

# Avaliação do Desempenho Mecânico e Termoacústico do Compósito Gesso-fibra de Bambu (*Bambusa Vulgaris*)

*Evaluation of Mechanical and thermoacoustic performace of plaster-bamboo fiber (Bambusa Vulgaris) composite*

**Raffaella Cristina da Silva Ferreira<sup>1</sup>**  
 [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

**Joyce da Cruz Lima<sup>2</sup>**  
 [orcid.org/0000-0003-4452-1038](https://orcid.org/0000-0003-4452-1038)

**Carlos Gomes de Lima<sup>3</sup>**  
 [orcid.org/0009-0007-5727-8889](https://orcid.org/0009-0007-5727-8889)

**José Getúlio Gomes de Sousa<sup>2</sup>**  
 [orcid.org/0000-0002-8151-0971](https://orcid.org/0000-0002-8151-0971)

**Sheila Daiane de Souza Rodrigues<sup>3</sup>**  
 [orcid.org/0000-0002-0902-1794](https://orcid.org/0000-0002-0902-1794)

**Acácio Figueiredo Neto<sup>4</sup>**  
 [orcid.org/0000-0002-0326-9123](https://orcid.org/0000-0002-0326-9123)

**Luis Iván Negrín Hernández<sup>5</sup>**  
 [orcid.org/0000-0002-8180-1285](https://orcid.org/0000-0002-8180-1285)

**Tyara Nunes Silva<sup>6</sup>**  
 [orcid.org/0009-0001-2717-5914](https://orcid.org/0009-0001-2717-5914)

**Nelson Cárdenas Olivier<sup>3</sup>**  
 [0000-0003-0501-4949](https://orcid.org/0000-0003-0501-4949)

<sup>1</sup>Edificações, Intituto Federal do Sertão Pernambucano, Petrolina, Brasil.  
E-mail: [raffaellacristina@gmail.com](mailto:raffaellacristina@gmail.com)

<sup>2</sup>Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil.

<sup>3</sup>Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil.

<sup>4</sup>Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil.

<sup>5</sup>Engenharia Mecânica, Universidade Central "Marta Abreu" de Las villas, Santa Clara, Cuba.

<sup>6</sup>Engenharia Civil, Universidade Tiradentes, Aracaju, Brasil.

**DOI: 10.25286/rep.v9i3.2753**

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Como citar este artigo pela NBR 6023/2018: Raffaella Cristina da Silva Ferreira; Joyce da Cruz Lima; Carlos Gomes de Lima; José Getúlio Gomes de Sousa; Sheila Daiane de Souza Rodrigues; Acácio Figueiredo Neto; Luis Iván Negrín Hernández; Tyara Nunes Silva; Nelson Cárdenas Olivier. Avaliação do Desempenho Mecânico e Termoacústico do Compósito Gesso-fibra de Bambu (*Bambusa Vulgaris*). Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v.9, n. 3, p. 45-55, 2024.

## RESUMO

A busca pela sustentabilidade na construção civil, contribui para o estudo de materiais alternativos que tenham um menor custo de produção e que cause um menor impacto ambiental. Nesse sentido, tanto o bambu quanto o gesso apresentam-se como materiais promissores devido as suas propriedades e a abundância de matéria-prima. Assim, essa pesquisa tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas, térmicas e acústicas de um compósito formado por gesso e fibras de bambu. Para isso, foram moldados corpos de prova com as relações água/gesso de 0,7 e 0,8, com a adição de fibras de bambu de 2%, 4% e 6% em relação a massa de gesso, sendo avaliados quanto à microestrutura da fibra, resistência à compressão axial, resistência à tração na flexão, condutividade térmica e isolamento acústico. Quanto aos resultados, foi observado que até 2% de fibras leva a um ganho de resistência à compressão e no isolamento acústico. Quanto a resistência à tração, a adição de fibra influencia de forma negativa. Em relação ao isolamento térmico, a adição de 6% de fibra foi mais efetiva. Assim, o uso de fibras é viável quando se opta pela produção de um compósito com função de isolamento termoacústico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gesso; Bambu; Fibras naturais; Isolamento térmico; Isolamento acústico.

## ABSTRACT

The demand for sustainability in civil construction contributes to the study of alternative materials that have a lower production cost and generate lower environmental impact. In this regard, both bamboo and gypsum present themselves as promising materials due to their properties and the abundance of raw materials. Thus, this research aims to evaluate the mechanical, thermal and acoustic properties of a composite formed by gypsum and bamboo fibers. For this, test specimens were molded with water/gypsum ratios of 0.7 and 0.8, with the addition of bamboo fibers of 2%, 4% and 6% in relation to the plaster mass, being evaluated for fiber microstructure, axial compression strength, flexural tensile strength, thermal conductivity and acoustic insulation. Regarding the results, it was observed that up to 2% of fibers leads to a gain in compression resistance and acoustic insulation. As for tensile strength, the addition of fiber has a negative influence. Regarding thermal insulation, the addition of 6% fiber was more effective. The use of fibers is viable when choosing to produce a composite with thermoacoustic insulation function.

**KEY-WORDS:** Plaster; Bamboo; Natural fibers; Thermal insulation; Soundproofing.

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade encontra-se presente na construção civil, onde o objetivo é a criação de compósitos a partir de materiais já existentes, buscando uma produção ambientalmente correta [1]. O compósito é obtido a partir da união de materiais (sendo uma matriz e um reforço) com o intuito de obter um produto com melhores propriedades do que quando analisados de forma isolada. Na engenharia, normalmente é utilizado um material cerâmico frágil (matriz) em conjunto com uma fibra dúctil (reforço) [2]. O reforço a ser utilizado pode ser sintético (fibras poliméricas) ou natural (fibras vegetais) [3].

O gesso é uma matriz cerâmica frágil de vasta aplicação na construção civil desde a antiguidade. No Brasil, o maior produtor dessa matéria-prima é o Polo Gesso do Araripe [4]. O gesso pode ser produzido a partir da gipsita ou de sulfatos de cálcio oriundos de resíduos industriais [5]. Na gipsita, as moléculas de água e sulfato de cálcio estão em camadas alternadas, enquanto no hemidrato, as moléculas de água estão dispostas entre as cadeias de sulfato de cálcio, o que facilita a perda de água sem danificar a estrutura [6].

O gesso apresenta entre suas características baixo custo de produção, capacidade de isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo, versatilidade quanto a aplicação (revestimento ou fabricação de pré-moldados), além de apresentar a possibilidade de ser reciclado [7,8]. No entanto, as suas propriedades mecânicas são consideradas baixas quando comparadas a outros aglomerantes [9]. Deste modo, nas últimas décadas houve vários estudos relacionados com a melhoria das propriedades do gesso, como a produção de compósitos a partir da incorporação de fibras de bananeira, coco, caroá, sisal, cana-de-açúcar, eucalipto, palma e bambu [3, 10-18].

O bambu pertence à família Poaceae e à subfamília Bambusoide, formando parte da ordem Graminaes, da classe Monocotyledoneae, que é uma divisão das Angiospermeae [19]. Os constituintes químicos básicos do bambu são celulose, hemicelulose e lignina. A celulose e a hemicelulose estão presentes na forma de holocelulose e a maior parte da celulose está presente na fibra. Já a lignina funciona como um aglutinante ou como uma matriz para as fibras de celulose [20]. Sua estrutura integrada ajuda a resistir ao ambiente natural, uma vez que uma fibra de bambu contém várias fibrilas que são compostas de muitas celulosas torcidas e alongadas. Assim, uma pequena fibra de

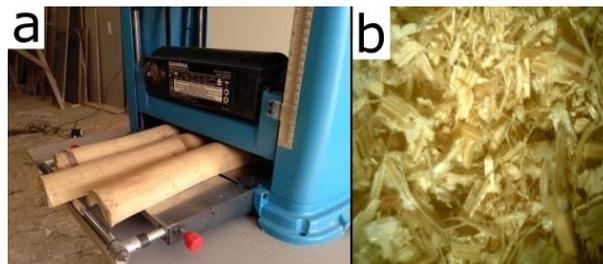
aproximadamente 1 cm de comprimento pode ser dobrada em 180° ou mais. Desse modo, sua microestrutura contribui para a resistência ao vento ou a outras condições ambientais [21].

Diante disso, o presente trabalho visa analisar as propriedades mecânicas, térmicas e acústicas de um compósito formado por gesso e fibras de bambu. Dessa forma, busca-se contribuir com uma alternativa ambientalmente sustentável, que possa ser utilizada na construção civil.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados o gesso de fundição e fibras de bambu da espécie *Bambusa Vulgaris*, de 8 anos de idade, seco a temperatura ambiente por cerca de 2 meses. A fibra do bambu foi obtida por meio da trituração do colmo do bambu em uma Plaina Desengrossadeira de 12,5". Em seguida, o material obtido foi peneirado em uma malha com abertura de 2,36 mm, sendo descartado o material retido na peneira, conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1** – a. Equipamento utilizado para produzir as fibras. b. Fibra de bambu.



**Fonte:** Os Autores.

Em etapas prévias foram realizadas quatro misturas com 6%, 10%, 15% e 20% de fibra e com a relação água/gesso de 0,8 e 0,9. A partir dessa análise inicial, observou-se que para adições acima de 10% de fibra de bambu, em relação a massa de gesso, houve um retardamento significativo no tempo de início da pega. Tal comportamento se deve à constituição do amido da fibra de bambu, que exposto a um meio fortemente alcalino se degrada em açúcares como a glicose, frutose e sacarose, chegando em alguns casos a inibir quase que totalmente a pega da mistura [10].

Desse modo, foram fixados os percentuais de 2, 4 e 6% de fibra em relação a massa de gesso. Além disso, quanto à relação água/gesso, ao aumentar a quantidade de água na mistura houve uma queda considerável das propriedades mecânicas. Assim, com o intuito de contornar esse problema, a relação a/g foi fixada em 0,7 e 0,8, em vez de 0,8 e 0,9.

O Quadro 1 mostra a matriz utilizada na pesquisa.

**Quadro 1** – Matriz utilizada na pesquisa.

DENOMINAÇÃO	TIPO	RELAÇÃO ÁGUA/GESSO	FIBRA (%)
REF7	Referência	0,7	0
CFB7_2	Compósito	0,7	2
CFB7_4	Compósito	0,7	4
CFB7_6	Compósito	0,7	6
REF8	Referência	0,8	0
CFB8_2	Compósito	0,8	2
CFB8_4	Compósito	0,8	4
CFB8_6	Compósito	0,8	6

Fonte: Os Autores.

A caracterização do gesso utilizado na pesquisa está presente na Tabela 1.

**Tabela 1** – Caracterização do gesso utilizado na pesquisa.

ENSAIO	VALOR NORMATIVO NBR 13207 [25,26]	VALOR OBTIDO
CONSISTÊNCIA NORMAL* (mm)- NBR 12128 [22]	-	0,53
DUREZA SUPERFICIAL (N/mm <sup>2</sup> )- NBR 12129 [23]	≥ 20 N/mm <sup>2</sup>	37,94 N/mm <sup>2</sup>
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL (MPa) - NBR 12129 [24]	≥ 8,4 MPa	14,76 MPa

\*A consistência normal deve ser apresentada como a relação água/gesso encontrada para a penetração de 30 ± 2 mm.

Fonte: Os Autores.

Os métodos utilizados tanto para os corpos de prova de referência, quanto para os corpos de prova com a adição de fibra, estão descritos no Quadro 2.

**Quadro 2** – Métodos utilizados para avaliar as propriedades.

ANÁLISE	MÉTODO
MICROESTRUTURA DA FIBRA	MEV
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	NBR 12129 [24]
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa)	NBR 132079 [27]
CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/M.K)	NBR ISO 8894-1 [28]
ISOLAMENTO ACÚSTICO (DB)	EN ISO 10140-2 [29]

Fonte: Os Autores.

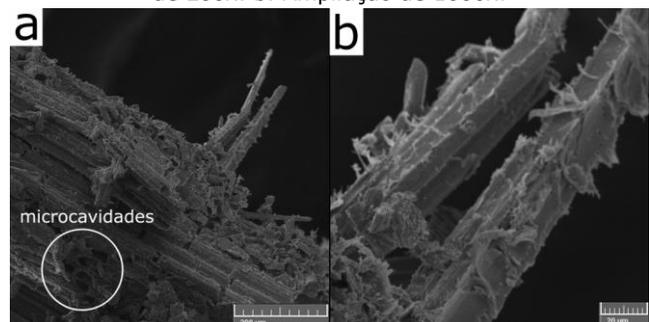
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos ensaios, os resultados obtidos permitiram uma avaliação da microestrutura, resistência mecânica à compressão e à tração, além da avaliação da capacidade de isolamento térmico e acústico do compósito gesso-fibra de bambu.

#### 3.1 MICROESTRUTURA DA FIBRA E ASPECTO VISUAL DO COMPÓSITO

A Figura 2 mostra uma micrografia da fibra obtida por meio de microscópio eletrônico de varredura, onde é possível observar o sentido longitudinal da fibra com uma superfície irregular, com cavidades, microcavidades e relevos.

**Figura 2** – Micrografia da fibra de bambu. a. Ampliação de 200x. b. Ampliação de 1000x.

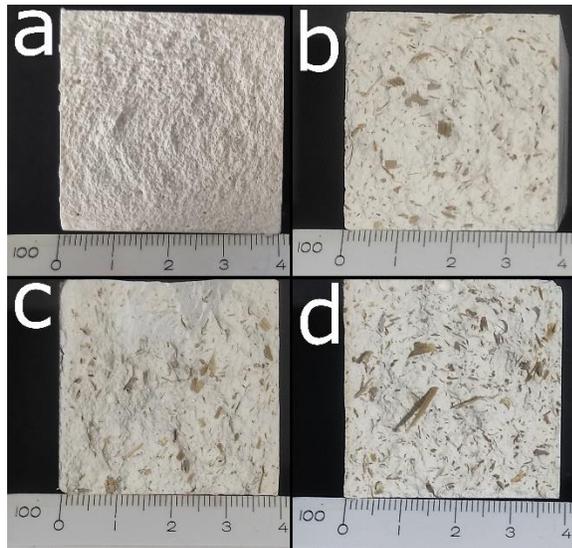


Fonte: Os Autores.

Ao utilizar fibras de bambu como reforço, deve-se levar em consideração a forma geométrica da seção transversal da fibra, que pode ser circular ou elíptica. A forma elíptica confere um maior empacotamento e melhor ancoragem na matriz do que as fibras de forma circular [30].

Na Figura 3 é possível ver a matriz do material de referência e a matriz do compósito.

**Figura 3** – Amostras do corpo de prova com relação água/gesso igual a 0,7 – escala 1/100. a. Material sem adição de fibra. b. Compósito com 2% de fibra. c. Compósito com 4% de fibra. d. Compósito com 6% de fibra.



Fonte: Os Autores.

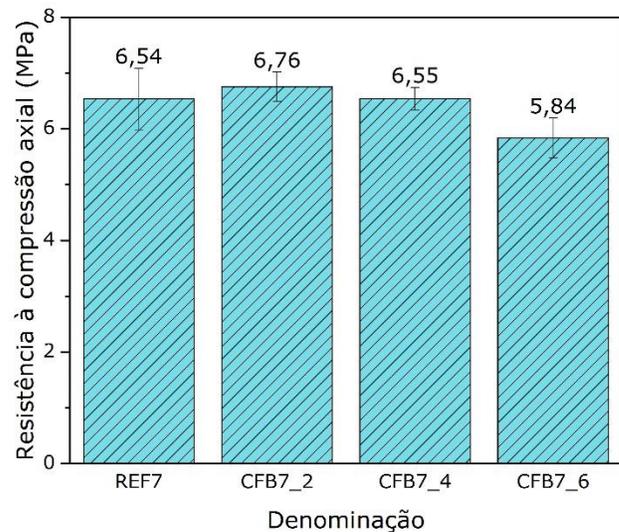
Observa-se que as fibras estão dispostas de forma aleatória e apresentam um comprimento não uniforme. Tal configuração influencia nas propriedades mecânicas do compósito.

Quando se trata de elementos com fins estruturais uma atenção maior deve ser dada a distribuição das fibras na matriz, de modo que, é importante que as fibras sejam alinhadas considerando a direção dos esforços atuantes na estrutura. Nesses casos, costuma-se pensar no reforço com a incorporação de tecidos (fibras entrelaçadas em duas direções) a serem obtidos com as fibras de interesse [31, 32].

### 3.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

De acordo com a Figura 4, pode-se observar que o material moldado com a relação a/g de 0,7 apresentou um ganho de 3,36% na resistência com a adição de 2% de fibra. Com a adição de 4%, o ganho de resistência foi de 0,15%. No entanto, a adição de 6% de fibra, resultou em uma redução de 10,70% da resistência, em relação ao material de referência.

**Figura 4** – Resistência à compressão com os corpos de prova moldados com a relação a/g de 0,7.



Fonte: Os Autores.

O resultado obtido está em consonância ao descrito na literatura, uma vez que foi observado que a resistência aumenta até determinado percentual e posteriormente começa a reduzir a medida em que é adicionado mais fibra [3, 33].

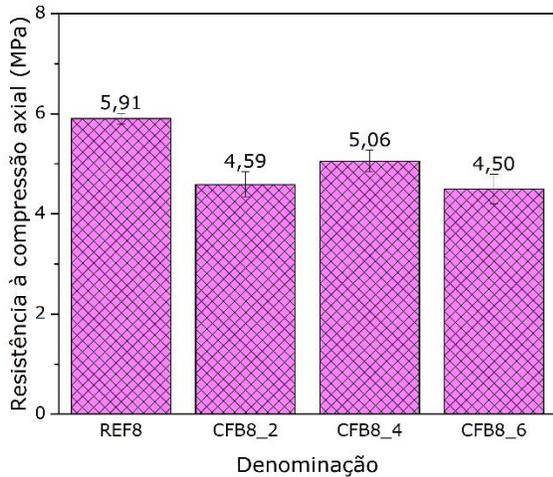
Segundo Alvarenga *et al.* [3], a redução da resistência com o aumento de fibras se dá em virtude do ar aprisionado entre as fibras e pela baixa aderência entre a fibra e a matriz de gesso.

Alvarenga *et al.* [3], avaliaram a adição de diferentes percentuais de bambu (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%) da espécie *Bambusa tuldooides* como reforço da matriz de gesso. Os autores puderam observar que a adição de até 15% de fibra levou a um incremento de resistência e que percentuais acima de 15% resultaram na redução da resistência, em relação ao valor de referência.

AL-Ridha *et al.* [33] verificou que a adição de 1% de fibra resultou em um aumento de 11,4% em relação ao material de referência, enquanto que a adição de 2% de fibra de sisal resultou num aumento de apenas 1,1% na resistência, ambos com a relação a/g de 0,5. No entanto, ao aumentar o comprimento da fibra, os pesquisadores observaram um aumento na resistência tanto com o percentual de 1%, quanto com 2% de fibra.

Para a relação água/gesso igual a 0,8, a adição de 2% de fibras resultou na redução da resistência à compressão em 22,33%, com a adição de 4% a redução foi de 14,38% e para 6% de fibra a redução foi de 23,86%, se comparado ao material de referência, conforme mostra a Figura 5.

**Figura 5** – Resistência à compressão com os corpos de prova moldados com a relação a/g de 0,8.



Fonte: Os Autores.

Esse comportamento foi diferente do observado por outros autores, que verificaram um aumento na resistência com a adição de até 2% e com a relação água/gesso próxima ou igual a 0,8 [16,17]. Essa diferença pode ser em virtude do tamanho das fibras usadas nas pesquisas, uma vez que Silva [13] observou que a adição de fibras com comprimentos maiores ou em um percentual maior, levaram a uma redução da resistência mecânica em relação a amostra de referência. As fibras usadas na presente pesquisa não tinham tamanhos e espessuras uniformes, o que pode ter contribuído de forma negativa na resistência à compressão.

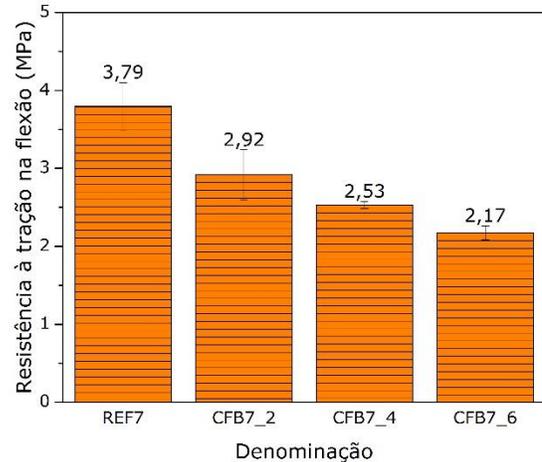
Nunes [16] avaliou a adição de 0%, 1%, 2% e 3% de fibra de cana-de-açúcar na matriz do gesso com a relação a/g de 0,8. A autora concluiu que houve aumento da resistência até a adição de 2%, acima desse valor houve redução da resistência. Araújo *et al.* [17] avaliaram a adição de 0%, 1%, 2% e 3% de fibra de cana-de-açúcar, com uma relação a/g de 0,75. Os autores perceberam que com a adição de até 2% houve um acréscimo de resistência.

Segundo a NBR 13207 [26], o gesso de construção deve apresentar uma resistência mínima de 8,40 MPa. Vale ressaltar que, o valor normativo se refere a uma amostra moldada com a consistência normal, que não é o caso deste estudo. Sabendo que a relação água/gesso pode interferir diminuindo as propriedades mecânicas, era esperado que os corpos de prova com relação água/gesso 0,8 fossem inferiores aos produzidos com a proporção 0,7, como foi possível visualizar com os resultados.

### 3.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

De acordo com as Figuras 6 e 7, é possível observar que a medida em que mais fibra foi adicionada, houve uma redução da resistência à tração na flexão, tanto para a relação a/g de 0,7 quanto 0,8, sendo os percentuais de redução, próximos para as duas relações a/g.

**Figura 6** – Resistência à tração na flexão com os corpos de prova moldados com a relação a/g de 0,7.

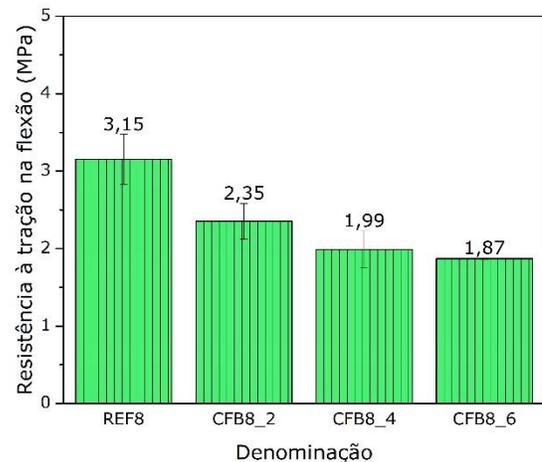


Fonte: Os Autores.

Para a relação a/g de 0,7 a incorporação de fibra resultou em uma redução, em relação ao valor de referência, de 22,96%, 33,25% e 42,75% para as adições de 2%, 4% e 6%, respectivamente.

Quanto a relação a/g de 0,8 a redução foi, em relação ao valor de referência, de 25,40%, 36,83% e 40,63% para as adições de 2%, 4% e 6%, respectivamente.

**Figura 7** – Resistência à tração na flexão com os corpos de prova moldados com a relação a/g de 0,8.



Fonte: Os Autores.

Os resultados obtidos para a resistência à tração foram similares aos obtidos por Silva [13], que obteve uma menor resistência à tração ao adicionar 2% e 3% de fibras de coco e de caroá. No entanto, os resultados divergiram dos encontrados por outros pesquisadores.

Machado [10] identificou um aumento de 14,71% na resistência à flexão de placas de gesso com a adição de 15% de fibra de bambu da espécie *Phyllostachus pubescens*, em relação às placas sem fibra. Araújo *et al.* [17] observou um acréscimo na resistência com a adição de 1% de fibra de cana-de-açúcar, no entanto, para valores acima de 1% houve uma redução na propriedade. Oliveira *et al.* [14] avaliou a adição de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% de fibra de madeira de eucalipto e obteve um aumento progressivo da resistência à flexão com o aumento da porcentagem de reforço.

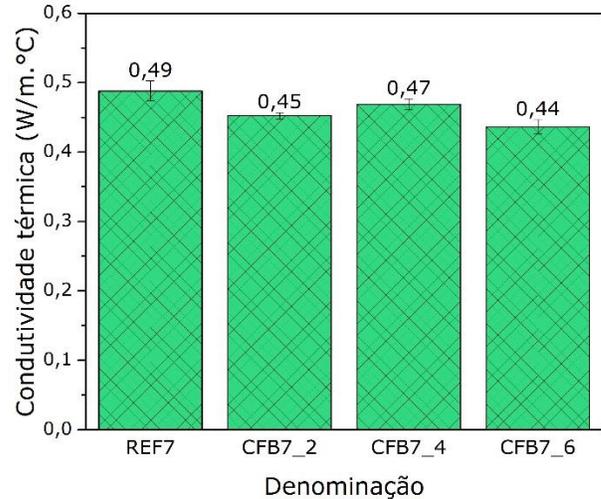
Segundo Beraldo [34], em seu estudo sobre compósitos reforçados com fibra de bambu, foi constatado que para se obter maiores resistências mecânicas a fibra deve receber um tratamento prévio, uma vez que a modificação química remove parcialmente hemicelulose, lignina, resíduos e graxas solúveis em meio alcalino, provocando a diminuição no grau de agregação das microfibrilas, resultando em fibras mais resistentes. Além disso, o uso de fibras descontínuas e dispostas aleatoriamente, segundo Callister [35], reduz a sua eficiência a apenas 1/5, quando comparada a essa mesma fibra utilizada de forma contínua e unidirecional.

### 3.4 CONDUTIVIDADE TÉRMICA

De acordo com a Figura 8, é possível observar que os valores obtidos com a adição de fibra, em relação ao material de referência (REF7), mantiveram-se próximos.

De maneira geral, a adição da fibra levou a uma pequena redução da condutividade térmica, de modo que, para a relação a/g de 0,7 a incorporação de fibra resultou em uma redução, em relação à referência, de 8,16%, 4,08% e 10,20% para as adições de 2%, 4% e 6%, respectivamente.

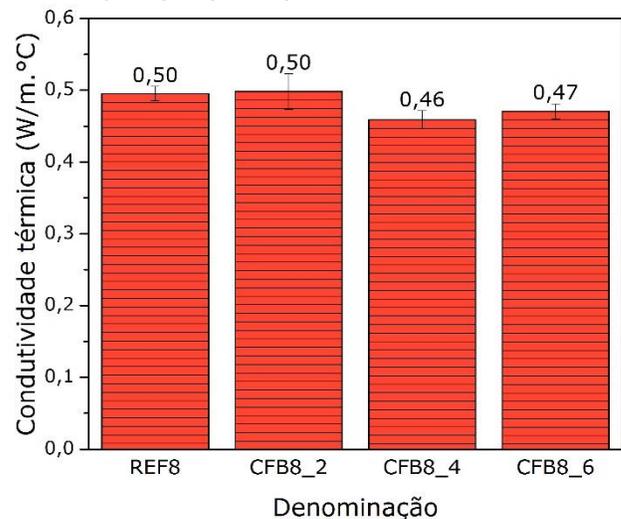
**Figura 8** – Condutividade térmica dos corpos de prova com relação água/gesso igual a 0,7.



Fonte: Os Autores.

Com a relação a/g de 0,8 também foi observado que os valores obtidos foram próximos entre si, sendo possível observar uma redução sutil com a adição de 4% e 6%, em relação ao material de referência, conforme a Figura 9. A redução foi de 8% e 6%, para adição de 4% e 6%, respectivamente.

**Figura 9** – Condutividade térmica dos corpos de prova com relação água/gesso igual a 0,8.



Fonte: Os Autores.

Os valores obtidos ficaram abaixo dos encontrados por Nunes [16], que obteve uma redução de 50% na condutividade térmica, em relação ao material de referência, com a adição de 3% de bagaço de cana-de-açúcar e relação a/g de 0,8.

Desse modo, pode-se inferir que, no presente trabalho, a condutividade térmica não teve um comportamento proporcional ao aumento da relação água/gesso e o percentual de fibras adicionado. Mazzeto *et al.* [36] afirma que as propriedades térmicas dos compósitos reforçados com fibra de bambu melhoraram consideravelmente após o tratamento químico nas fibras, assim, o fato das fibras de bambu utilizadas no presente trabalho estarem *in natura* pode ter contribuído para o presente resultado.

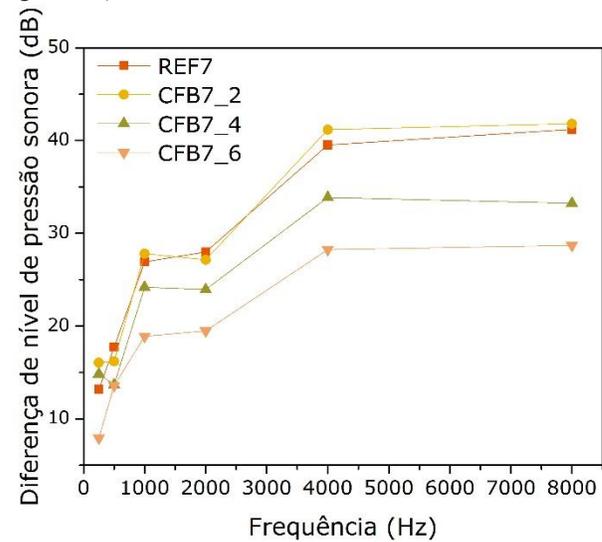
### 3.5 ISOLAMENTO ACÚSTICO

Mediante os valores obtidos no método da câmara reverberante para os níveis de pressão sonora (NPS) com o decibelímetro, os níveis de pressão sonora médios foram calculados em cada ponto da câmara emissora, assim como na câmara receptora, repetindo-se o processo em cada corpo de prova dos grupos estudados. Assim sendo, a Figura 8 traz os resultados obtidos da diferença de pressão sonora, calculada em relação aos resultados dos NPS, em função das frequências em banda de oitava.

A diferença do nível de pressão sonora relaciona-se à capacidade de isolamento do material analisado de forma diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a diferença do nível de pressão sonora, maior é a capacidade de isolamento. É possível compreender essa relação entendendo que a diferença se dá pela subtração do NPS1 (emissora) no NPS2 (receptora), indicando o quanto o ruído foi mais atenuado na câmara receptora em relação à câmara emissora, a qual se encontra sob influência do isolante acústico aplicado.

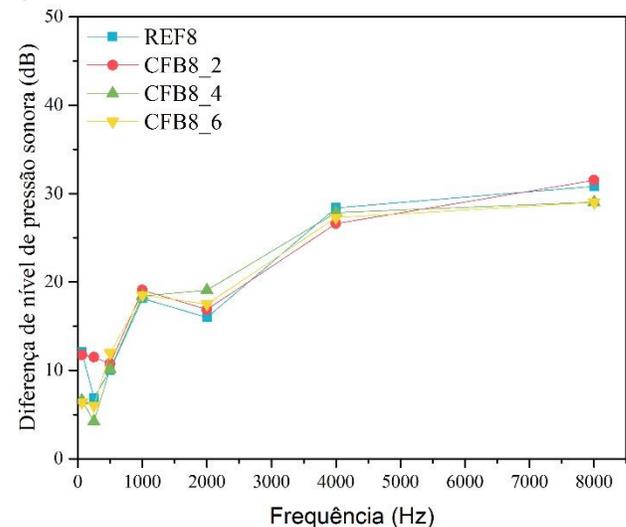
Deparando-se com as diferenças de níveis de pressão expostos nas Figuras 10 e 11 é possível observar que ambos os grupos estudados demonstram capacidade de isolamento, sendo maiores os resultados nas faixas de frequência de 4000Hz e 8000Hz quando comparados às frequências mais baixas.

**Figura 10** – Isolamento acústico – Diferença de nível de pressão sonora para o material com relação água/gesso igual a 0,7.



Fonte: Os Autores.

**Figura 11** – Isolamento acústico – Diferença de nível de pressão sonora para o material com relação água/gesso igual a 0,8.



Fonte: Os Autores.

Em seu estudo, Simões [37] avaliou o comportamento acústico de diversos materiais absorventes, como exemplo, a lã de vidro, lã de rocha, espuma de melamina e poliuretano e concluiu que materiais porosos são mais absorventes nas altas frequências, nos sons agudos. Por outro lado, a absorção dos sons graves (baixa frequência) e médios depende de grandes espessuras do material, o que na prática dificilmente se aplica. Silva [38] afirma que o isolamento acústico é regido pela lei da massa ou da densidade, na qual o isolamento característico

de uma parede está ligado à sua massa, afirmando que se dobrá-la há um aumento de aproximadamente 4 dB em sua capacidade de isolamento.

Os resultados obtidos na presente pesquisa, foram similares aos observados por Nunes [16], que avaliou o isolamento acústico em compósitos de bagaço de cana-de-açúcar, sendo avaliados percentuais de adição do bagaço de 0%, 1%, 2% e 3% em relação a massa de gesso. Ademais, é possível perceber que, em média, as máximas diferenças de propagação da onda sonora se encontram no grupo de 2% de fibra de bambu e relação água/gesso de 0,7.

Veloso *et al.* [39], ao realizar uma comparação entre os compósitos constituídos de fibras de bambu e gesso, não encontrou variações significativas nas diferenças da quantidade de decibéis atenuados proporcionalmente ao aumento da porcentagem de resíduo implementado, o que também foi identificado neste trabalho.

## 4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- A adição de 2% de fibras com a relação água/gesso de 0,7 levaram a um aumento da resistência à compressão do corpo de prova. Já a adição de 4% ou 6% de fibra, levou a uma redução da resistência, em relação ao material sem fibras. Quanto aos corpos de prova com relação a/g de 0,8, a adição de fibra resultou em uma resistência à compressão inferior aos de referência, para todos os percentuais.
- Quanto à resistência à tração na flexão, a adição de fibra levou à redução da resistência, para todos os percentuais de adição e para as duas relações água/gesso avaliadas.
- A adição de fibras contribuiu positivamente para a redução da condutividade térmica. O melhor resultado foi obtido com a adição de 6% de fibra, tanto para a relação a/g de 0,7, quanto 0,8.
- Em relação ao isolamento acústico, não houve uma relação linear entre o aumento da adição de fibras de bambu à matriz e o aumento da atenuação dos ruídos. No entanto, para todos os grupos estudados, a capacidade de isolamento acústico foi maior nas faixas de frequência de 4000Hz e 8000Hz, quando comparados às frequências mais baixas.
- Após a análise desses resultados é possível afirmar que a adição de fibras mostrou-se

eficaz quando se busca isolamento térmico ou acústico. De modo que a adição de 2% de fibra influenciou positivamente nas propriedades acústicas e que a adição de 6% de fibra foi a mais eficiente para o isolamento térmico.

## REFERÊNCIAS

- [1] FERREIRA, Fernanda Cavalcanti. Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe. 2017. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/26315>. Acesso em: 27 ago. 2023 às 9h30min.
- [2] BUDINSKI, Kenneth G; BUDINSKI, Michael K. **Engineering Materials Properties and Selection**. 5 ed., New Jersey, Prentice Hall International, 1996.
- [3] ALVARENGA, Bruna Lopes *et al.* Avaliação física e mecânica de compósitos de gesso reforçados com fibra de Bambusa tuldoides. **Revista Matéria**, v.27, n.2, p. 6, out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1387>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/PgsBkYBHKCdp9jx9gHhWvQb/abstract/?lang=pt> Acesso em: 09 set. 2023 às 15h50min.
- [4] FERREIRA, Fernanda Cavalcanti; SOUSA, José Getúlio Gomes de; CARNEIRO Arnaldo Manoel Pereira. Caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 4, p. 207-221, out./dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000400352>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/YNtm5WcPD4ph74kW6hwSRnz/#> Acesso em: 08 set. 2023 às 9:40.
- [5] JOHN, Vanderley Moacy; CINCOTTO, Maria Alba. Gesso de Construção Civil, *In*: Isaia, G. C. (ed.). **Materiais de Construção Civil**. São Paulo: IBRACON, 2017. 3ed., p. 728-760.
- [6] CHAROLA, Asuncion Elena; PÜHRINGER, Josef; STEIGER, Michael. Gypsum: a review of its role in the deterioration of building materials. **Environmental Geology**, v. 52, n. 2, p. 339–352, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0566-9>.

- [7] GARG, Mridul; PUNDIR, Aakanksha; SINGH, Randhir. Modifications in water resistance and engineering properties of  $\beta$ -calcium sulphate hemihydrate plaster-superplasticizer blends. **Materials and Structures**, v. 49, p. 3253-3263, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-015-0717-0>.
- [8] PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. 2011. 330f. **Gesso reciclado: avaliação das propriedades para uso em componentes**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2011.839715>. Acesso em: 30 ago. 2023 às 10h40min.
- [9] BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. 5 ed., vol. 1, Rio de Janeiro, LTC, 2008.
- [10] MACHADO, Luís Miguel Ferreira Leite de Novaes. 2011. 137f. **Material Compósito - Propriedades do aglomerado de Gesso e Partículas Fragmentadas de Bambu (*Phyllostachys Edulis*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e gestão de construções) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/2766>. Acesso em: 30 ago. 2023 às 12h20min.
- [11] CUNHA, Natália Cristina Martins da. **Isolamento sonoro em salas de aula: o caso particular do efeito da colmatação de frinchas em portas**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2014. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/76023>. Acesso em: 30 ago. 2023 às 15h.
- [12] BRANDÃO, Catharine Pereira. **Compósito com matriz de gesso e reforço de manta de sisal**. 2015. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/19533>. Acesso em: 30 ago. 2023 às 16h.
- [13] SILVA, Aoliabe Pedro da. **Determinação das propriedades mecânicas de compósitos de gesso reforçados com polímeros e fibras naturais**. 2018. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2018. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/00000e/00000ea8.pdf>. Acesso em: 01 set. 2023 às 8h.
- [14] OLIVEIRA, André da Silva *et al.* Compósitos com matriz de gesso reforçada com fibras de madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, Set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.23>. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr127/2318-1222-scifor-48-127-e3260.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2023 às 18h.
- [15] RACHEDI, Mokhtar; KRIKER, Abdelouahed. Thermal properties of plaster reinforced with date palm fibers. **Civil and Environmental Engineering**, v. 16, n. 2, p. 259-266, Dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.2478/cee-2020-0025>. Disponível em: <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/cee-2020-0025#:~:text=The%20thermal%20conductivity%20decreased%20when,fibers%20of%2040%20mm%20length>. Acesso em: 31 ago. 2023 às 16h25min.
- [16] NUNES, Jéssica Danielly de Lima. **Análises mecânica, térmica e acústica de um compósito de gesso reforçado com fibras do bagaço de cana-de-açúcar**. 2022. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2022. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/000025/00002541.pdf>. Acesso em: 01 set. 2023 às 18h40min.
- [17] ARAÚJO, Ana Lídia Alves de *et al.* Incorporação de fibras do bagaço de cana-de-açúcar e do sisal na massa de gesso para melhoria das propriedades físico-mecânicas. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2017. **Anais [...]** Realize Editora: Campina Grande, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33583>.
- [18] PINTO, Carolina del Pilar; CÉSAR, Sandro; FERNANDES Ricardo. Influence of sisal fibers on the thermal behavior of gypsum matrix composites. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.8, n.4, Abr. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/download/14149/7284/64653> Acesso em: 01 set. 2023 às 15h.
- [19] GHAVAMI, Khosrow. BARBOSA, Normando Perazzo. Bambu. In: Isaia, G. C. (ed.). **Materiais de Construção Civil**. São Paulo: IBRACON, 2017. 3ed., p. 1566-1592.

- [20] JAIN, Seema; KUMAR, Rakesh; JINDAL, U.C. Mechanical behaviour of bamboo and bamboo composite. **Journal of Materials Science**, v. 27, p. 4598–4604, Set. 1992. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01165993>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01165993>. Acesso em: 12 set. 2023 às 9h.
- [21] RAY, ASIM KUMAR *et al.* Microstructural characterization of bamboo. **Journal of Materials Science**, v. 39, p. 1055–1060, Fev. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:JMSC.0000012943.27090.8f>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:JMSC.0000012943.27090.8f>. Acesso em: 04 out. 2023 às 11h30min.
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12128**: Gesso para construção: Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 2019.
- [23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129**: gesso para construção: determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 2019.
- [24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129**: Gesso para construção: Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 1991.
- [25] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207**: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.
- [26] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207**: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 1994.
- [27] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — determinação da resistência à tração na flexão e a compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- [28] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8894**: materiais refratários - determinação de condutividade térmica - Parte 1: método fio-quente (arranjo cruzado e termômetro de resistência). São Paulo, 2014.
- [29] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 5022**: produtos refratários conformados - amostragem e ensaios de aceitação. São Paulo, 2014.
- [30] COSTA, Deibson Silva da; FUJIYAMA, Roberto Tetsuo. Caracterização mecânica, física e microestrutural de bambu da espécie *Bambusa vulgaris cv vittata* (Rivière & C. Rivière). In: 66º CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA, MATERIAIS E MINERAÇÃO, 2011. **Anais [...]** Blucher Proceedings: São Paulo, 2011. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/event/66-congresso-anual-da-abm-2/articles>.
- [31] CALDAS, Bruno Gomes Silveira. **Estrutura sanduíche de matriz poliéster reforçado com tecido de sisal conformado por infusão a vácuo**. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/19520/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20MEAU\\_Bruno%20Gomes%20Silveira%20Caldas.pdf](https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/19520/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20MEAU_Bruno%20Gomes%20Silveira%20Caldas.pdf). Acesso em: 26 abr. 2024 às 17h.
- [32] CARVALHO, Ricardo Fernandes. **Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira**. 2005. 133f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-10062005-184350/publico/tesericardo.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024 às 20h.
- [33] AL-Ridha, Ahmed S. D. *et al.* Effect of Chopped Sisal fiber (CSF) on enhancing the compressive strength of Local Plaster of Paris (LPOP). **Materials Today: Proceedings**, v. 47, n. 10, p. 2575-2579, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.063>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321036397#:~:text=Conclusions.&text=The%20usage%20of%20CSF%20leads,the%20compressive%20strength%20of%20LPOP>. Acesso em: 02 set. 2023 às 16h.
- [34] Beraldo, Antônio Ludovico; AZZINI, Anísio. Efeito de Modificações da Matriz na Resistência à Compressão de Compósitos Bambu-Cimento. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em estruturas de madeira, p. 275-282, 1998, Florianópolis. **Anais [...]** IBRAMEM: São Carlos, 1998.
- [35] CALLISTER JÚNIOR, William D. **Ciência e engenharia de materiais: Uma Introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- [36] MAZZETO, S. E. *et al.* Fibras de bambu como carga de reforço em materiais compósitos: fonte alternativa, econômica e sustentável. *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*, In:

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G., 1ed., Rio de Janeiro: ICH, 2017.

[37] SIMÕES, Flávio Maia. **Acústica Arquitetônica**. Procel Edifica. Rio de Janeiro:, 2011. p. 11-22.

[38] SILVA, Péricles. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. 5 ed., Belo Horizonte: EDTAL E. T. Ltda, 2005.

[39] VELOSO, Maria Cecília Ramos de Araújo *et al.* Produção e caracterização de compósitos à base de gesso reforçado com partículas de resíduo da agroindústria do cacau. **Revista Matéria**, v. 26, n.1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210001.1245>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/jvd6k4qJzp7nw9HkDK3SnL/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 05 set. 2023 às 17h35min.