

## Influence of sisal fibers on the thermal behavior of gypsum matrix composites

### Influência das fibras de sisal no comportamento térmico dos compósitos com matriz de gesso

Article Info:

Article history: Received 2022-01-13 / Accepted 2022-04-18 / Available online 2022-04-18

doi: 10.18540/jcecv18iss4pp14149-01e

**Carolina del Pilar Pinto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4802-2121>

Federal University of Bahia, Brazil

E-mail: [carvalho.pinto@gmail.com](mailto:carvalho.pinto@gmail.com)

**Sandro César**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8606-3576>

Federal University of Bahia, Brazil

E-mail: [sfcesarpaz@uol.com.br](mailto:sfcesarpaz@uol.com.br)

**Ricardo Fernandes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1915-9017>

Federal University of Bahia, Brazil

E-mail: [ricardoc@ufba.br](mailto:ricardoc@ufba.br)

### Resumo

Os materiais compósitos com matriz de gesso são materiais com propriedades que o tornam amplamente utilizado como painéis para divisórios e forros, acabamentos e mobiliário para a construção civil. No entanto, as limitações mecânicas e térmicas destes materiais exigem a incorporação de fibras que possam contribuir com estas propriedades. O estudo do calor específico e da capacidade térmica dos materiais compósitos com matriz de gesso contribui com a determinação das condições de uso como isolantes térmicos providenciando a distribuição de temperaturas e o conforto térmico do espaço construído. O objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação comparativa do calor específico e da capacidade térmica, utilizando um material padrão, gesso (altamente poroso e sem reforço) e um material compósito com matriz de gesso e fase reforço de manta de sisal “in natura”. Entre os materiais compósitos usados neste estudo temos as seguintes conformações: gesso-manta de sisal-gesso (GMG), gesso-manta de sisal-manta de sisal-gesso (GMMG), gesso-manta de sisal-gesso-manta de sisal-gesso (GMGMG). O teste de calor específico e capacidade térmica foram realizados com o método indicado pela norma ASTM C 351-92b, NBR 15575 e NBR 15520. Os resultados revelam que as fibras de sisal aumentam o comportamento térmico do gesso padrão, melhorando a função de isolamento térmico do material.

**Palavras-chave:** Comportamento térmico. Fibras de sisal. Gesso.

### Abstract

Composite materials with gypsum matrix are materials with properties that make it widely used as panels for partitions, ceilings, finishes and furniture for civil construction. However, the mechanical and thermal limitations of these materials require the incorporation of fibers that can contribute to these properties. The study of the specific heat and the thermal capacity of composite materials with gypsum matrix contributes to the determination of the conditions of use as thermal insulators, providing the distribution of temperatures and the thermal comfort of the built space. The objective of this work is to make a comparative evaluation of the specific heat and the thermal capacity, using a standard material, gypsum (highly porous and without reinforcement) and a composite material

with gypsum matrix and sisal blanket reinforcement phase "in natura". Among the composite materials used in this study, we have the following conformations: gypsum-sisal-gypsum (GMG), gypsum-sisal-sisal-gypsum (GMMG), gypsum-sisal-gypsum-sisal-gypsum (GMGMG). The specific heat and thermal capacity test were performed using the method indicated by ASTM C 351-92b, NBR 15575 and NBR 15520. The results show that sisal fibers increase the thermal behavior of standard plaster, improving the thermal insulation function of material.

**Keywords:** Thermal behavior. Sisal Fiber. Gypsum.

## Nomenclature

GMG	Compósito conformado por camadas de gesso - sisal - gesso.
GMMG	Compósito conformado por camadas de gesso - sisal - sisal - gesso.
GMGMG	Compósito conformado por camadas de gesso - sisal - gesso - sisal - gesso.

## 1. Introdução

As questões ambientais tem aumentado o interesse a nível mundial pela sustentabilidade e as condutas necessárias para proteger o meio ambiente (Pinto et al., 2011). A indústria da construção civil enfrenta uma crise ambiental como consequência da poluição das edificações durante seu ciclo de vida, principalmente no uso de materiais tradicionais como isolantes térmicos que contribuem com a geração de resíduos, alto consumo de energia e geração de CO<sub>2</sub> (Cherki, 2014)

A partir desta problemática, a indústria da construção civil está se concentrando na criação de novas soluções, que sejam econômicas e que garantam os requerimentos de conforto, saúde e qualidade (Pinto et al., 2011). Estas novas soluções construtivas utilizam materiais inovadores, como os compósitos, auxiliando na evolução dos materiais isolantes convencionais.

Os materiais compostos combinam as propriedades de dois ou mais materiais, melhorando as propriedades da fase matriz e da fase reforço. A fase matriz atua como um envelope que protege a fase reforço, no entanto, o reforço proporciona maior resistência à matriz, evitando o colapso abrupto.

Atualmente, existem diversas pesquisas que analisam as fibras naturais devido as vantagens como: leveza, origem renovável, facilidade de manuseio e versatilidade. Entre as fibras naturais produzidas nos Brasil, as fibras de sisal têm uma produção de 97% no estado da Bahia, podendo ser utilizadas como material para isolamento térmico, beneficiando-se de sua flexibilidade, resistência à tração, elasticidade, densidade e alta porosidade.

Neste estudo, a matriz escolhida foi o gesso, devido as propriedades físicas e químicas, desempenho térmico e resistência ao fogo. Assim, o compósito de gesso com fibra de sisal é um material que poderá ser utilizado em habitação social como uma solução de isolamento térmico de baixo custo e que reduz o consumo de energia dos edifícios (Chikki et al., 2013).

Para a utilização deste novo compósito como material isolante é necessário analisar seu comportamento térmico, a fim de atender aos critérios técnicos e normativos para manter o conforto térmico das edificações.

Diversos estudos tem abordado o impacto no comportamento térmico das fibras naturais nos compósitos, com o intuito de alcançar o conforto térmico em edifícios. Em primeiro lugar, Chikki, Agoudjil, Boudense e Gherabli (2013) posteriormente desenvolveram um material bi composto com fibras de tamareira como isolamento térmico em edifícios. Os resultados mostraram que o comportamento térmico do material aumenta com o uso de fibras com valores próximos aos materiais isolantes convencionais utilizados na construção.

Braiek, Karkri, Adili, Ibos e Narrallah (2017) desenvolveram um compósito com o intuito de melhorar as propriedades termo físicas e a leveza das placas de gesso convencionais utilizadas como revestimento ou forro. Este compósito de gesso e fibras de palma apresenta um melhor comportamento térmico que o gesso, em seus cinco teores de fibra utilizados, sendo que a densidade do material diminui com o aumento do teor de fibras.

O objetivo deste trabalho é comparar o calor específico e a capacidade térmica do gesso e três materiais compostos com diferentes camadas, conformados por uma matriz de gesso e uma fase reforço de manta de sisal “in natura”.

## 2. Materiais e métodos

Neste estudo, a fibra de sisal foi utilizada no formato de manta formada pela compressão das fibras do sisal (figura 1). A fibra foi coletada na Bahia, Brasil, e fornecido pela empresa Hamilton Rios Ltda., que emprega sisal proveniente da cidade de Conceição do Coité – Bahia.

Para a matriz, foi utilizado gesso de revestimento, proveniente de Araripe, aditivo superplastificante líquido da empresa BASF, para aumentar a fluidez e trabalhabilidade do gesso. A mistura tem uma dosagem de 1% que é misturada à água antes da adição do gesso.

### 2.1 Conformação dos compósitos

Os compósitos apresentam três composições, a partir de uma amostra padrão de gesso. A primeira amostra foi denominada G (gesso padrão) com uma relação água/gesso de 0,4 com 1% de aditivo. A segunda amostra (figura 1) é o compósito (GMG) com uma camada de manta de sisal no meio do compósito e duas camadas laterais de gesso padrão. A terceira amostra e segundo compósito (GMMG) tem duas camadas de manta de sisal no meio do compósito e uma camada de gesso padrão nas fases externas. A quarta amostra e terceiro compósito (GMGMG) tem três camadas de gesso padrão intercalada com duas camadas de manta de sisal.



**Figura 1 - Amostra chapa do compósito GMG.**

### 2.2 Calor específico

Para a execução do ensaio de calor específico foi construído um aparelho a partir dos requerimentos apresentados pelas normas ASTM C 351 – 92b, NBR 15575 e NBR 15220. O método utilizado consiste na secagem do corpo de prova com massa conhecida na estufa a 80°C, controlada através de um sensor a prova de água Ds18b20 com precisão de 0,5°C. Quando o corpo de prova se estabiliza termicamente, ele é inserido num recipiente isolado que contém entre 500 ml e 750 ml de líquido não reagente (álcool hidratado com 46 INPM), fazendo com que o corpo de prova libere calor. Este calor é medido através de sensores Ds18b20, encapsulados com proteção a líquidos e conectados a um computador dedicado para fazer a leitura das temperaturas da estufa e do líquido não reagente.

### 2.3 Capacidade térmica

Esta propriedade térmica do material é derivada das medições obtidas para os ensaios de condutividade térmica e calor específico (Pinto; Cunha e Carvalho, 2018), através de métodos de cálculo e os requerimentos indicados pela NBR 15575 e NBR 15220.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Massa específica e teor de fibras de sisal

A tabela 1 apresenta os valores medidos para a massa específica das amostras de gesso e dos compósitos GMG, GMMG e GMGMG, com 1570.513 kg/m<sup>3</sup>, 1319.444 kg/m<sup>3</sup>, 971.154 kg/m<sup>3</sup> e 1105.769 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Estes valores de massa específica correspondem a teores de fibra de 0.84 para o compósito GMG, 2.29 para GMMG e 2.01% para GMGMG. Os resultados indicam que a massa específica diminui com o uso da fibra nos compósitos, quando o número de camadas de gesso é constante.

**Tabela 1. Valores de massa específica e teor de fibras das amostras.**

Material	Massa específica	Teor de fibras	Calor específico	Capacidade térmica
	Kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	kJ/(kgK)	kJ/m <sup>2</sup> K
G	1570,513	0	0,91	21,56
GMG	1319,444	0,131	1,08	21,37
GMMG	971,154	0,262	0,96	18,64
GMGMG	1105,769	0,262	1,01	33,5

Os valores da tabela 1 mostram que quanto maior é a massa específica do material, menor será o comportamento térmico e quanto maior a quantidade de fibra menor é a massa específica, o calor específico e a capacidade térmica, com exceção do compósito GMGMG, no qual o gesso atua como uma barreira interna que contribui com o comportamento térmico.

Esta diminuição da massa específica se deve a finura da fibra que conforma a manta em diferentes orientações que se articulam e deixam vazios internos não preenchidos pelo gesso no momento da conformação do compósito, o que melhora o comportamento térmico do material.

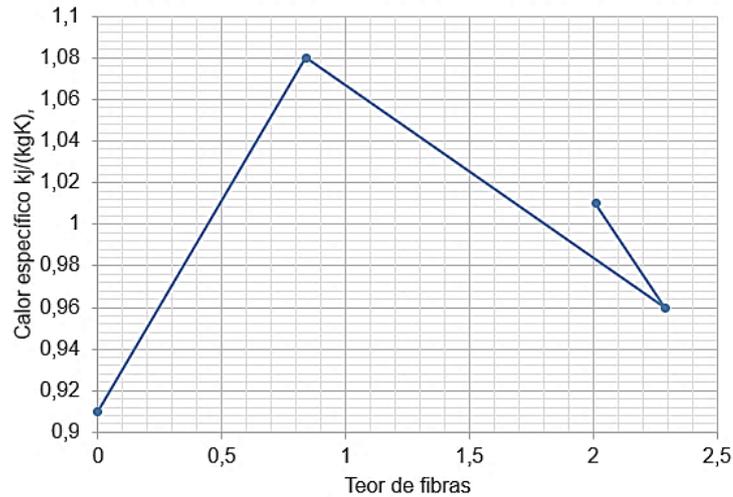
#### 3.2 Calor específico

A tabela 2 mostra o calor específico para as diferentes amostras. O calor específico médio do gesso é 0,91 kJ/(kgK), para o compósito GMG, o calor específico é de 1,08 kJ/(kgK), para o compósito GMMG é em média 0,96 kJ/(kgK) e para o compósito GMGMG em média de 1,01 kJ/(kgK).

**Tabela 2. Resultados calor específico das amostras.**

Material	T° inicial °C	Massa Álcool - Kg	T° final °C	Massa Kg	Q Álcool J	Calor Específico kJ/(kgK)
G	24,5	0,2	29,49	0,07	3377,90	0,91
GMG	24,2	0,24	29,07	0,07	4052,55	1,08
GMMG	24,2	0,44	26,88	0,08	4072,69	0,96
GMGMG	24,2	0,44	27,97	0,11	5746,79	1,01

Os resultados da figura 2 indicaram que o incremento de teor de fibras de 0% a 2.29%, causou o aumento do calor específico do gesso padrão para 18,6%, 7,6% e 10,98%. O aumento do teor de fibras nos compósitos contribui com a capacidade do material de absorver energia até elevar a temperatura interna, por tanto é a camada que mais influência o comportamento térmico.



**Figura 2 - Relação entre o calor específico e o teor de fibras das amostras.**

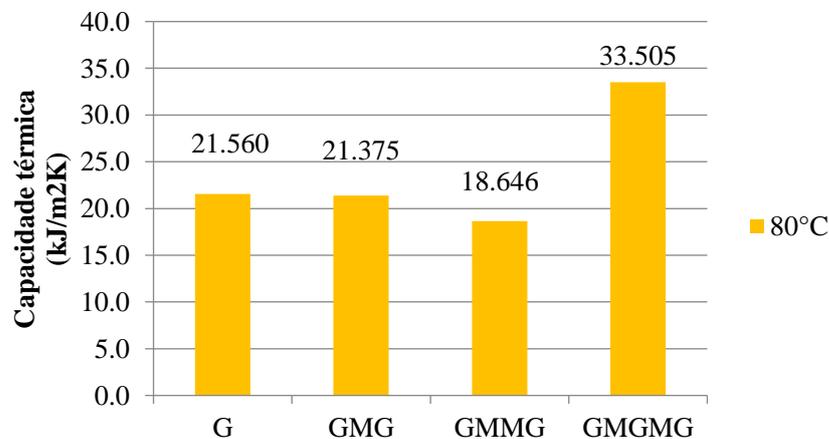
### 3.3 Capacidade térmica

A tabela 3 exibe os resultados da capacidade térmica das amostras. O gesso padrão e o compósito de GMG apresenta uma capacidade térmica similar com 21,56 kJ/m<sup>2</sup>K e 21,37 kJ/m<sup>2</sup>K, respectivamente. No entanto, o compósito GMMG diminui em 2,92 kJ/m<sup>2</sup>K a capacidade térmica do gesso padrão e o compósito GMMG aumenta em 11,94 kJ/m<sup>2</sup>K.

**Tabela 3. Capacidade térmica das amostras.**

Material	Calor específico kJ/(kgK)	Densidade kg/m <sup>3</sup>	Espessura (m)	Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)
G	0,91	1550,214	0,015	21,56
GMG	1,08	1180,556	0,015	21,37
GMMG	0,96	1122,863	0,020	18,64
GMGMG	1,01	1153,579	0,030	33,50

Na figura 3 observa-se que quanto maior a quantidade de fibras na composição do compósito, menor será a quantidade de calor necessária para variar à temperatura das amostras, por exemplo, o compósito GMMG. No entanto, quanto maior a quantidade de gesso das amostras, maior será a capacidade térmica do material, por exemplo, o compósito GMGMG.



**Figura 3 - Comparativo da capacidade térmica das amostras.**

#### 4. Conclusão

O calor específico e a capacidade térmica relacionam-se à quantidade de fibra de sisal utilizada, tipologia da fibra, orientação e vazios intersticiais no compósito. Além disso, é fundamental utilizar um gesso de qualidade para criar uma pasta homogênea e livre de impurezas.

É fundamental controlar a porosidade do gesso, já que interfere na aderência da fase matriz e o reforço, influenciando a densidade, massa específica e comportamento térmico do material.

Conclui-se que o calor específico e a capacidade térmica estão relacionadas com o comportamento térmico das camadas do compósito que não permitem a transmissão do fluxo de calor através do material. Nos compósitos, o calor específico aumenta, no entanto, a capacidade térmica diminui já que é necessária uma maior quantidade de calor para modificar o comportamento térmico dos compósitos, devido as diferentes características físico-químicas dos tipos de materiais que o conformam, própria dos materiais heterogêneos. Destaca-se que a relação de gesso e teor de fibra no compósito determinará a eficiência do comportamento térmico do material.

#### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior, pelo apoio e ajuda neste trabalho. Os autores desejam expressar sua gratidão à BASF e a todos os laboratórios que forneceram os materiais para desenvolver este estudo.

#### Referencias

- Braiek, A.; Karkri, M., Adili, A., Ibos, L., & Narrallah, S.B. (2017). Estimation of the thermophysical properties of the date palm fibers/gypsum composite for use as insulating materials in building. *Energy and buildings*, 140, 268-279. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.001>
- Cherki, A., Remy, B., Khabbazi, A., Jannot, Y., & Baillis, D. (2014). Experimental thermal properties characterization of insulating cork-gypsum composite. *Construction and buildings materials*, 54, 202-209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.076>
- Chikki, M., Agoudjil, B., Boudenne, A., & Gherabli, A. (2013). Experimental investigation of new biocomposite with low cost for thermal insulation. *Energy and buildings*, 66, 267-273. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.019>
- Li, Y., Mai, Y., & Ye, L. (2000) Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. *Composites Science and Technology*, 60 (11), 2037-2055. doi:[https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(00\)00101-9](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(00)00101-9)
- Pinto, C., Cunha, A., & Carvalho, R. (2018). Avaliação da condutividade térmica dos compósitos de matriz de gesso reforçado com fibras de sisal. Anais 60º Congresso Brasileiro do Concreto CBC2018. Foz de Iguaçu.
- Pinto, J.; Paiva, A.; Varun, H.; Costa, A.; Cruz, D.; Pereira, S.; Fernandes, L.; Tavares, P; Agarwal, J. (2011). Corn's cob as a potencial ecological thermal insulation material. *Energy and buildings*, 43 (8), 1985-1990. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.04.004>