

DESEMPENHO TÉRMICO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE PAPEL KRAFT

Eduardo Fernandes Morais (1); Kleber Cavalcanti Cabral (2); Wendell Rossine Medeiros de Souza (3)

(1) *Universidade Federal Rural do Semi-árido, eduard.fmorais@gmail.com* ; (2) *Universidade Federal Rural do Semi-árido, kleber.cabral@ufersa.edu.br*; (3) *Universidade Federal Rural do Semi-árido, wendell@ufersa.edu.br*

Resumo: O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento térmico de tijolos de solo-cimento com adição de fibra de papel Kraft e, por meio deste, determinar sua variação térmica. A pesquisa será permitida por meio da fabricação de tijolos no traço de 1: 5 (cimento: solo), sendo este a referência, adicionados de porcentagens de 2 e 3% em massa de cimento de fibras de papel Kraft, obtidas a partir da reciclagem de sacos de cimento. Portanto, três misturas serão analisadas, sendo uma delas de controle e as outras duas com as respectivas adições de 2 e 3%. Em seguida, foram construídas paredes, com três fiadas, com os tijolos de cada mistura, para que suas variações térmicas fossem analisadas, em um protótipo que mede essa variação dos corpos em 90 minutos de exposição a uma fonte de calor de 750W. A preocupação com o desconforto térmico nos edifícios localizados no Estado do Rio Grande do Norte, em que o estudo foi desenvolvido, foi à primazia deste estudo, no qual a inércia térmica dos tijolos aumentou conforme o percentual de adição de fibras aumentou.

Palavras-chave: Tijolos de solo-cimento, comportamento térmico, sacos de cimento, reciclagem.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente o adobe é um dos materiais de construção mais antigo, são encontrados na maioria dos sítios arqueológicos e em edificações históricas no cenário mundial, constituindo, umas das técnicas mais universais em construção de terra, (FERNANDES; TAVARES, 2016).

Com os avanços tecnológicos, o adobe vem sendo substituído pelos tijolos solo cimento – tijolo ecológico, (BARBOSA, 2003). O solo é o principal material para materialização dos blocos de terra compactados - BTC, porém a maioria não é adequada para produção em seu estado *in natura*. A produção de tijolos com resistência adequada é permitida pela mistura de estabilizantes (Cal, cimento etc.) ao solo, (AZERÊDO *et al.*, 2016).

O estabilizante mais difundido é o cimento Portland, (BARBOSA, 2003). Comumente são utilizados de 4% a 6% em adição em massa para produção tijolos prensados de excelente qualidade. Quanto mais arenoso o solo, maior o teor o cimento. Portanto teores altos de ligantes podem inviabilizar no custo do BTC, já que é constituído o material de maior custo.

Com finalidade de baratear os BTC's, os estabilizantes de alto custo (cimento, cal etc.) são substituídos por estabilizantes físicos (fibras vegetais). As fibras vegetais aumentam a coesão entre as partículas de solo, conferindo assim, uma

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

resistência mecânica. As fibras utilizadas em BTC são: palha seca, sisal, pelo de animais, bambu, fibras de palmeiras, fibras de aço, (OSULA, 1996 *apud* SILVA).

Os blocos de terra compactados além de requerer propriedades mecânicas para garantir a integridade física das construções, também necessita de desempenho térmico para com edificações que seja adequada à realidade brasileira.

Desta forma, a pesquisa visa analisar a condutividade térmica de tijolos ecológicos com adição de fibras provenientes da reciclagem de sacos de cimento, em porcentagens definidas de adição de 2 e 3% de massa de aglomerante. Tendo em vista verificar se os tijolos com as fibras são adequados para uso como alvenaria de vedação em termo de conforto térmico. O tema da pesquisa traz grande relevância do ponto de vista da melhoria dos aspectos térmicos de edificações. Destaca-se ainda a preocupação com o desconforto térmico em edificações que se localizam no Estado do Rio Grande do Norte, no qual o estudo foi desenvolvido, tendo como princípio o isolamento térmico da edificação e por efeito, a economicidade, uma vez que haverá redução no custo energético do consumo de aparelhos condicionadores de ar, tão comumente usados nas edificações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Condutividade térmica

A lei que rege a transferência de calor por condução é a de Fourier. A lei prescreve que, se há uma gradiente de temperatura (dt/dx) entre duas interface de um corpo onde o calor flui, a quantidade calor (q) transmitida em um intervalo de tempo (t), através de uma área (A), é denominado de condutividade térmica (K), (PARK; MURR; SALVADEGO, 1997; PIFER; AURANI, 2015). A equação de Fourier pode ser vista a seguir.

$$Q_x = -K \times A \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Onde, Q_x é a quantidade de calor que flui na direção x em W .

É de conhecimento geral que a primeira lei da termodinâmica diz: Em condições de regime permanente, não havendo perdas por isolamento térmico, toda a energia que entra em um corpo (E_e) é igual a que sai dele (E_s), portanto temos:

$$Ee = Es \quad (2)$$

$$Qxe = Qxs = -K \times A \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

Encontrando a solução da Equação diferencial (3) por separáveis, temos:

$$Qxe \int_0^L dx = -KA \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (4)$$

$$K = \frac{Qxe \times L}{A \times \Delta T} \quad (5)$$

Onde L e A, são respectivamente, o comprimento em m e a área da seção em m² do corpo de prova, ΔT é variação de temperatura e Qxe a quantidade de calor que entra no corpo em W.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

O solo utilizado foi da cidade de Angicos/RN. A água usada foi a do sistema de abastecimento fornecido pela CAERN. O aglomerante foi cimento Portland CP V-ARI-RS. As fibras de papel Kraft (FK) foram obtidas de sacos de cimento colhidos na cidade de Angicos/RN. Para obtenção das fibras, os sacos de cimento foram submetidos a cinco etapas: Lavagem, picotamento, dispersão úmida, secagem e dispersão seca.

A lavagem foi feita em ciclos de submersão em água e esfregagem dos sacos, até a total retirada de possíveis contaminantes. O picotamento consiste na fragmentação dos sacos em pedaços de 2 cm. A dispersão úmida foi feita a partir da agitação dos sacos picotadas em meio aquoso utilizando um liquidificador doméstico, para se obter a polpa celulósica. A secagem é feita tirando o excesso de água da polpa celulósica através de sua prensagem em tecido textil e secagem ao ar livre, obtendo-se aglomerados de fibras. A dispersão a seco, foi feita agitando os aglomerados secos em liquidificador domésticos. O produto de cada etapa pode ser visto nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

Figura 1 – Lavagem dos sacos



Fonte: Própria (2018)

Figura 2 – Sacos Fragmentados



Fonte: Própria (2018)

Figura 3 – Polpa celulósica



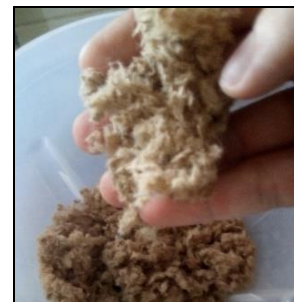
Fonte: Própria (2018)

Figura 4 – Fibras aglomeradas secas



Fonte: Própria (2018)

Figura 5 – FK



Fonte: Própria (2018)

3.2 Confeção das paredes com os Tijolos

3.2.1 Misturas produzidas

Para produção dos tijolos, foi dosada uma matriz para servir como referência e para receber as adições das FK. A matriz foi produzida no traço de 1:5 (cimento:solo) e as adições das fibras foram de 2 e 3% de massa de cimento, totalizando três misturas analisadas. Para determinar a umidade ótima, foi feito o teste da mão para cada mistura, onde a mistura com certa quantidade de água é apanhado um punhado e apertada na mão, se ao derrubar ela se fragmentar em apenas dois pedaços, esta é a quantidade certa de água para moldagem. A Tabela 1 resume as proporções das misturas.

Tabela 1 – Programa experimental das misturas

Misturas	Proporções (cimento:solo:água) (Kg)	Porcentagem de Fibras (%)
Matriz (M1)	1:5:1	0
Matriz + 2% FK (M2)	1:5:1,1	2
Matriz + 3% FK (m3)	1:5:1,25	3

Fonte: Própria (2018)

A homogeneização das misturas foi feita utilizando uma betoneira. Já os insumos foram colocados na seguinte ordem: solo, cimento e água, sendo que para as misturas com adição, as fibras eram submersas na água de amassamento.

3.2.2 Confeção dos tijolos

Os tijolos foram produzidos através da compactação das misturas em prensa manual, nas dimensões de 10 x 20 x 6,5 cm. Para melhor compactação, os blocos foram prensados em três camadas. A Figura 6 mostra o procedimento.

Figura 6 – Prensagem dos Tijolos



Fonte: Própria (2018)

Foram produzidas 15 amostras para cada mistura, nas quais foram curadas por 28 dias.

3.2.3 Confeção das paredes

Foi produzida uma parede com os tijolos de cada mistura, cada uma com três fiadas de tijolos e rejunte argamassado de 2 cm, conforme a Figura 7. A parede foi assentada em cima de uma viga de madeira, nas dimensões de: área de 0,084m² e espessura de 0,1m.

Figura 7 – Parede construída



Fonte: Própria (2018)

3.3 Determinação da variação térmica

Para determinar a variação térmica, utilizou um protótipo no qual consiste de: três lâmpadas infravermelha de 250 W cada, quatro sensores de temperatura e um caixote de madeira. Para realizar o ensaio, a parede era colada dentro do caixote de madeira, onde era fixados dois sensores em cada lado da parede, um par recebendo calor direto da fonte e o outro par recebendo por condução. Para garantir o isolamento térmico, os espaços entre a parede e o caixote eram preenchidos com isopor. O ensaio pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Realização do ensaio térmico



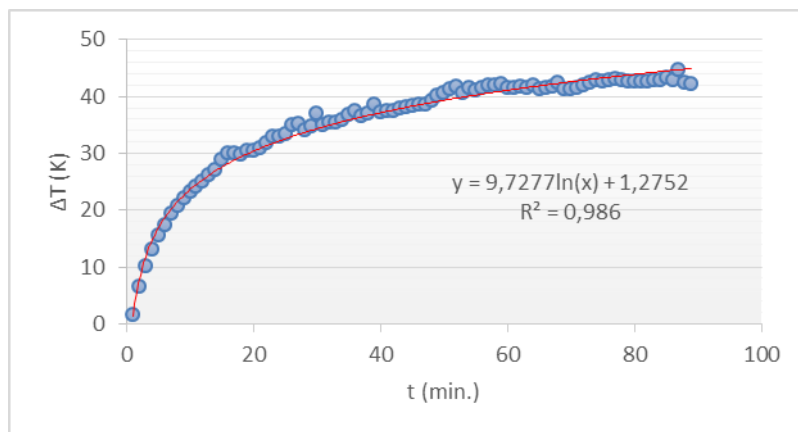
Fonte: Própria (2018)

O ensaio teve duração de 90 minutos, sendo registradas leituras da temperatura a cada minuto. Para determinar a temperatura em cada lado da parede, fez-se a média da leitura dos dois sensores e, a variação térmica foi medida subtraindo esse dois valores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

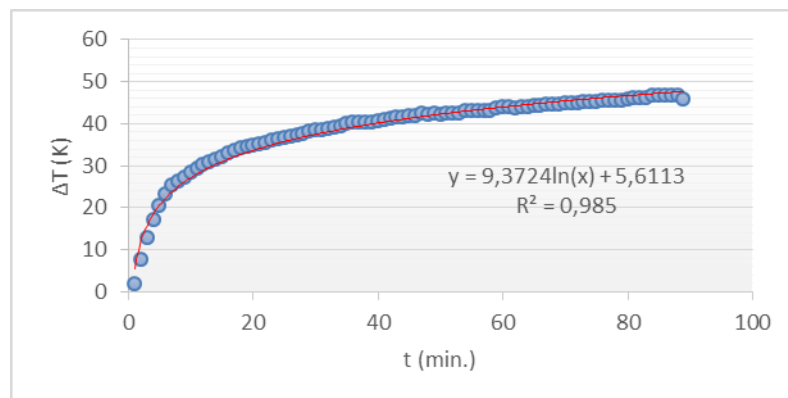
Ao analisar os Gráficos 1,2 e 3, foi visto que a medida que a porcentagem de adição aumentava o conforto térmico melhorava. A parede com os tijolos de referência obtiveram ΔT_{med} de 38,6 K, enquanto que as paredes com tijolos com adição de 2 e 3% de FK, obtiveram respectivamente, valores médios de 41,77 e 54,62. Com isso, a parede com os tijolos com adição de 3% de FK foi termicamente 41% superior a de referência.

Gráfico 1 – Variação térmica versus tempo da parede feita com tijolos M1.



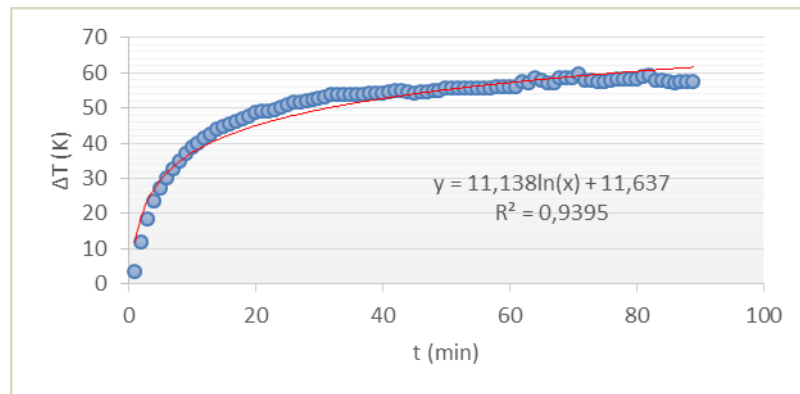
Fonte: Própria (2018)

Gráfico 2 – Variação térmica versus tempo da parede feita com tijolos M2.



Fonte: Própria (2018)

Gráfico 3 – Variação térmica versus tempo da parede feita com tijolos M3.



Fonte: Própria (2018)

Este fato pode ser explicado devido às boas propriedades térmica das madeiras Pinus e Eucalipto, nas quais os sacos cimento são feitos. Que ao adicionar as FK aos tijolos, combina essa vantagem ao material de construção.

5 CONCLUSÕES

Com as melhorias térmicas proporcionadas pelas FK à alvenaria de tijolos ecológicos. Ficou destacado o potencial das fibras para com a produção desse material de construção. Pois elas aumentaram a inércia térmica dos tijolos em 41%. Sendo então uma alternativa para enfrentar o desconforto térmico em edificações no Rio Grande do Norte. Portanto ao adicionar as fibras aos tijolos ecológicos, foi satisfeito padrões técnico e ecológico, pois se destacou mais um potencial ao resíduo saco de cimento, que é tão abundante no meio da construção civil.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZERÊDO, Aline Figueirêdo Nóbrega de et al. Propriedades físicas, mineralógicas da argila usada nas olarias próximas ao município de Princesa Isabel - PB para produção de adobe. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS, 2., 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Universidade do Minho, 2016. p. 1 - 15.

BARBOSA, Normando Perazzo. **Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes**. Porto Alegre: Coletânea Habitare, 2003. 2 v. Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional.

FERNANDES, Maria; TAVARES, Alice - O adobe. Lisboa: Argumentum, 2016. 111 p. ISBN 978-972-8479-95-4

PARK, Kil Jin; MURR, Fernanda E. X.; SALVADEGO, Marcos. Medição da condutividade térmica de milho triturado pelo método da sonda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.242-247, dez. 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20611997000300010>.

PIFER, Anderson; AURANI, Katya Margareth. A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.16031-16039, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11173711681>.

SILVA, Miguel Francisco Costa Granja da. **Blocos de terra compactada com e sem materiais cimentícios**. 2015. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Técnico Lisboa, Lisboa, 2015.