicated be feasible to use these fibers individually, as well as to use both fibers in hybrids panels.

Key-words: mechanical properties, peach palm fibers, coconut fibers, screw withdrawal.