INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA NO DESEMPENHO TÉRMICO DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

Tema: Desempenho de sistemas de revestimento.
Grupo: 2

PAULO M. DOS PASSOS[1], MÔNICA E. JUNGBLUT[2], HELENA CARASEK[3]

[1]Estudante de Pós-Graduação, PPG-GECON, Universidade Federal de Goiás/UFG, paulompengc@gmail.com
[2]Estudante de Pós-Graduação, PPG-GECON, Universidade Federal de Goiás/UFG, monicaengel.j@hotmail.com
[3]Profa. Dra., Escola de Engenharia Civil e Ambiental, PPG-GECON, Universidade Federal de Goiás/UFG, hcarasek@gmail.com

RESUMO

Em um contexto de preocupações com o desempenho térmico e eficiência energética das edificações, propõe-se a avaliação do desempenho térmico de sistemas de vedação vertical externa constituídos por dois tipos de blocos de alvenaria (concreto e cerâmico) e quatro diferentes revestimentos de argamassa de espessura variável: convencional e com isolantes térmicos. A metodologia baseou-se na ABNT NBR 15575-4:2013 e ABNT NBR 15220-2:2005 utilizando critérios de transmitância e capacidade térmica. O sistema com bloco cerâmico atinge o desempenho térmico mínimo (capacidade térmica) tão somente com argamassa convencional em espessura de 5 cm, enquanto a argamassa com isolantes otimiza a transmitância do sistema com bloco de concreto.

Palavras-chave: Desempenho térmico, revestimento, argamassa, resíduos.

INFLUENCE OF MORTAR COATING ON THE THERMAL PERFORMANCE OF VERTICAL SEALING SYSTEMS

ABSTRACT

In a context of concerns about the thermal performance and energy efficiency of buildings, it is proposed to evaluate the thermal performance of vertical building envelop systems consisting of two types of masonry blocks (concrete and ceramic) and four different mortar variable thickness: conventional and thermal insulation. The methodology was based on ABNT NBR 15575-4: 2013 and ABNT NBR 15220-2: 2005 using transmittance and thermal capacity criteria. The ceramic block system reached minimal thermal performance only with conventional mortar, while the insulating mortar improves the thermal performance of the concrete block system.

Key-words: Thermal performance, rendering, mortar, waste.

1. INTRODUÇÃO

Diante da necessidade do desenvolvimento sustentável, em função de fatores como a crescente utilização de recursos não renováveis, insere-se o conceito de eficiência energética. Para a arquitetura a eficiência energética é uma característica intrínseca à edificação, referente à sua capacidade de proporcionar conforto térmico, visual e acústico aos usuários. Sendo assim, uma edificação eficiente do ponto de vista energético, apresenta condições ambientais favoráveis ao menor consumo de energia [1].

Seguindo a premissa do desenvolvimento sustentável e das exigências dos usuários, a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013[2] foi publicada com a finalidade de garantir o desempenho das edificações e sistemas constituintes como, por exemplo, o desempenho térmico. Segundo a norma, o Sistema de Vedação Vertical Externa (SVVE) deve apresentar transmitância térmica e capacidade térmica de acordo com critérios mínimos estabelecidos para cada zona climática[3]. O SVVE é composto pela alvenaria de vedação e pelo revestimento. O desempenho do revestimento está relacionado com suas funções: estanqueidade a água, isolamento térmico, isolamento acústico, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais. As argamassas de revestimentos contribuem com cerca de 30% do isolamento térmico do sistema[4].

Dessa forma, compreender as características dos materiais que compõem o SVVE a fim de aprimorar o isolamento térmico dos SVVE se faz necessário para se alcançar a melhoria do conforto térmico dos usuários, a eficiência energética da edificação, a sustentabilidade, além de atenderem às exigências normativas de desempenho da edificação. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho térmico de SVVE, constituídos por diferentes tipos de bloco de vedação e de argamassa de revestimento.

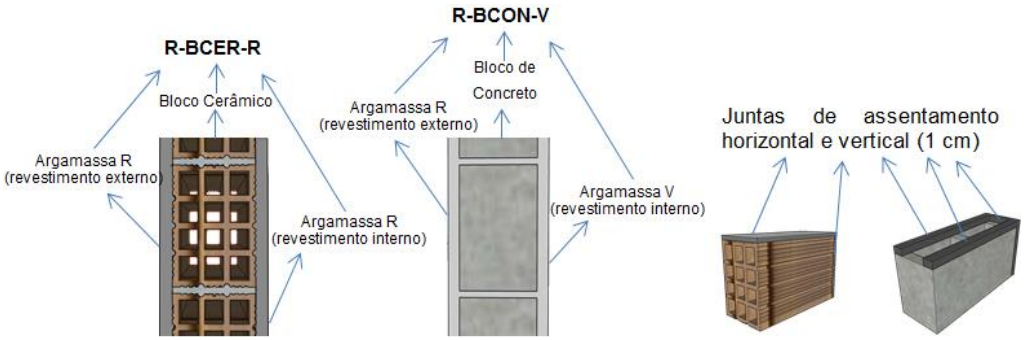
2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo avaliou o desempenho térmico de sistemas de vedação segundo os critérios da ABNT NBR 15575-4:2013, transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT). Utilizou-se o médoto de cálculo, alternativo, em primeira análise, à simulação computacional. Esses parâmetros podem ser compreendidos como: U - um coeficiente global de transferência de calor calculado como o inverso da resistência térmica (sendo assim inversamente proporcional ao desempenho); e CT - a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (ABNT, 2005).

Foram propostos sistemas de vedação com argamassas de revestimento aplicadas externa e internamente, e alvenaria de vedação com blocos de concreto ou blocos cerâmicos. Ademais, avaliou-se ainda a alvenaria sem revestimento para analisar a contribuição das argamassas no desempenho. A Figura 1 exemplifica os sistemas analisados, bem como os códigos aplicado para cada situação. Os sistemas foram compostos por alvenaria de vedação com bloco de

concreto (14 cm x 19 cm x 39 cm) ou bloco cerâmico (14 cm x 19 cm x 29 cm) com argamassa de assentamento convencional (cimento, cal e areia) e juntas de assentamento de 1 cm. As espessuras de revestimento variaram de 2 cm a 3 cm, aplicação externa, e de 0,5 cm a 2 cm, aplicação interna, segundo o preconizado na norma ABNT NBR 13749:2013.

Figura 1 – Exemplo de SVVE's propostos no estudo.



Fonte: autores

As variações com prefixo e sufixo X (X-BCER-X e X-BCON-X) representam SVVE's sem revestimento de argamassa. As variações com argamassa de referência aplicada externamente e argamassa com isolante aplicada internamente (por exemplo, R-BCON-V) são assim propostas, pois, por vezes dependendo da composição da argamassa com isolante, não se recomenda a sua aplicação externamente devido aquestões de durabilidade. Cabe a ressalva da limitação desse trabalho em analisar os parâmetros térmicos, e não de durabilidade de certos revestimentos de argamassa, que demandam metodologia específica e que está além do escopo desse trabalho.

Para o revestimento escolheu-se argamassas com diferentes densidades e condutividades térmicas: Argamassa R (1:1:6 em volume, cimento:cal:areia); Argamassa ELV (com resíduos de EPS e de acabamento de painéis isolantes - lã de rocha, lã de vidro e vermiculita; substituição da areia por 90% de resíduo), Argamassa C (argamassa industrializada com substituição parcial do agregado por granulado de cortiça) e Argamassa V (argamassa industrializada com substituição parcial do agregado por vermiculita expandida). As propriedades de interesse dos materiais, a serem utilizadas nos cálculos de parâmetros de desempenho térmico, são apresentadas na Tabela 1.

O procedimento de análise previsto na ABNT NBR 15575-4:2013 estabelece como critérios para garantia do nível mínimo de desempenho térmico dos SVVE's valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) e valores mínimos admissíveis para capacidade térmica (CT) apresentados na Tabela 2, a seguir. O fator limitante α define quais cores de pintura ou acabamento devem ser aplicadas nas Zonas 3 a 8; para valores de transmitância superiores a 2,5 W/m².K e inferiores a 3,7 W/m².K somente cores claras, para valores inferiores a 2,5 W/m².K pode-se utilizar também cores escuras.

Os cálculos basearam-se nas propriedades de componentes do SVVE como demonstram as equações (1 a 6) do procedimento de cálculo da ABNT NBR 15220-2:2005.

Tabela 1 – Propriedades dos materiais utilizados na pesquisa.

Material	λ - Condutividade térmica (W/m.K)	ρ – densidade (kg/m³)	Fonte
Argamassa R	0,66	1707	Passos e Carasek (2018)[6]
Argamassa ELV	0,14	604	
Argamassa V	0,27	1052	Relatório Interno Labitecc (2017)
Argamassa C	0,16	910	Frade *et al.* (2012)[7]
Bloco Cerâmico	0,90	1600	ABNT NBR 15220-2:2005
Bloco de Concreto	1,75	2300	
Argamassa de Assentamento	1,15	2000	
O calor específico (c) das argamassas foi considerado 1 kJ/kg.K para argamassas e bloco de concreto; e 0,92 kJ/kg.K para o bloco cerâmico (referências normativas ABNT NBR 15220-2:2005).			

Tabela 2 – Critérios de desempenho térmico mínimo da ABNT NBR 15575-4:2013.

Transmitância térmica - U (W/m².K)			**Capacidade térmica - CT (kJ/m².K)**	
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8		Zona 8	Zonas 1 a 7
U ≤ 2,5	α ≤ 0,6	α > 0,6	Sem exigência	CT ≥ 130
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5		

É interessante notar que as equações demonstram que o cálculo para sistemas que são revestidos externa e internamente pelo mesmo tipo de argamassa pode ser analisado utilizando a espessura total de revestimento (espessura interna somada à espessura externa). Ou seja, os sistemas revestidos pela mesma argamassa em camada externa com espessura de 2 cm e camada interna de espessura 2 cm tem o mesmo desempenho que um sistema revestido externamente com 3 cm e internamente 1 cm.

$$Ri = e_i/\lambda_i \quad (1)$$

$$Rt = \sum Ai / \sum (Ai/Ri) \quad (2)$$

$$R_T = R_{SE} + R_t + R_{SI} \quad (3)$$

$$U = 1/R_T \quad (4)$$

$$C_i = \sum (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i) \quad (5)$$

$$C_T = \sum Ai / \sum (Ai/Ci) \quad (6)$$

Em que: R_i é a resistência térmica de uma camada homogênea i (m².K/W), e_i é a espessura da camada i (m), λ_i é a condutividade térmica do material da camada i [W/(m.K)]; R_t é a resistência térmica (m².K/W) da parede com camadas homogêneas e não homogêneas considerando a área de influência perpendicular ao fluxo de calor – A_i (m²); R_T é a resistência térmica total, e R_{SE} e R_{SI} são respectivamente as resistências superficiais externa e interna (0,04 m².K/W e 0,13 m².K/W, respectivamente – valores tabelados de norma); U é a transmitância térmica de um SVVE [W/(m².K)]; C_i é capacidade térmica de um componente i constituído de camadas homogêneas perpendiculares ao fluxo de calor (kJ/m².K), c_i é o calor específico do material i [J/kg.K)] e ρ_i é a densidade de massa aparente do material i (kg/m³); e CT é a capacidade

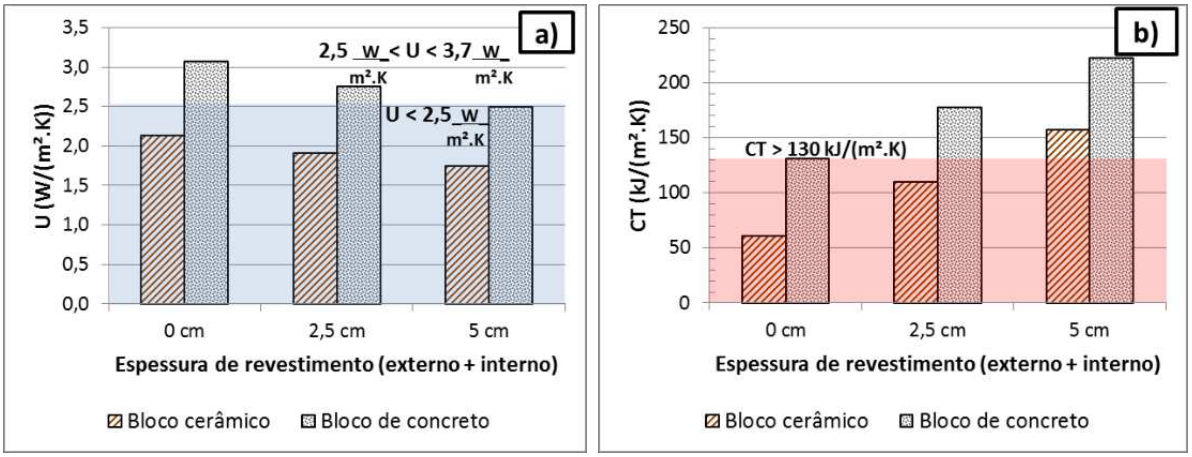
térmica de um SVVE (kJ/m².K) obtida pela ponderação de C_i pelas áreas de influência paralelas ao fluxo de calor (A_i).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 está resumida a influência da ausência de revestimento nos SVVE's com bloco cerâmico e de concreto. Para essa análise se utilizou os sistemas X-BCER-X e X-BCON-X (0 cm de revestimento), R-BCER-R e R-BCON-R (2,5 cm ou 5 cm, espessuras mínima e máxima de revestimento) visando analisar a contribuição de argamassas convencionais no desempenho.

Nos sistemas BCER mesmo sem revestimento cumpre-se a exigência de transmitância térmica, mas não de CT, situação que se inverte ao analisar sistemas BCON. A densidade associada aos blocos de concreto garante maior CT, mas a alta condutividade térmica do material faz com que somente com 5 cm de revestimento se consiga atingir o desempenho mínimo no critério U. Já na análise dos blocos cerâmicos, com densidade menor e com câmaras de ar sequenciais que garantem menor U sem restrições de cor de pintura (diferente do BCON), o critério de CT só atinge o valor para desempenho mínimo com 5 cm de revestimento.

Figura 2 – Influência do revestimento a) na transmitância térmica, b) na capacidade térmica.

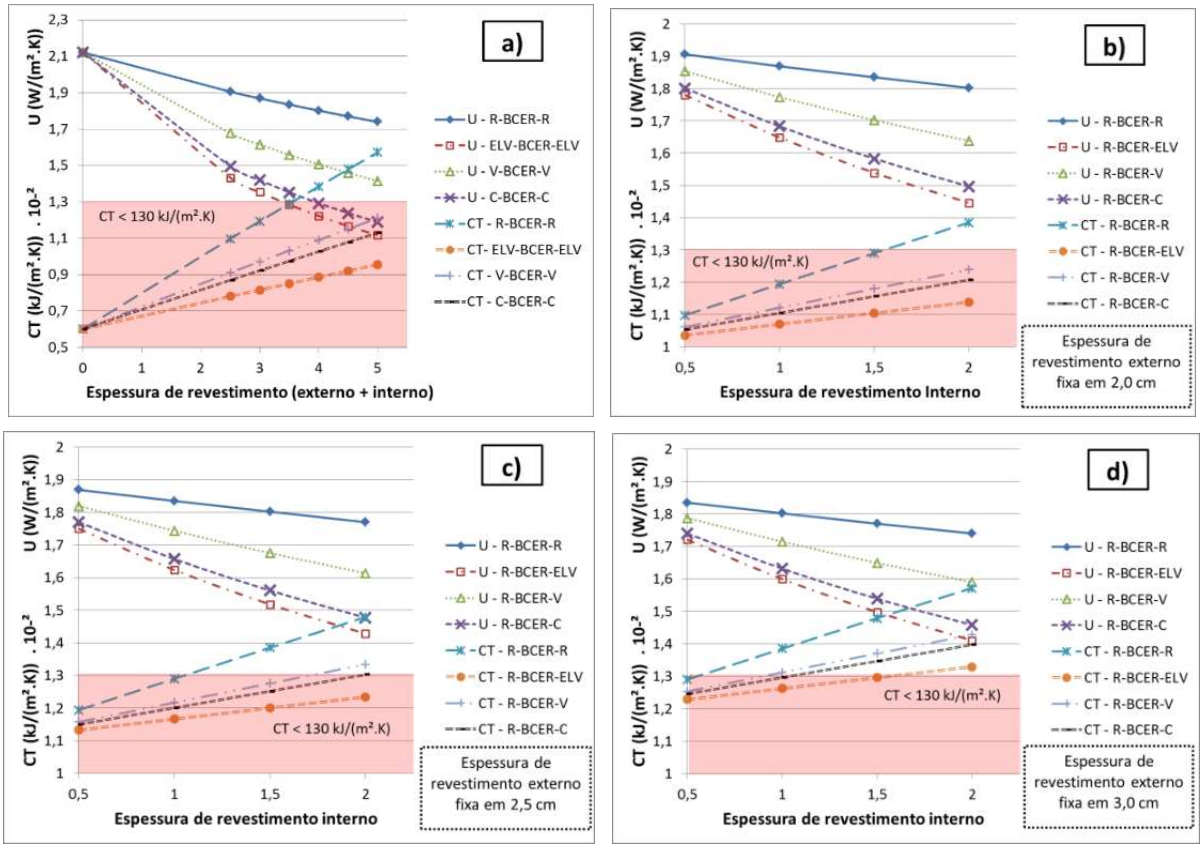


Fonte: autores

Os resultados dos sistemas constituídos por blocos cerâmicos e os diversos revestimentos de argamassa estão apresentados na Figura 3. Nela é possível observar que o uso de argamassas com isolantes aplicadas interna e externamente diminui consideravelmente os valores de U. No entanto, este parâmetro não é problema para BCER. A Figura 3-a) indica que a única alternativa com desempenho térmico mínimo é com argamassa convencional (R). As Figuras 3-b), 3-c) e 3-d) mostram o deslocamento das retas de CT para níveis superiores à medida que se aumenta a espessura revestimento externo com argamassa R. Ou seja, alternativas

isolantes de revestimento podem aumentar o desempenho térmico de sistemas BCER, mas o desempenho mínimo quanto ao critério CT pode ser garantido facilmente com utilização de ao menos uma camada de revestimento de maior densidade como o de argamassa convencional (CT > 130 kJ/m².K; CT > 1,3 (kJ/m². K) . 10^{-2}) em espessura superior a 2,5 cm.

Figura 3 – Influência das argamassas de revestimento nos sistemas com bloco cerâmico.

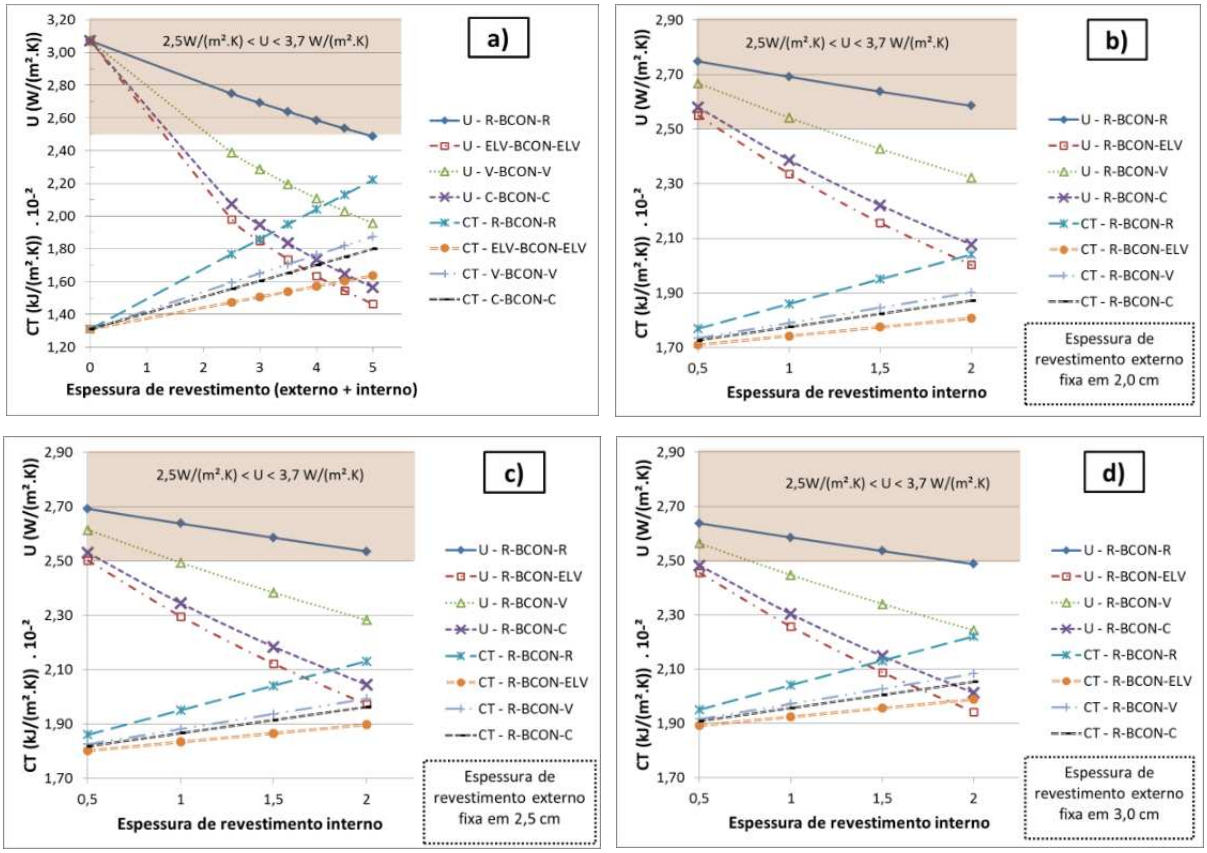


Fonte: autores

Os sistemas constituídos por blocos de concreto e revestimentos de argamassa apresentaram os resultados sintetizados na Figura 4. A figura indica que o emprego de argamassas com isolantes aplicadas interna e externamente diminui consideravelmente os valores de U, principal obstáculo para obtenção de desempenho térmico mínimo em sistemas BCER. No caso do BCON a capacidade térmica mínima é facilmente atingida (conforme Figura 2 e 4-a), inclusive no sistema sem revestimento. Por outro lado, a transmitância já é mais difícil de ser atingida; para a situação sem restrição de cor, é necessária uma espessura total de revestimento com argamassa convencional superior a 5 cm (soma da espessura interna e externa). Entretanto, a utilização de argamassas com isolantes pelo lado interno com espessuras a partir de 1 cm, associadas a uma camada de argamassa convencional de 2 cm

pelo lado externo, garantem o desempenho térmico mínimo. Outra opção é a utilização de argamassas com isolantes externa e internamente em espessuras cuja soma seja 2,5 cm ou superior (sistema, como ressaltado anteriormente, em que se deve avaliar a durabilidade das argamassas alternativas para aplicação externa). Com essas alternativas se garante a redução de transmitância térmica a valores sem restrições de cor de pintura obtendo-se desempenho térmico mínimo e condições de se adotar soluções estéticas na fachada com uso de cores escuras.

Figura 4 – Influência das argamassas de revestimento nos sistemas com bloco de concreto.



Fonte: autores

4. CONCLUSÕES

SVVE que utilizem o bloco cerâmico desse estudo não apresentam problemas quanto ao critério de transmitância térmica. Para este tipo de sistema há que se pensar em estratégias de aumento da capacidade térmica para se atingir o desempenho térmico mínimo, assim pode-se optar tão somente pela utilização de argamassas convencionais (cimento:cal:areia)

em espessuras superiores a 3,5 cm (interna+externa). É vantajoso, assim, visando o desempenho térmico mínimo, a utilização de argamassa convencional com blocos cerâmicos.

Nos sistemas BCON o critério de transmitância (obstáculo para obtenção de desempenho mínimo) sem restrição de utilização de cores escuras pode ser alcançado lançando mão de espessuras de revestimento convencional superiores a 5 cm (interna + externa) ou associando revestimento externo convencional com interno de argamassa com isolante. Assim, as argamassas com isolantes são mais vantajosas visando o desempenho térmico mínimo, principalmente as com menor valor de condutividade térmica.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de mestrado.

6. REFERÊNCIAS

1. LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4**: edificações habitacionais: desempenho: parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

4. CARASEK, H. Argamassas. *In*: Isaia, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, cap. 28, p. 893-944.

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-2**: desempenho térmico de edificações – parte 2: método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

6. PASSOS, P. M.; CARASEK, H. Argamassas com resíduos para revestimento isolante térmico de parede pré-moldada de concreto. **Cerâmica**, v. 64, n. 372, p. 577-588, out. 2018

7. FRADE, D.; TADEU, A.; TORRES, I.; MENDES, P. A.; SIMÕES, N.; MATIAS, G.; NEVES, A. Argamassas industriais com incorporação de granulado de cortiça. *In*: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS E ETICS, 4., 2012, Coimbra. **Anais** [...]. Coimbra: APFAC, 2012.