

# ANÁLISE DO DESEMPENHO TERMOACÚSTICO DE TIJOLOS DE ADOBE COM ADIÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO<sup>1</sup>

SANTOS, L. M., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, e-mail: luanamorsan@gmail.com; PRADO, A. A., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, e-mail: andpradoarq@gmail.com

## ABSTRACT

*In order to present alternatives that minimize the environmental impacts of construction, from the use of recycled and/or reused raw materials, in contrast to the large volumes of extraction of natural resources in the sector, this work produced and evaluated, mechanically, pure adobes and with different contents of expanded polystyrene (EPS), for further diagnosis of their thermoacoustic performance in masonry systems of fence, according to the norms of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT), mainly in Brazilian Regulatory Norm (NBR) 15575 of 2013. The mechanical characterization allowed the choice of an addition content that, like the pure bricks, was used in a building prototype, to evaluate the performance by means of measurements. The analysis of the thermal insulation comprised the realization of calculations that, using linear relations, revealed the minimum performance to the two types of prototypes, and of measurements that suggested the attendance at the "intermediate" level of performance. The acoustic insulation analysis, on the other hand, showed, in a general way, sound pressure levels higher than the limits of comfort, presenting characteristics acceptable in only two moments, at night.*

**Keywords:** Adobe Bricks. Expanded Polystyrene. Thermoacoustic Performance.

## 1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da construção civil, embora vetor econômico e social, é grande consumidora de recursos naturais, utilizando entre 20 e 50% do total consumido pela sociedade, e é também geradora de altos volumes de resíduos, sendo, portanto, responsável por vastos impactos ambientais (SJÖSTRÖM, 1992 apud TICIANE, 2005).

Na busca por meios de moderar a geração de resíduos, garantir o desenvolvimento sustentável e, ainda, reduzir o consumo de matérias-primas virgens com sua substituição por matérias-primas recicladas, o resgate das construções em terra, a partir de uma variedade de técnicas, surge como uma alternativa.

No contexto supracitado, o presente trabalho consistiu em produzir tijolos de adobe com adição de poliestireno expandido (EPS) reutilizado e avaliar o desempenho termoacústico quando no seu emprego em alvenaria de vedação.

---

<sup>1</sup> SANTOS, L. M.; PRADO, A. A. Análise do desempenho termoacústico de tijolos de adobe com adição de poliestireno expandido. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Adobe

Tijolos de adobe, sumariamente, tratam-se da mistura de solo, água e fibras, moldada em consistência plástica e seca sem processo de cozimento (MINKE, 2015; SANTIAGO, 2001), sendo muito conhecidos e difundidos pelo emprego em vedações verticais e coberturas (NEVES; FARIA, 2011).

Apesar da variedade de proporções, a literatura converge para teores pequenos de argila, pois, do contrário, se favorece o aparecimento de fissuras. Em contrapartida, solos demasiadamente arenosos ou siltosos comprometem o adobe pela falta de coesão interna e diminuição da resistência à compressão (NEVES; FARIA, 2011).

O processo de produção de adobes envolve as etapas de preparação do solo e das adições, preparação da mistura, moldagem, secagem e armazenamento (NEVES; FARIA, 2011). Na execução como alvenaria, a técnica dispensa reboco, favorecendo o balanceamento da umidade do ar (MINKE, 2015).

### 2.2 Poliestireno expandido

Descoberto em 1949, na Alemanha, pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, o poliestireno expandido, que responde pela sigla internacional EPS, ou, como é mais conhecido no Brasil, "Isopor" – marca registrada da Knauf para designar seus produtos feitos a partir desse material – é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno (proveniente do petróleo) em água, processo cujos produtos resultantes são pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que se destinam à expansão, podendo ter seu volume aumentado em até 50 vezes. Terminada a expansão, as pérolas chegam a apresentar em seu volume até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno (ABRAPEX, 2016).

O emprego do EPS é estimulado por uma série de vantagens, das quais destacam-se a baixa condutividade térmica, baixo peso, resistência a intempéries, resistência mecânica, baixa absorção de água, fácil manuseio, a possibilidade de reutilização e, ainda, a boa resposta acústica nas suas aplicações à construção civil (AMBIENTE BRASIL, 2011; MORAES; BRASIL, 2015).

### 2.3 Conforto termoacústico

O conforto térmico é um reflexo da satisfação com o ambiente térmico que envolve o usuário (ASHRAE, 2005 apud LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014), logo o conhecimento das condições climáticas locais é determinante no estabelecimento de estratégias construtivas, já na fase de projeto, que proporcionem a eficiência das edificações neste quesito.

A NBR 15575 (ABNT, 2013a) coloca o desempenho térmico das edificações como uma exigência para condições de habitabilidade. A avaliação desse desempenho pode ser feita de maneira simplificada, baseada nas

propriedades térmicas dos elementos construtivos, ou de maneira detalhada, por simulação computacional ou medição *in loco*.

O entendimento de conforto acústico também está atrelado às condições de habitabilidade, segundo NBR 15575 (ABNT, 2013b), e faz referência à limitação de ruídos, ou seja, sons desagradáveis à audição humana, aos limites normativos estabelecidos (CBIC, 2013). Tais limites, no caso de ruídos externos, estão estabelecidos na NBR 10151 (ABNT, 2000).

A NBR 10152 (ABNT, 1987), por sua vez, relaciona edificações de finalidades determinadas e seus ambientes com o nível sonoro para conforto (NSC) e o nível sonoro máximo aceitável (NSMA) para a finalidade.

### 3 METODOLOGIA

Para desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente, foi feito levantamento bibliográfico acerca da temática proposta. Em seguida, procedeu-se à escolha do local de extração do solo, bem como sua caracterização, baseada nos ensaios de massa específica, distribuição granulométrica, limites de consistência e compactação.

Paralelamente à etapa anterior, foram realizadas coleta e preparo dos resíduos de EPS, cuja fonte foi o lixo comum, e o volume coletado foi reduzido à perolas para incorporação à massa plástica de adobe.

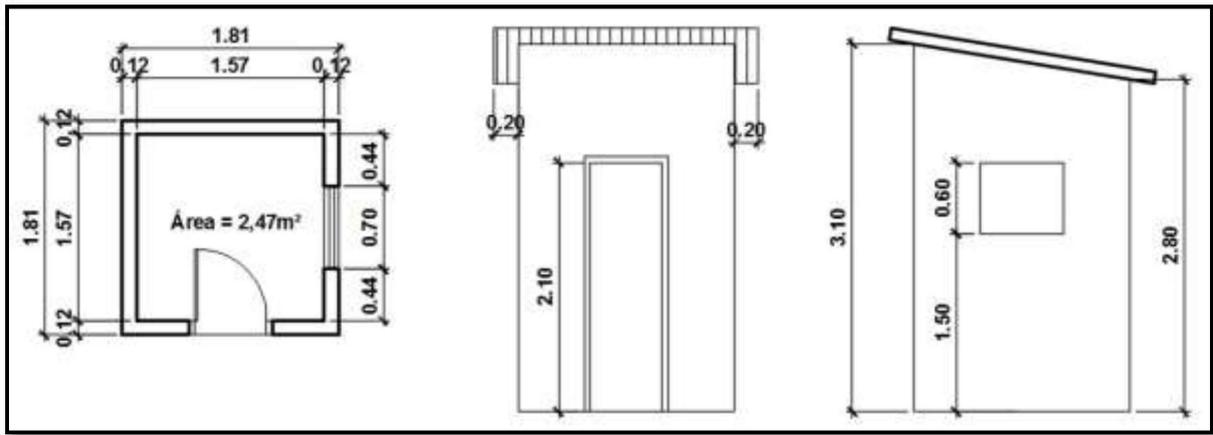
A partir da caracterização do solo e da preparação do EPS, foram confeccionados moldes em compensado de madeira plastificada, nas dimensões de 10cmX12cmX25cm, e definidos os traços de 0,0%, 0,1%, 0,2% e 0,3% de incorporação de EPS em relação à massa de solo, para posterior submissão dos tijolos aos ensaios mecânicos de compressão, retração, massa específica e absorção de água.

Com base na resposta mecânica de cada percentual de EPS adicionado, optou-se pela construção de protótipos com tijolos sem adição e com adição no traço que conferiu resistência dentro dos limites para emprego em alvenaria de vedação (ABNT, 1983) e que possuía maior teor de adição dentro das propostas.

Definidos os traços a serem utilizados, procedeu-se à produção dos tijolos para construção dos protótipos, a fim de identificar o comportamento termoacústico em alvenaria de vedação.

As dimensões dos protótipos (Figura 1) foram definidas para simular, dentro das possibilidades, condições de habitabilidade, isto é, pé direito próximo dos empregados em edificações térreas, e área de aberturas (17,1% da área do piso) em consonância com os valores indicados para a zona bioclimática 6 (ABNT, 2003b), na qual Uruaçu-GO está inserido. Nesse seguimento, na cobertura de ambos os protótipos foram utilizadas telhas de fibrocimento e na abertura correspondente à porta foi posicionada uma placa de madeira compensada.

Figura 1 – Planta baixa e fachadas frontal e lateral dos protótipos



Fonte: Os autores

Posteriormente à construção (Figura 2), foram realizadas avaliação do desempenho térmico, por meio de cálculos (ABNT, 2003a) e medições (ABNT, 2013a), e avaliação do desempenho acústico, também por medições (ABNT, 1987, 2000). Ambas as aferições foram realizadas, por três dias (ABNT, 2013a), com aparelho multifuncional, com funções de termômetro, higrômetro, decibelímetro e luxímetro, modelo THDL-400, da marca Instruther.

Figura 2 – Protótipos construídos



Fonte: Os autores

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização

A curva granulométrica, obtida através da análise por peneiramento e sedimentação, revelou o solo como areia argilo-siltosa com vestígios de pedregulho (ABNT, 1995), isto é, um solo com grande porção de finos, apartando-se dos percentuais recomendados para produção de adobes.

Em se tratando da resistência à compressão (Tabela 1), nenhum dos traços atingiu o valor médio correspondente ao mínimo exigido para vedação, 1,5 MPa (ABNT, 1983). Dessa forma, posto que o traço de 0,2% forneceu as

melhores respostas mecânicas médias e individuais, com alguns exemplares superando tal valor, este foi o percentual de adição de EPS em massa escolhido para continuidade do estudo.

Tabela 1 – Resistência à compressão ( $f_c$ ) média dos tijolos

Teor de EPS em massa (%)	$f_c$ (MPa)
0,0	1,08
0,1	1,10
0,2	1,19
0,3	1,07

Fonte: Os autores

Tanto os índices de retração, como os de absorção de água dos tijolos, não permitiram associar diretamente a incorporação de EPS à sua redução ou aumento. Os índices de massa específica aparente, por sua vez, mostraram que a incorporação de EPS favoreceu sua redução numa tendência quase linear.

#### 4.2 Desempenho termoacústico

O desempenho térmico, na análise por cálculo, levando em consideração a zona bioclimática e os limites para transmitância ( $\leq 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ) e capacidade térmica ( $\geq 130 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ ), atingiu, em ambos os protótipos, o nível mínimo de desempenho (Tabela 2), dado que os resultados obedeceram às relações  $U \leq U_{\text{limite}}$  e  $CT \geq CT_{\text{limite}}$  simultaneamente.

Tabela 2 – Propriedades térmicas da parede

Alvenaria com adobes	Resist. térm. parede ( $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ )	Resist. térm. total ( $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ )	Transmit. térmica – U ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )	Capac. térmica parede - CT ( $\text{kJ/m}^2\cdot\text{K}$ )	Atraso térm. (h)	Fator solar (%)	
						Mín.	Máx.
Puros sem reboco	0,2308	0,4008	2,495	168,3274	4,1	6,49	7,98
Adição sem reboco	0,2553	0,4253	2,3513	141,0894	3,9	6,11	7,52

Fonte: Os autores

Nesse contexto, a influência do EPS nas propriedades térmicas poderia ser mais fielmente avaliada com a mensuração da condutividade térmica e do calor específico dos adobes, em substituição à utilização de relações lineares.

Nas medições térmicas, embora o comportamento dos dois protótipos tenha sido muito semelhante, constatou-se que as menores temperaturas internas foram registradas no protótipo de tijolos com adição, enquanto as maiores temperaturas internas foram registradas no protótipo de tijolos puros. Nessa continuação, a inércia térmica foi comprovada, visto que, para ambos os protótipos, nos momentos de menor temperatura diária e menor incidência de radiação solar (primeira e última leitura do dia), a temperatura interna

mostrou-se superior à externa.

Logo, avaliando pelo terceiro dia de medição (ABNT, 2013a), é possível afirmar, aos dois protótipos em conjunto, que o desempenho atingido foi “intermediário” (Tabela 3).

Tabela 3 – Nível de desempenho térmico dos protótipos

Dia	Variação das temperaturas máximas interna e externa (°C)		Desempenho	
	Adobes puros	Adobes com adição	Adobes puros	Adobes com adição
06/07/2017	0,5	0,9	Mínimo	Mínimo
07/07/2017	2,5	1,7	Intermediário	Mínimo
08/07/2017	3,3	2,9	Intermediário	Intermediário

Fonte: Os autores

Acerca da acústica, os valores obtidos nas leituras, quando em comparação com os níveis de critério de avaliação para ambientes externos, considerando áreas mistas, predominantemente residenciais, estiveram acima dos níveis de referência para conforto da comunidade (NCA).

Em relação aos níveis sonoros para conforto e os máximos aceitáveis, de acordo com a finalidade das edificações, a conformidade foi avaliada para salas de estar e dormitórios de residências, revelando que em nenhum momento o desempenho atendeu o nível para conforto acústico e que, em apenas duas ocasiões, ambas no período noturno, a pressão sonora se encontrou abaixo da máxima aceitável (Tabela 4).

Tabela 4 – Conformidade com NSC e NSMA

Conformidade	Adobes puros (dB(A))				Adobes com adição (dB(A))										
	Dormitórios		Sala de estar		Dormitórios		Sala de estar								
	NSC (35)		NSMA (45)		NSC (35)		NSMA (45)								
	D*	N**	D	N	D	N	D	N							
C	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim						

\* Período diurno

\*\* Período noturno

Fonte: Os autores

## 5 CONCLUSÕES

A adição de EPS, mesmo com solo escapando de percentuais ideais, forneceu boas respostas mecânicas, aludindo que tal característica pode ser melhorada com técnicas de estabilização.

No que concerne ao desempenho térmico, foi verificada a inércia térmica e a ocorrência de temperatura mais amenas nos momentos de maior insolação diária.

Para o comportamento acústico, a redução da massa específica do adobe não foi uma vantagem. Todavia, o desempenho é favorecido quando

avaliado de modo integrado, considerando o sistema de vedação (cobertura e fachadas), com esquadrias adequadas e tapamento das frestas.

Por fim, a adição de EPS, nas condições estudadas, não melhorou significativamente o desempenho termoacústico dos protótipos. Entretanto, considerando que foram utilizados cerca de 7,7 kg de EPS para 3.850 kg de terra necessários para produção dos tijolos empregados no protótipo com adição, a incorporação no adobe consiste numa alternativa para redução do descarte direto de EPS.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Isopor** – O impacto no meio ambiente. Ambiente, Resíduos. Disponível em:

<[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor\\_-\\_o\\_impacto\\_no\\_meio\\_ambiente.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor_-_o_impacto_no_meio_ambiente.html)>. Acesso em: 30 dez. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6502**: Rochas e solos – Terminologia. Rio de Janeiro, RJ: 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 7170**: Tijolo cerâmico para alvenaria – Especificação. Rio de Janeiro, RJ: 1983.

\_\_\_\_\_. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, RJ: 2003a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, RJ: 2003b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, RJ: 2013a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, RJ: 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO – ABRAPEX. **O EPS e o meio ambiente**: informações sobre o comportamento ambiental do poliestireno expandido. Termo EPS, Comercial e Industrial LTDA: 2008.

Disponível em:

<<http://www.termoeps.com.br/imagens/meioambiente/oepseomeioambiente.pdf>>. Acesso em 01 jan. 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. Fortaleza, CE: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014.

MORAES, Carolina Brandão; BRASIL, Paula de Castro. **Estudo da viabilidade do poliestireno expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental**. 4º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, 1º Fórum de desempenho das Edificações, Eficiência Energético do Ambiente Construído. Passo Fundo, RS: 2015. Disponível em: <[https://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20\(EPS\).pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20(EPS).pdf)>. Acesso em: 01 jan. 2017.

MINKE, Gernot. **Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável**. 1 ed. 228 p. São Paulo: B4, 2015.

NEVES, Célia M. Martins; FARIA, Obede Borges. **Técnicas de construção com terra**. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011.

TICIANE, Ermínio. **Racionalização de projetos e redução dos custos ambientais na construção civil: o caso da Universidade das Américas - Uniamérica**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/103110>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

SANTIAGO, Cybèle Celestino. **O solo como material de construção**. 2 ed., rev. Salvador, BA: EDUFBA, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/1153/1/uso%20do%20solo%20como%20material%20de%20construcao.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2016.