

ESTUDO DO USO DA FIBRA DO COCO COMO ISOLANTE TERMO-ACÚSTICO.

BIANCA F. MORETTO, GUSTAVO MISTURINI, SHANA ANDRÉIA DA SILVA,
JOSÉ DE SOUZA

RESUMO. Neste paper foram desenvolvidas placas de isolamento termo-acústico utilizando um resíduo da indústria alimentícia, a fibra da casca de coco, juntamente com um aglutinante. Foram selecionadas três resinas para efetuar a conformação junto à fibra de coco: breu, éster de breu e resina hidrocarbônica. Foram efetuadas doze composições com diferentes proporções de resina, para determinar a melhor relação resina/fibra. Foram realizados cinco ensaios distintos para determinação do compósito que melhor cumpre a função à qual o projeto está sendo proposto: ensaio de condutividade térmica, absorção de água, análise microscópica, isolamento sonoro e determinação do isolamento ao ruído aéreo. Através destes ensaios, constatou-se que o compósito que possui 40% de éster de breu na composição, apresentou melhores resultados entre os demais. Houve a absorção de 4,3% de água após o período de 2 horas e 9% após 24 horas. Na análise microscópica foi possível comprovar que a resina inibe a passagem de água por entre as ramificações; através do ensaio de condutividade térmica do material. Determinou-se o índice de $0,05498 \text{ W/m}^2\text{K}$ para a chapa contendo éster de breu; no ensaio de isolamento sonoro, ocorreu a redução de aproximadamente 28 decibéis quando comparada à caixa sem isolante. No ensaio para determinação do isolamento ao ruído aéreo, obteve-se o índice de redução sonora ponderado R_w (dB): 47. O compósito apresenta bons resultados gerando possibilidades de ser aplicado como isolante termo-acústico.

Palavras-chave: Fibra de Coco, Isolante Acústico, Isolante térmico.

ABSTRACT. In this paper, thermo-acoustic insulation boards were developed using a food industry residue, the coconut shell fiber, together with a binder. Three resins were selected to make the conformation with the coconut fiber: pitch, pitch ester, and hydrocarbon resin. Twelve compositions with different resin ratios

MORETTO et. al. 2020

were made to determine the best resin/fiber ratio. Five distinct tests were performed to determine the composite that best fulfills the function to which the project: thermal conductivity test, water absorption, microscopic analysis, sound insulation, and air noise insulation determination. Through these tests, it results that the composite that has 40% pitch ester in the composition, presented better results among the others. 4.3% of water was absorbed after 2 hours and 9% after 24 hours. In the microscopic analysis, it was possible to prove that the resin inhibits the passage of water between the branches; through the thermal conductivity test of the material. The index of $0.05498 \text{ W / m}^{\circ}\text{K}$ was determined for the pitch ester-containing plate; In the sound insulation test, the reduction was approximately 28 decibels compared to the box without insulation. In the test to determine the isolation to air noise, the weighted noise reduction index R_w (dB) was: 47. The composite presents good results generating possibilities of being applied as a thermo-acoustic insulator.

Keywords: Coconut Fiber, Acoustic Insulation, Thermal Insulation.

INTRODUÇÃO

As fibras vegetais são um recurso renovável com as mais diversas aplicações tais como na construção civil, naval, indústria têxtil, entre outras (GONÇALVES et al., 2018). As fibras vegetais podem ser utilizadas para tecidos, e na fabricação de fios em geral além de serem utilizados como agregados em compósitos para o reforço da matriz (RIOS-Rivera et al., 2018). Com o aumento de resíduos industriais e custos relacionados, são buscadas alternativas de reutilização e reciclagem ao descarte (LOPES et al., 2014).

Este estudo pode ser organizado em seis etapas distintas: coleta de dados técnicos sobre as fibras de coco; resinas e normas referentes a isolantes térmicos e acústicos; obtenção das fibras e resinas (breu colofônia, éster de breu e resina hidrocarbônica aromática); preparação das fibras para a conformação (lavagem e secagem); prensagem das fibras com diferentes porcentagens de resinas (25 e 40%); realização dos ensaios de condutividade térmica, isolamento acústico, ensaio microscópico, absorção de água e isolamento ao ruído aéreo;

verificação dos resultados, para analisar a viabilidade do projeto, atendendo as especificações das normas relacionadas.

As fibras lignocelulósicas são excelentes matérias-primas para a produção dos compósitos, constatadas pelas patentes e produções científicas internacionais (NAZARENO; SERRA; SOUSA; 2018).

As fibras de coco são materiais naturais da classe lignocelulósicos, isto é, são compostas principalmente de celulose e lignina (MATHAI, 2005) e (LIU et al., 2017). A lignina se encontra em maior quantidade nas fibras em relação aos outros componentes. É a responsável pela sustentação, força e propriedades mecânicas da fibra de coco (ARAGÃO et al., 2005). A hemicelulose é um polissacarídeo que faz parte da parede celular das células vegetais (AL-OQLA; MOHD, 2017). Possui natureza amorfa e se decompõe entre 200-260 °C, enquanto que com a celulose este processo acontece entre 240-360 °C, e a lignina, entre 280 a 360 °C (ALI, 2014) e (MARIMUTHU et al., 2019).

Quando misturado com algum outro material, possui boa aplicabilidade para fins de isolamento térmico e acústico (HWANG et al., 2016).

As fibras de coco verde apresentaram propriedades mecânicas superiores a alguns polímeros que são biodegradáveis, como o amido termoplástico e polietileno de baixa densidade (SKUPIN, 2004). A literatura indica que não só as fibras de coco maduro, mas também as fibras de coco verde podem ser empregadas em reforços de compósitos naturais e sintéticos (JUIKAR; VIGNESHWARAN, 2017) e (SENGUPTA; BASU, 2018). A capacidade de isolamento de diferentes tipos de cocos, não influencia consideravelmente na condutividade térmica do material quando conformado (CATAI, 2006).

O breu é uma resina presente na árvore *Pinus elliottii*, composta principalmente por ácido abiético. O éster de breu utilizado é um éster de glicerol, obtido pela esterificação do ácido abiético e a resina hidrocarbônica utilizada é do tipo aromática. A resina foi adicionada devido à sua propriedade de baixo ponto de fusão e alta pegajosidade a quente, com o intuito de aglutinar as fibras de coco.

MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de coco empregadas neste trabalho foram extraídas de frutos cultivados para a obtenção da água de coco. Foram lavadas em água corrente

MORETTO et. al. 2020

e deixadas secando por três dias ao ar livre (Fig. 1). O pó foi destinado ao substrato para mudas.



Figura 1. Aspecto das fibras de côco após secagem ao ar livre.

Avaliou-se o diâmetro e o comprimento das fibras (Fig. 2) e foi feita a medição do comprimento e do diâmetro de 100 fibras com o auxílio de um paquímetro e micrômetro, respectivamente.

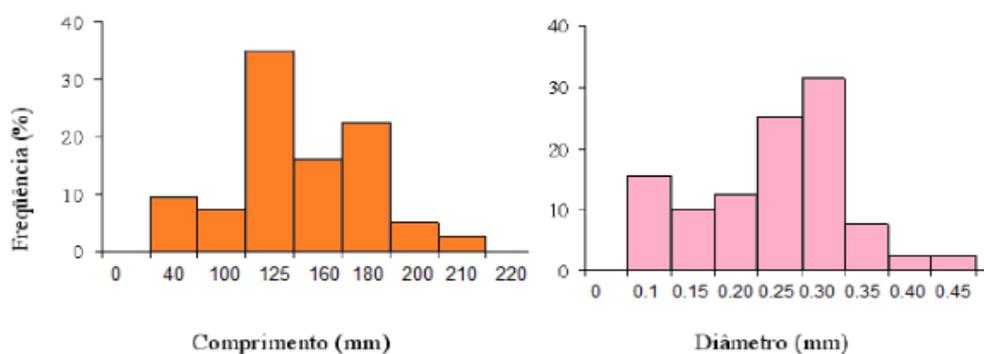


Figura 2. Distribuição gráfica do comprimento e diâmetro das fibras de côco.

O comprimento médio das fibras de coco foi de 152 mm e o diâmetro médio foi de 0,25 mm. Foram utilizadas fibras longas, pois não absorvem a umidade tão facilmente quanto as de comprimento inferior (KHAN; ALI, 2018).

A fibra de coco foi seca em uma estufa por um período entre dez e quinze minutos com uma temperatura de 100 °C (MORETTO; MISTURINI, 2015). O objetivo desta etapa é atingir a umidade de 10% a 12% (MATTO; ROSA, 2011). Antes de realizar a prensagem das fibras junto ao breu, as fibras foram secas na

estufa, seguindo o tempo e temperatura pré-estabelecidos pela (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA).

Preparação dos corpos-de-prova

Em torno de 210 gramas de fibras secas foram depositadas sobre a matriz previamente aquecida, e sobre as mesmas se depositou a resina uniformemente. Foram utilizadas duas quantidades diferentes de resina: 52 gramas (25%) e 84 gramas (40%).

Foram preparados corpos-de-prova (Fig. 3) com dimensões 38x280x280 mm (sendo altura, largura e comprimento respectivamente) para realização do ensaio de condutividade térmica.



Figura 3. Distribuição gráfica do comprimento e diâmetro das fibras de côco.

Cada prensagem teve a duração de doze minutos, aplicando-se a carga de 10 kgf/cm² foram prensadas 12 chapas (Tabela 1).

Tabela 1. Compósitos desenvolvidos no estudo.

Quantidade de Resina	Breu	Éster de Breu	Resina Hidrocarbônica
25%	2 chapas	2 chapas	2 chapas
40%	2 chapas	2 chapas	2 chapas

Realização dos ensaios

O ensaio de absorção de água (ASTM D570) tem o objetivo determinar a capacidade de um material incorporar ou assimilar líquido ao seu corpo (ABNT,

2004). A mesma se aplica para determinação de absorção de água em isolantes térmicos à base de fibra mineral (ASTM, D570). Para a realização dos testes de absorção de água, foram utilizadas amostras de cada chapa.

Como consta na norma, deve-se deixar as amostras submersas em água, em repouso, por um período de 2 e 24 horas. A absorção de água é calculada a partir da massa das amostras, através da fórmula da equação 1.

$$AA_{2h} = \left(\frac{m_2 - m_0}{m_0} \right) \times 100 \quad AA_{24h} = \left(\frac{m_{24} - m_0}{m_0} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

1)

Onde:

AA = Absorção de água dada em %;

M2 = Massa após 2 horas em água;

M0 = Massa inicial em gramas;

M24 = Massa após 24 horas em água.

O inchamento das chapas é calculado através da espessura das amostras, utilizando-se a fórmula da equação 2.

$$Ic_{2h} = \left(\frac{E_2 - E_0}{E_0} \right) \times 100 \quad Ic_{24h} = \left(\frac{E_{24} - E_0}{E_0} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

2)

Onde:

Ic = Inchamento em espessura do painel (%);

E2 = Espessura após 2 horas em água;

E0 = Espessura inicial;

E24 = Espessura após 24 horas em água.

O ensaio de condutividade térmica foi realizado com amostras analisadas que consistem em um material composto por fibra de coco e 40% de resina na composição. Durante a preparação dos corpos-de-prova, verificou-se que as placas com 40% apresentaram melhores resultados no que tange à condutividade térmica das chapas, apresentaram-se utilizando 40% de resina na estrutura do compósito. Portanto, as amostras consistem em um material fabricado com 280 mm de largura e espessura aproximada em 10 mm. As

amostras foram condicionadas por um período de 24 horas em uma sala com temperatura controlada em 22 °C (+/- 5 °C) e teor de umidade em 50% (+/- 10%) até o momento do ensaio.

O objetivo desse ensaio foi verificar a condutividade térmica da chapa, submetida a um fluxo de calor constante em regime permanente, pelo método da placa quente protegida, com emprego de forno de condutividade térmica modelo PE 0877-0213, capacidade de 3x 380, Vac, 60 Hz, 5 KVA.

O ensaio seguiu os procedimentos prescritos na ASTM C 177 para determinação da condutividade térmica pelo método da placa quente protegida com equipamentos em concordância com as premissas da referida norma.

Este ensaio tem como objetivo submeter o corpo-de-prova a um gradiente de temperatura constante e estável, a partir de um fluxo de calor em regime permanente. O sistema consiste em uma fonte de calor, aquecida por resistências elétricas e denominada placa quente, onde duas amostras são colocadas em contato com cada uma de suas faces. A outra face das amostras está em contato com uma fonte de resfriamento, denominada placa fria, nas quais ocorre a circulação de água de modo a manter a temperatura da placa constante. A placa quente é formada por duas seções de aquecimento independentes, sendo uma fonte central e outra o anel de guarda, separadas por um espaço de 1,6 mm. O anel de guarda é utilizado de modo a obter-se uma condução de calor unidimensional, controlado para se manter na mesma temperatura da fonte aquecedora central e assim restringindo as perdas de calor laterais. A placa quente é quadrada e possui uma largura de 216 mm. Para garantir a estabilidade do sistema e minimizar as perdas de calor, o conjunto é colocado em uma câmara constituída por material isolante, que é selada durante a realização dos ensaios. A Fig. 4 apresenta o esquema de montagem do conjunto com a posição das amostras.

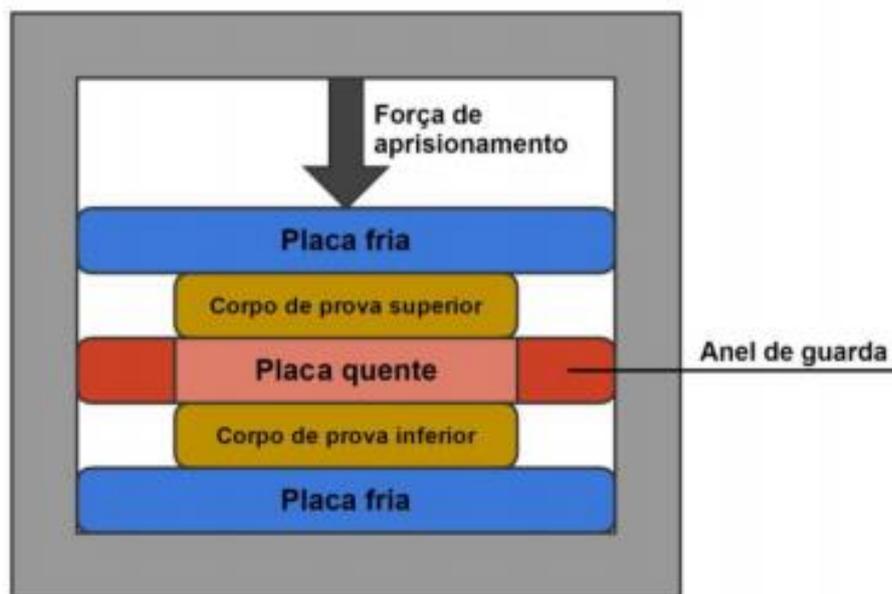


Figura 4. Montagem do conjunto para realização do ensaio de condutividade térmica.

Termopares do tipo T são posicionados nas duas faces de cada corpo-de-prova, em contato com as placas, indicando a variação de temperatura na qual a amostra é submetida. Com as placas frias controladas a uma temperatura apropriada, fornece-se uma potência elétrica na placa quente de modo a estabelecer o regime de temperatura pré-definido.

O sistema é considerado em equilíbrio permanente a partir do momento que o valor da potência dissipada pela placa quente não varia mais. O valor da potência é utilizado para a determinação do fluxo de calor que a amostra está submetida e com a variação de temperatura estabelecida sobre as faces do corpo-de-prova são determinadas as propriedades térmicas do material.

Foram utilizadas as normas ABNT NBR 11627:1990, ABNT NBR 15575:2013, ABNT NBR 148103:2006 e ASTM C 177.

Conforme recomendações da IEC 61672-1, para avaliação do isolamento acústico, utilizou-se um computador, um amplificador, um alto falante (40W RMS e resposta de frequência de 22 a 30.000 Hz), um microfone de cápsula dinâmica (resposta de frequência de 40 a 18.000 Hz) e um decibelímetro.

Na saída de áudio do computador, foi conectado o alto-falante ligado ao amplificador. Na saída da placa de som deste computador, foi conectado o

microfone. Desta forma, o som emitido pelo alto-falante era também gravado no computador.

Segundo Ançano (2007), o isolamento acústico depende de algumas propriedades do material, como: dimensões, umidade e densidade. Optou-se por realizar o ensaio em um dia em que a umidade relativa do ar estava em 20%.

Foi desenvolvida uma barreira acústica de madeira, com 1 m³. No seu interior, foi posicionado o alto-falante. Em um primeiro momento, foram coletados os valores somente do alto-falante. Em seguida, coletaram-se os valores sem as chapas contendo fibra de coco, somente com a barreira de madeira. Posteriormente, elas foram adicionadas, e repetiu-se a emissão sonora (Fig. 5).

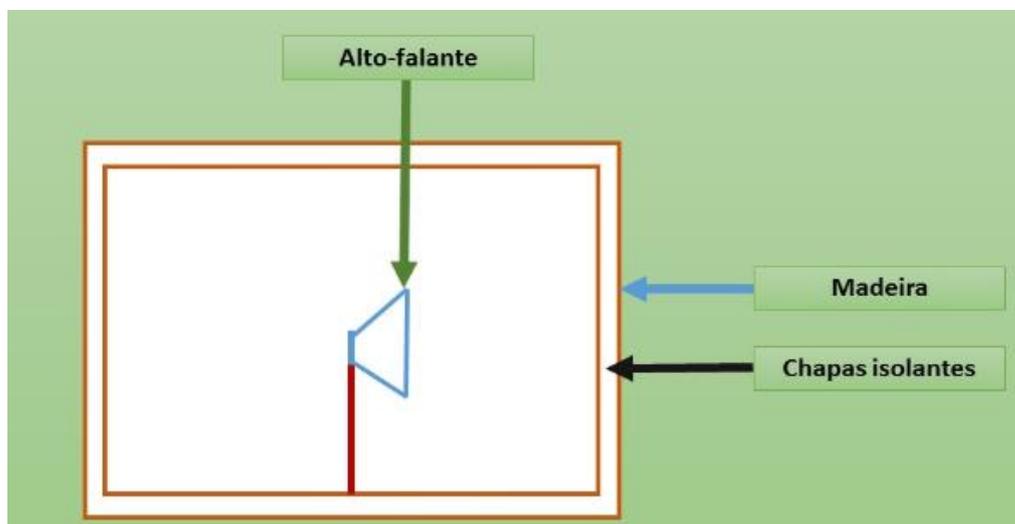


Figura 5. Ensaio para isolamento acústico.

O experimento foi realizado em um terreno gramado, plano e livre de obstáculos, de modo a evitar a reflexão dos sons (OLUKUNLE et al. 2018). Através de um programa do computador (FL studio), emitiu-se o ruído que foi medido com o auxílio de um decibelímetro (MINIPA-MSL1352C) a um metro de distância do alto-falante, como consta na norma IEC 61672-1.

As coletas de dados foram realizadas na ausência de vento e de precipitação. Foram efetuadas oito leituras para cada caso (sem a caixa, com caixa e caixa com isolamento nos 6 lados).

Como consta na norma técnica L11.031 (1986), mediu-se o ruído de fundo. Este ruído, deve apresentar em um período de 5 minutos a variação

menor ou igual a 6db, entre o valor máximo e mínimo (CETESB, 1992). Portanto, utilizou-se do software FL STUDIO e do microfone de cápsula dinâmica, para determinar a variação.

O ensaio de determinação do isolamento ao ruído consiste na aplicação do compósito por entre duas paredes de gesso acartonado standard, no estilo drywall, construída na abertura interna da câmara reverberante, com dimensão total de 4,12 x 3,20 m.

A parede ensaiada foi montada de acordo com a tipologia 95/70/600/MS/1ST12,5+1ST12,5/BR/Copex 30 e com peso aproximado de 21,8 Kg/m². Um desenho simplificado em corte da parede avaliada é mostrado na (Fig. 6) (sem escala).

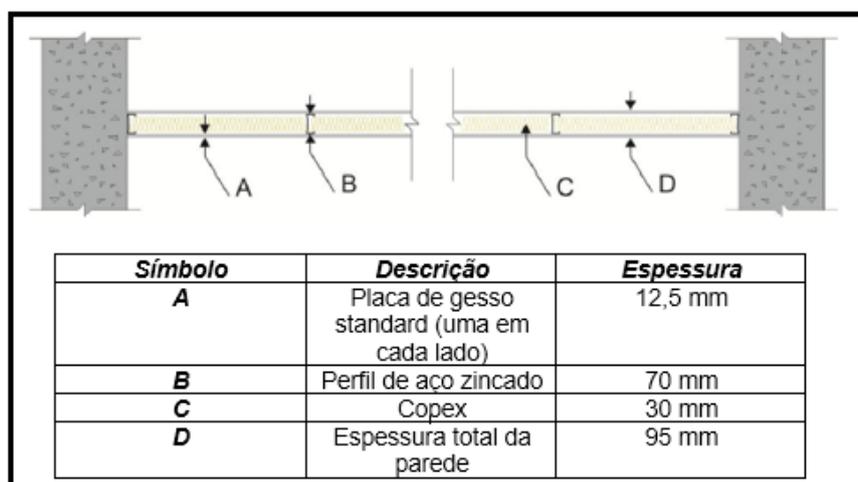


Figura 6. Ensaio para isolamento acústico.

Os ensaios ocorreram na câmara reverberante do laboratório de acústica da UFSM. As câmaras são construídas em concreto armado com 30 cm de espessura, apoiadas sobre borrachas especiais anti-vibração. As portas são duplas com chapas de aço com espessura de 12,7 mm, tendo em todo seu entorno uma borracha para vedação, assim garantindo boa estanqueidade.

Na figura 7, está presente uma demonstração do laboratório de acústica.

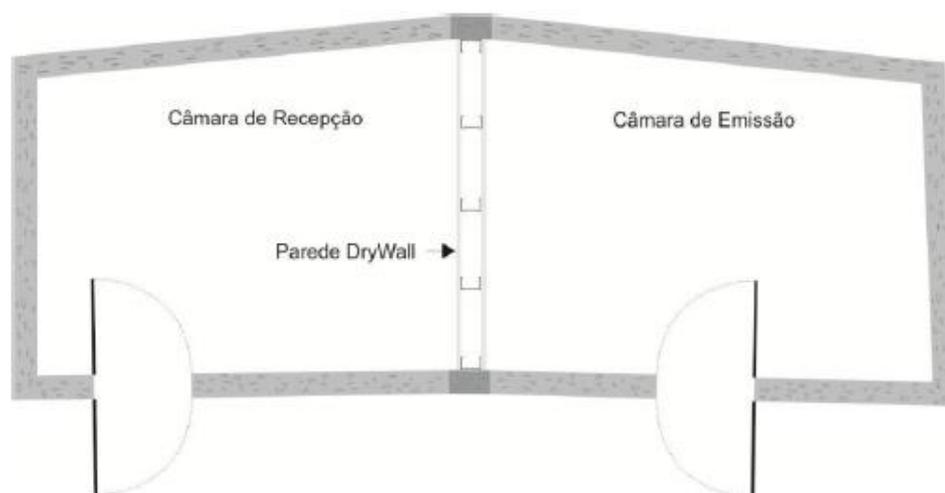


Figura 7. Ensaio para isolamento acústico.

A Tabela 2 indica as condições de temperatura e de umidade no interior da câmara reverberante, durante a realização do ensaio.

Tabela 2. Temperatura e umidade no interior da câmara reverberante.

Ensaio	Temp. ambiente (°C)	Umidade Relativa (%)
Parede em Drywall	20	63

RESULTADOS

Os compósitos foram submetidos a um gradiente de temperatura estável e constante, a partir de um fluxo de calor em regime permanente. A partir do momento em que o software encontrou a estabilização do sistema, foram registrados os valores da condutividade térmica dos corpos de prova superior e inferior em quatro intervalos de 30 minutos. A média dos valores apresentados corresponde ao valor da condutividade térmica para o material ensaiado.

Os testes foram realizados com as placas contendo breu, éster de breu e resina hidrocarbônica na proporção de 40% sobre a massa de fibra. A média obtida de todas as amostras foi de 0,062 W/m*K e o desvio padrão amostral foi de 0,0096. Os valores coletados no ensaio são apresentados na Figura 8.

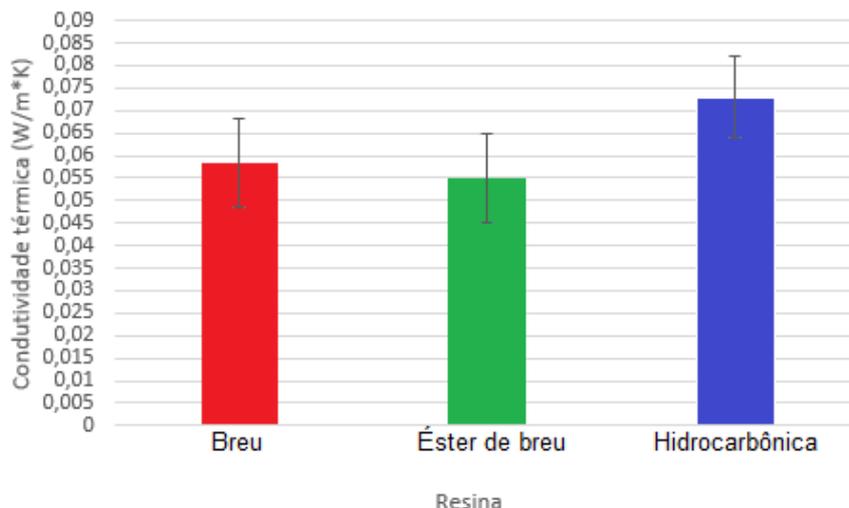


Figura 8. Valores coletados no ensaio de condutividade térmica.

A média obtida da condutividade térmica nos compósitos contendo breu na composição foi de 0,0582 W/m*K. Com éster de breu na composição, foi de 0,05498 W/m*K e com resina hidrocarbônica, foi de 0,0729 W/m*K.

Quando submetidas ao ensaio de absorção de água, observou-se que as chapas contendo breu na composição retêm mais líquido quando comparada à chapa que possuía éster de breu e resina hidrocarbônica na estrutura. A amostra que apresentou melhores resultados foi a que possuía 40% de éster de breu na composição, retendo 4,3% de água durante o período de 2 horas e 9% em 24 horas.

Na figura 9, estão presentes as densidades de cada chapa utilizada no ensaio e Na tabela 3 e 5 são apresentados os valores referentes à absorção após 2 e 24 horas.

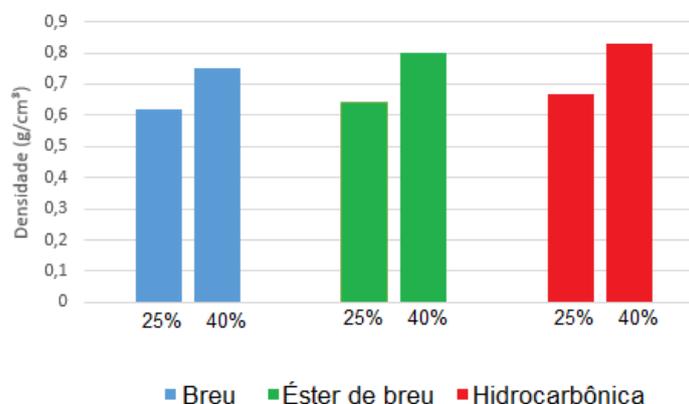


Figura 9. Densidade das chapas utilizadas no ensaio.

Observando a figura 9, percebe-se que houve uma pequena variação nas densidades das amostras dos compósitos. Apesar dessas variações, os compósitos contendo 25% de resina na composição, apresentaram densidade média de $0,64 \text{ g/cm}^3$ e a média os compósitos contendo 40% de resina, foi de $0,79 \text{ g/cm}^3$, correspondendo assim, a faixa esperada de densidade dos compósitos.

Os compósitos são normalmente produzidos com densidade no intervalo de $0,59$ a $0,80 \text{ g/cm}^3$ (IWAKIRI et al., 2005).

Na figura 10, está presente o gráfico contendo a porcentagem de absorção de água nos compósitos com 25% de resina na composição.

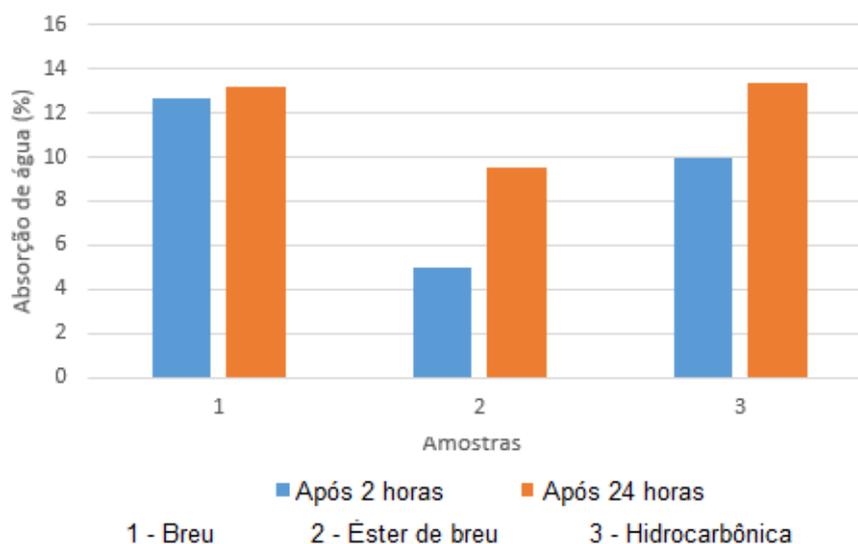


Figura 10. Esquema apresentando a absorção de água nos compósitos contendo 25% de resina.

As porcentagens de absorção de água nos compósitos contendo 25% de resina, encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Valores das chapas com 25% de resina.

Resina	Absorção após 2 horas (%)	Absorção após 24 horas (%)
Breu	12,7	13,2
Éster de breu	5	9,5
Hidrocarbônica	10	13,4

Na figura 11, está presente o gráfico contendo a porcentagem de absorção de água nos compósitos com 40% de resina na composição.

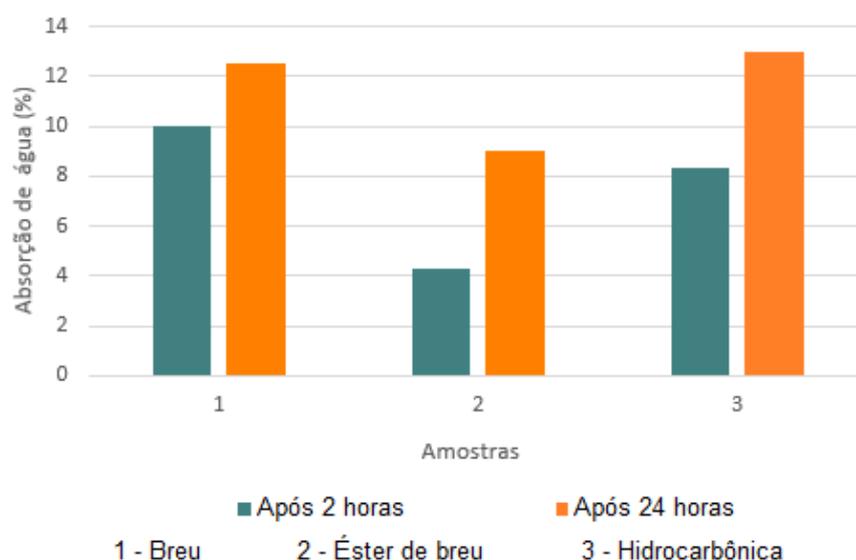


Figura 11. Esquema apresentando a absorção de água nos compósitos contendo 40% de resina.

As porcentagens de absorção de água nos compósitos contendo 40% de resina, encontram-se na tabela 5.

Tabela 5. Valores das chapas com 40% de resina.

Resina	Absorção após 2 horas (%)	Absorção após 24 horas (%)
Breu	10,0	12,5
Éster de breu	4,3	9,0
Hidrocarbônica	8,3	13,0

Os valores encontrados para os compósitos que contém éster de breu, estão dentro do padrão estabelecido, absorção máxima de 5% e 12% após 2 e 24 horas, respectivamente. A norma ASTM D570-98, que regulamenta este ensaio.

O compósito que não possui resina na composição, após 24 horas de absorção de água, perde sua estrutura e as fibras se separam (MORETTO & MISTURINI, 2015). Os compósitos desenvolvidos com breu, éster de breu e resina hidrocarbônica não perderam suas propriedades ao longo do ensaio.

Através do ensaio de inchamento, constatou-se que os compósitos contendo resina hidrocarbônica na composição absorveram mais água em

MORETTO et. al. 2020

relação aos demais. Na figura 12, estão presentes as porcentagens dos valores de inchamento em espessura.

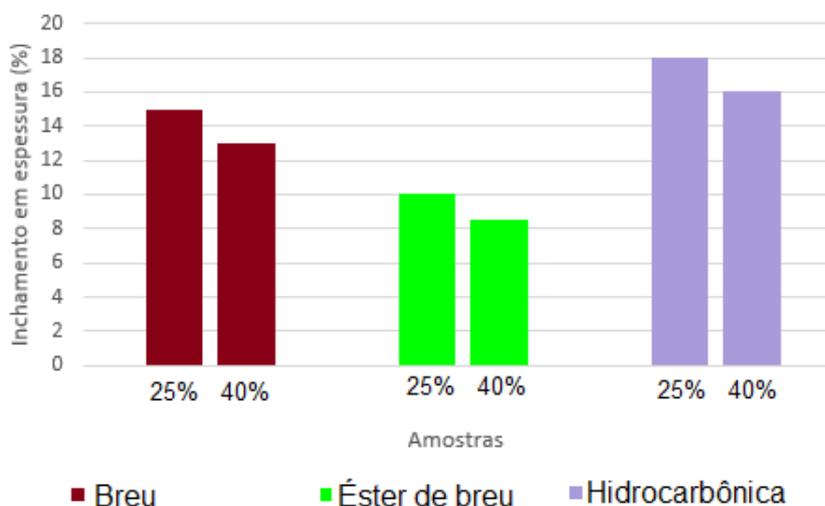


Figura 12. Variação do inchamento em espessura das amostras.

A média de inchamento das amostras contendo 25% de resina na composição foi de 14,3%. Já os compósitos contendo 40% de resina na composição, apresentaram média de 12,5%. Isso comprova a ação aglutinante da resina utilizada.

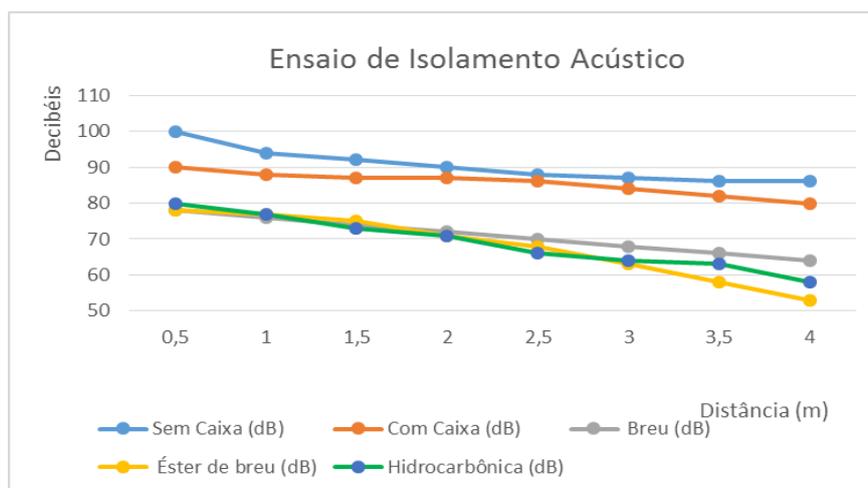
Para o ensaio do isolamento acústico das chapas, efetuaram-se oito leituras para cada caso (sem caixa; com caixa; com caixa e isolante desenvolvido pelo grupo). As chapas utilizadas para a realização do ensaio, possuíam 40% de resina na composição. Optou-se por utilizar as chapas com essa porcentagem de resina por apresentarem melhores resultados nos ensaios de condutividade térmica e de absorção de água.

Os valores obtidos durante o ensaio estão na tabela 6. O ensaio foi dividido em três partes: alto-falante emitindo ruído; alto-falante emitindo ruído com a caixa em seu contorno; e por fim, o alto-falante emitindo ruído com a caixa e o isolante acústico acoplado.

Tabela 6. Valores obtidos através do decibelímetro.

Sem Caixa (dB)	Com Caixa (dB)	Breu (dB)	Éster de breu (dB)	Hidrocarbônica (dB)
100	90	78	78	80
94	88	76	77	77
92	87	74	75	73
90	87	72	71	71
88	86	70	68	66
87	84	68	63	64
86	82	66	58	63
86	80	64	53	58

Na figura 13, está presente o gráfico referente aos valores coletados com o auxílio do decibelímetro. Houve uma redução média de aproximadamente 28db quando comparada a caixa com isolante acústico da caixa sem isolante acústico.

**Figura 13. Gráfico com os valores coletados com auxílio do decibelímetro.**

O ruído de fundo encontrado apresentou variação de 4db ao longo da análise. Foi determinado através do programa FL studio.

A nível de comparação, o mesmo ensaio foi efetuado por Ançano (2007). O resultado obtido aplicando-se madeira, ao invés do compósito como foi feito pelo grupo, foi uma redução média de 20,35 decibéis. Nesse ensaio, a madeira possuía 25 mm de espessura.

O professor Renato Brito, na sua tese de doutorado (2004), aplicou 40 mm de poliuretano expandido por entre as chapas de madeira. Constatou que houve uma redução média de 26 decibéis quando comparada à caixa sem isolante.

A tabela 7 apresenta o valor do índice de redução sonora R (dB), por faixa de frequência em terço de oitava para os valores medidos na parede em Drywall com o isolante desenvolvido.

Tabela 7. Resultados do ensaio de isolamento ao ruído aéreo.

Frequência (Hz)	R (dB)
100	13,2
125	20,6
160	30,9
200	36,5
250	41,7
315	45,0
400	45,0
500	51,2
630	60,0
800	61,2
1000	62,3
1250	63,2
1600	64,3
2000	65,4
2500	57,6
3150	45,1
4000	45,5
5000	48,7
630	60,0
800	61,2
1000	62,3

A figura 14 apresenta de forma gráfica os valores medidos de acordo com a tabela 7.

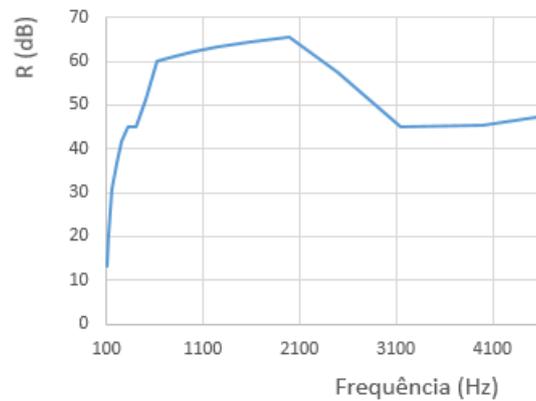


Figura 14. Parede em Drywall com isolante termo-acústico a partir da fibra de coco com éster de breu.

A parede em Drywall com isolante a partir da fibra de coco com éster de breu, apresentou índice de redução sonora ponderado R_w (dB): 47 de acordo com a norma ISO 717-1, determinado pelo método de precisão realizado em laboratório.

Uma análise microscópica dos compósitos foi feita antes e após o ensaio de absorção de água. Uma área do compósito foi circulada, para que pudesse servir como referência para as outras análises. Na figura 15 estão dispostas as imagens das análises microscópicas.

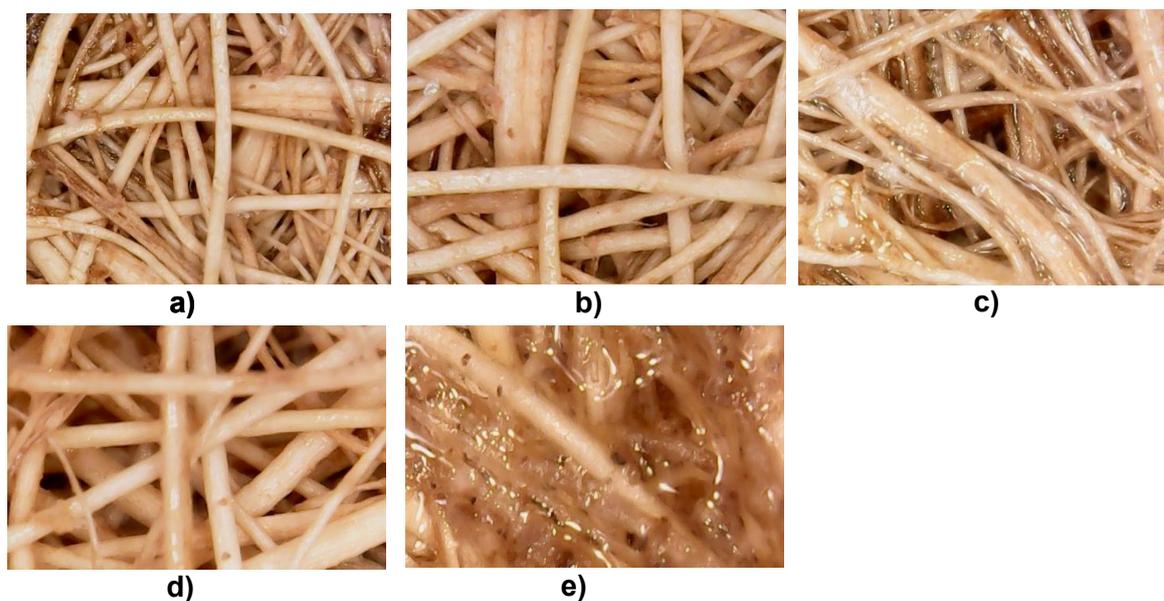


Figura 15. a) Fibra de coco e éster de breu; b) Compósito com as alterações realizadas; c) Compósito após o ensaio de absorção de água; d) Chapa sem resina na composição; e) Chapa após submersão em água.

Na figura 15 a) pode-se observar que houve a interação da fibra com a resina ao longo do corpo. Observou-se que o éster de breu se concentrou em algumas partes, formando pequenas partes sólidas, visíveis somente através do microscópio. Com as demais resinas, houve a interação com a fibra sem formar parte sólida.

Para melhorar este aspecto, o tempo de conformação das chapas pode ser alterado de dez para quinze minutos, permanecendo com a mesma temperatura. Além disso, o éster de breu pode ser triturado, sendo prensado junto a fibra como um pó. Essa correção faz com que a quantidade de resina possa ser reduzida, fazendo com que o custo do compósito também decaia. Na figura 15 b) está presente o compósito com as alterações realizadas (redução de 4% de resina e éster de breu triturado). Constatou-se que a resina cria uma camada protetora quando a água adentra as ramificações, fazendo com que a chapa garanta sua conformidade por um tempo superior imerso em água, como constatado no ensaio de absorção de água. Na figura 15 c) está o compósito contendo éster de breu após a realização do ensaio de absorção de água.

Observou-se que as fibras não permaneceram conformadas quando o compósito era manuseado. Após submeter uma força de compressão no corpo da chapa, as fibras rapidamente se deslocaram, deixando de ser conformado. Na figura 15 d) está presente a chapa utilizada na análise. A chapa que não possui resina na composição, perde sua estrutura após 24 horas submersa em água. Na figura 15 e) está a análise microscópica que ocorreu após 2 horas de submersão em água, enquanto a estrutura ainda permanecia compactada. Entretanto, pode-se observar na figura 15 e) que houve uma grande retenção de água durante esse período. A porcentagem de água absorvida pela chapa sem resina, após o período de 2 horas, é de aproximadamente 54% (MORETTO & MISTURINI, 2015).

CONCLUSÃO

A aplicação da fibra de coco junto ao éster breu como isolante termo-acústico se torna uma alternativa para resolver problemas oriundos da alta produção desse fruto. Além disso, possui tanino na composição, que age inibindo a ação de fungos e ácaros, principais agentes causadores da alergia.

A fibra de coco, quando manufaturada e conformada em chapas, torna-se uma excelente opção no que tange ao isolamento térmico e acústico, possuindo uma área ampla de aplicação. A produção em larga escala, faz com que o custo do compósito seja reduzido consideravelmente, apresentando potencial de se destacar no mercado, devido ao baixo custo e alta qualidade. Dessa forma, pessoas que sofrem com o calor excessivo, principalmente no Norte e Nordeste brasileiro, terão a oportunidade de adquiri-lo.

A chapa que possui 40% de éster de breu na composição, foi a que apresentou melhores resultados nos ensaios. A condutividade térmica foi de 0,05498 W/m*K, estando próxima dos valores encontrados em isolantes térmicos presentes no mercado.

Em relação ao teor de resina, pode-se concluir que o éster de breu formou pequenos grãos sólidos que foram observados na análise microscópica. A partir disso, a resina foi triturada e o tempo de conformação foi alterado para quinze minutos, fazendo com que a resina se ligasse às fibras ao longo do corpo, não mais em pequenas regiões.

Para a continuação do projeto, pode-se realizar os ensaios de ruído aéreo em campo e/ou laboratório, ruído ambiental e de local de trabalho, ruído de impacto aéreo em laboratório e/ou campo, tendo como objetivo verificar a possível aplicação das chapas como isolante termo-acústico entre andares de edifícios.

REFERÊNCIAS

ALI, M. **Seismic performance of coconut-fibre-reinforced-concrete columns with different reinforcement configurations of coconut-fibre ropes**. Construction and Building Materials, Vol. 70, 2014, Pp 226-230 DOI: [10.1016/j.indcrop.2017.08.067](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.067)

MORETTO et. al. 2020

AL-OQLA, F. M., MOHD, S. S. **Natural fiber composites**. Materials Selection for Natural Fiber Composites, 2017, Pp 23-48. DOI: [10.1016/B978-0-08-100958-1.00002-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100958-1.00002-5)

ANÇANO. **Efeito das diferentes madeiras no isolamento acústico**. p.673, Curitiba, 2007.

ARAGÃO, W.M.et al. **Produção de fibra de cultivares de coqueiro**. Aracaju: Embrapa, 2005. 4 p. Comunicado Técnico n. 36.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR:2004.

Relatório técnico de caracterização de resíduos sólidos. 2014.

ASTM. Standard Test Method for Water Absorption. ASTM D570, 2010. Disponível em: > <http://www.astm.org/Standards/D570><. Acesso em 04 abr. 2016.

CATAI, Rodrigo. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Nov, 2006.

CETESB. **Norma Técnica L11.032**. Jul., 1992. Norma técnica.

GONÇALVES, F. A. C., AMARAL, E. L. S., LOPES JUNIOR, J. L., LOPES, B. L. S., RIBEIRO JUNIOR, L. S., BRABO, D. R., AMARANTE, C. B. **Plant Fibers: General Aspects, Utilization, Technological Innovation and use in Composites**. Espacios Vol. 39 (Nº 06) Ano 2018 Pág. 12.

HWANG, CHAO-L., TRAN, VU-A., HONG, JHIH-W., HSIEH, YOU-C. **Effects of short coconut fiber on the mechanical properties, plastic cracking behavior, and impact resistance of cementitious composites**. Construction and Building Materials, Volume 127, 2016, Pp 984-992 DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2016.09.118](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.118)

IWAKIRI, S. **Painéis reconstituídos**. Curitiba: FUPEF, 2005. 274 p.

JUIKAR, S. J., VIGNESHWARAN, N. **Extraction of nanolignin from coconut fibers by controlled microbial hydrolysis**. Industrial Crops and Products, Vol.109, 2017, Pp 420-425 DOI: [10.1016/j.indcrop.2017.08.067](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.067)

KHAN, M., ALI, M. **Effect of super plasticizer on the properties of medium strength concrete prepared with coconut fiber**. Construction and Building Materials, Vol. 182, 2018, Pp 703-715 DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2018.06.150](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.150)

LIU, M., THYGESEN, A., SUMMERSCALES, J., MEYER, A. S. **Targeted pre-treatment of hemp bast fibres for optimal performance in biocomposite**

materials: A review. Industrial Crops and Products, Vol.108, 2017, Pp 660-683
DOI: [10.1016/j.indcrop.2017.07.027](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.027)

LOPES, G. B., BERLITZ, V. G., GERST, V. M., SILVA, S. A. **Avaliação da incorporação de resíduos de palmita à base de EVA – Poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] – no gesso acartonado.** Revista Liberato Vol. 15, Issue 23 (2014) pp. 65-71 DOI: [10.31514/rliberato.2014v15n23.p65](https://doi.org/10.31514/rliberato.2014v15n23.p65)

MARIMUTHU, K. P., KUMAR, S. M., KUMAR, V. R., GOVINDARAJU, H. K. **Characterization of Mechanical Properties of Epoxy Reinforced with Glass Fiber and Coconut Fiber.** Materials Today: Proceedings, Vol.16, Part 2, 2019, Pp 661-667 DOI:[10.1016/j.matpr.2019.05.143](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.143)

MATHAI. P. M. Coir. In: FRANCK, R. R. **Bastando ther plant fibers.** The TextileInstitute. Cambridge: Wood head Publishing Limited, 2005. p. 275-313.

MATTO, G.; ROSA, L. **Painéis elaborados com resíduos da casca de coco verde.** Fortaleza, Ceará. Dezembro, 2011.

MORETTO, B.F.; MISTURINI, G.D.; **Copex – isolante térmico ecológico.** 2015. 50 p. (Trabalho de conclusão). Curso técnico de mecânica, Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, 2015.

NAZARENO, J. C., SERRA, J. C. V., SOUSA, D. N. **Obtenção e caracterização de materiais compósitos constituídos de fibra de dendê (Elaeis guineensis).** Revista Liberato Vol. 19, Issue 32 (2018) pp. 157-167
DOI: [10.31514/rliberato.2018v19n32.p157](https://doi.org/10.31514/rliberato.2018v19n32.p157)

OLUKUNLE, B. G., UCHE, N. B., EFOMO, A. O., GIDEON, A., JOSHUA, J. K. **Data on acoustic behaviour of coconut fibre-reinforced concrete.** Data in Brief, Vol. 21, 2018, Pp1004-1007 DOI:[10.1016/j.dib.2018.10.133](https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.133)

RÍOS-Rivera, A., GARCÍA, V. J., GARCÍA-Zanabria, R., MÁRQUEZ Pereira. C. O., GARCÍA-Ríos, C., GARCÍA-Ríos, A. **Natural fibers as a carbonaceous substrate in the biodenitrification of fish farm effluents.** Espacios Vol. 39 (Nº 27) 2018. Pág. 26.

SENGUPTA, S., BASU, G. **Properties of Coconut Fiber.** Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 2016. DOI: [10.1016/B978-0-12-803581-8.04122-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.04122-9)

SKUPIN, G. **ECOFLEX F BX 7011: biodegradable polyester for compostable film.** 2004. Disponível em: <
<http://www.basf.com.br/default.asp?id=1216>> Acesso em 22 maio 2015.