

Transferência de Calor de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido

Transfer of Heat from Mortared Coatings to Reuse of Expanded Polystyrene Residues

Camila Mertz Sousa - Engenheira Civil graduada pela UNIJUI

camilamertzsousa@gmail.com

Tenile Rieger Piovesan - Mestre em Engenharia Civil pela UFSM

tenile.piovesan@unijui.edu.br

Resumo

Para a obtenção do conforto térmico, a sociedade tem utilizado meios de climatização artificial por longos períodos sem se preocupar com o consumo de energia. O consumo de energia elétrica é um dos indicadores do desenvolvimento econômico e social, porém o processo para gerar essa grande quantidade de energia ocasiona impactos ambientais. Por isso, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados é um desafio de extrema importância para todos os setores para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Partindo deste proposto, este trabalho tem como objetivo analisar a transferência de calor de argamassas com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido em teores de 15% e 30%. Os ensaios foram realizados em paredes com dimensões de 60x60cm, com revestimento argamassado em ambas as faces, aos 28 e 56 dias de idade de cada parede. Os resultados obtidos foram bastante significativos se comparados à argamassa de traço convencional.

Palavras-chave: Construção Civil; Argamassa de Revestimento; Reutilização de Materiais; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

In order to obtain thermal comfort, the company has been using artificial air conditioning for long periods without worrying about energy consumption. The consumption of electricity is one of the indicators of economic and social development, but the process to generate this large amount of energy causes environmental impacts. Therefore, the substitution of natural resources for recycled materials is a challenge of extreme importance for all sectors to contribute to sustainable development. Based on this proposal, this work has the objective of analyzing the heat transfer of mortars with partial replacement of the natural small aggregate by expanded polystyrene residues in contents of 15% and 30%. The tests were performed on walls with dimensions of 60x60cm, with mortar coating on both faces, at 28 and 56 days of age of each wall. The results obtained were very significant when compared to conventional mortar.

Keywords: Civil Construction; Coating Mortar; Reuse of Materials; Sustainable development.

1. Introdução

Conforme Mateus (2004) a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera entulhos, mas também possui o maior potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados. Tessari (2006) menciona que a geração de resíduos é inevitável e que a reciclagem de materiais para gerar novos produtos é insubstituível, assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes que resultem em materiais com desempenho técnico adequado é um desafio importante no ramo da construção civil.

Na busca por novos métodos mais adequados, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados em argamassas e concretos vem sendo um tema bastante analisado em diversas pesquisas das Engenharias nas últimas décadas. Através do conhecimento sobre as propriedades dos materiais, é possível executar sistemas construtivos que sejam mais duráveis e eficazes, reduzindo os impactos ambientais (BEZERRA, 2003).

De acordo com Baía e Sabbatini (2002) a argamassa de revestimento possui um papel importante na indústria da construção, porque é a primeira barreira contra os agentes da degradação, além de intervir na estética do edifício, possui capacidades funcionais de proteção que contribuem para o comportamento adequado de toda a construção.

Desta maneira, com esta pesquisa busca-se uma alternativa ao nível da formulação de argamassas, que contribua para o desenvolvimento sustentável e responda as necessidades existentes. É neste contexto que se decidiu substituir 15% e 30% do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido (EPS), com o intuito de analisar a consistência e a resistência à compressão destas composições e compará-las com a argamassa convencional utilizada no Brasil.

2. Argamassa de Revestimento

A argamassa é um material da construção civil definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como uma mistura homogênea, composta de agregado miúdo, ligante e água, que pode ou não conter aditivos, e que possui a capacidade de endurecimento e aderência.

Como o desempenho das argamassas depende da quantidade e da qualidade dos materiais constituintes, é necessário conhecer as características específicas de cada componente e escolher o traço ideal de acordo com a finalidade da atividade que será executada (RIPPER, 1995).

As funções da argamassa são descritas por Fiorito (2009). Dentre elas, pode-se citar a proteção das vedações, estanqueidade à água, melhorar a durabilidade, proporcionar acabamentos às superfícies ou servir de base para outros materiais. O autor também cita que a argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades no estado fresco e endurecido para exercer corretamente suas funcionalidades.

As propriedades no estado fresco são trabalhabilidade, consistência, coesão, retenção de água, massa específica, adesão inicial e retração na secagem. No estado endurecido a argamassa apresenta propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (BAÍA E SABBATINI, 2002).

3. Desempenho Térmico

Quando o sol incide sobre a edificação, parte da radiação é transferida para o ambiente interno afetando as condições de conforto térmico dos ocupantes. A quantidade de calor transmitida depende da intensidade dos raios solares e das características dos fechamentos que são classificados em opacos e transparentes (FROTA E SCHIFFER, 2001).

Segundo Lamberts *et al.* (2014) nos fechamentos opacos a radiação é absorvida ou refletida, enquanto que nos fechamentos transparentes 90% da radiação é transmitida diretamente para o ambiente interno. O autor também cita que o uso do ar condicionado em residências é responsável por 20% do consumo total de energia elétrica, sendo que as regiões brasileiras que mais gastam com esse mecanismo são o Norte e o Sul, gastando 40% e 32% de energia respectivamente.

Devido a esse exposto, percebe-se a necessidade de isolar termicamente uma edificação independente da região do planeta. Enquanto na Europa, para obter conforto térmico, a maior necessidade é preservar o calor interno, no Brasil, na maior parte de sua área, a necessidade é de impedir a entrada excessiva de calor (THOMAS E ISHIOKA, 2011).

Frota e Schiffer (2001) citam que antigamente o conceito de isolamento térmico baseava-se na utilização de materiais com grande massa e espessura, e atualmente é possível adequar o projeto a real necessidade do isolamento e quantificar o material isolante ideal para cada caso, devido ao avanço das tecnologias e à adaptação ao desenvolvimento sustentável.

4. Poliestireno Expandido

O poliestireno expandido é um plástico celular rígido derivado do petróleo, conhecido no Brasil como isopor, composto por um polímero de estireno e um agente de expansão, obtido pela polimerização do estireno em água. Para realizar essa expansão é empregado o pentano, que é um hidrocarboneto que se degrada com a ação dos raios solares, por isso é um material 100% reciclável e reaproveitável, que pode voltar à condição de matéria prima. Depois de expandidas, o produto resulta em pérolas que consistem em 98% de ar e apenas 2% de poliestireno (ABIQUIM, 2014).

De acordo com a ABRAPEX (2006) o isopor é um produto muito utilizado na fabricação de embalagens e altamente difundido na indústria da construção civil devido suas características, que são: material isolante, leveza, baixa condutibilidade térmica, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choques e resistência à compressão.

A ABIQUIM (2014) também menciona que o EPS como material de construção diminui os custos da obra devido ao seu preço ser menor que os materiais convencionais, possuem ampla compatibilidade físico-químico com os demais materiais empregados na construção civil, são duráveis, possuem excelente deformabilidade e estabilidade dimensional e estão de acordo com a sustentabilidade, pois proporcionam economia de energia e são produzidos sem emissões de CFC.

Mesmo o EPS sendo um material totalmente reciclável, há grandes volumes de resíduos devido ao excesso de embalagens, que são depositados em aterros sanitários, o que se torna nocivo ao meio ambiente. Este material leva em torno de 150 anos para se degradar e ocupam muito espaço, afetando a decomposição de materiais biodegradáveis, pois criam camadas impermeáveis que prejudicam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de degradação da matéria orgânica (TESSARI, 2006).

Devido a estes fatores, a ABRAPEX (2006) cita que a reciclagem do isopor é executada em dez etapas e que em algumas vezes se torna mais viável reutilizar estes resíduos, pois nas últimas décadas estes materiais estão sendo muito utilizados em substituição aos agregados nos concretos e argamassas devido a sua baixa densidade e características térmicas.

5. Metodologia

Primeiramente, esta pesquisa foi considerada como bibliográfica, pois foram utilizados materiais já publicados como artigos, livros, publicações sobre o tema, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e normatizações vigentes.

Em um segundo momento realizou-se ensaios laboratoriais, constituindo uma pesquisa experimental. Todos os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Engenharia Civil (LEC), pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), no município de Ijuí.

5.1 Caracterização dos Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32. Este cimento segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991) é composto de filer, não possui adições pozolânicas, e possui um grau de finura adequado, garantido um desempenho e uma resistência maior.

Foi utilizada cal hidráulica CH-II, que é composta de cal hidratada dolomítica com adições de cinzas minerais, e proporciona ótima trabalhabilidade, melhora a plasticidade e a aderência.

A areia utilizada foi fornecida pelo LEC da Unijuí, e antes de realizar qualquer ensaio, este material foi colocado na estufa por 24 horas para retirar toda a umidade existente.

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) foram ralados com uma escova de aço para que se obtivesse um material mais fino. Posteriormente, este material foi passado na peneira de 4,75mm (Figura 1), sendo utilizado somente o material passante nesta peneira, que é a especificação para o agregado miúdo segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 1: Poliestireno expandido sendo peneirado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada foi fornecida pelo poço artesiano que abastece o LEC da Unijuí.

Para a execução das paredes foram utilizados tijolo cerâmico 6 furos com dimensões de 9x14x19 cm.

O traço da argamassa para assentar os tijolos foi de 1:6 (uma unidade de cimento para seis unidades de areia).

O chapisco executado nas paredes teve um traço de 1:4 (uma unidade de cimento para quatro unidades de areia).

Para a argamassa de revestimento foi utilizado um traço padrão de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia), sendo executados três revestimentos diferentes devido a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido. A primeira argamassa foi produzida com traço convencional, a segunda foi produzida substituindo 15% da areia por poliestireno expandido e a terceira foi produzida substituindo 30% da areia por poliestireno expandido.

5.2 Instrumentos e Câmara de Medição

Rupp (2009) desenvolveu uma câmara térmica com dimensões internas de 60x40x40 cm, composta de madeira compensada, poliestireno expandido de 50 mm e papel laminado. No orifício deixado foi instalada uma lâmpada de 250 Watts, que forneceu o calor necessário para aquecer as paredes. Também foi colocado um dimmer para controlar a intensidade luminosa. A Figura 2 demonstra a câmara pronta.



Figura 2: Câmara térmica. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para as medições, foram utilizados termopares fornecidos pelo LEC da Unijuí. Este instrumento é um termômetro digital que permite medir a temperatura interna e externa do ambiente. A temperatura ambiente (IN) possui uma faixa de medição de -10°C a 60°C e a temperatura externa (ON) possui uma faixa de medição de -50°C a 70°C .

5.3 Execução das Paredes

As paredes foram executadas com dimensões de 60x60cm. O levantamento das alvenarias foi efetuado de acordo com as orientações de Ripper (1995), iniciado pelos cantos, obedecendo ao prumo para o alinhamento vertical e o escantilhão no sentido horizontal. O assentamento dos tijolos foi realizado conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984) de forma que as juntas ficassem alternadas para garantir maior resistência e assim evitar o cisalhamento vertical dos tijolos.

Concluído o levantamento, foi executado o chapisco. Para a realização do emboço, primeiramente foram fixadas madeiras, que serviram como moldes para delimitar a espessura de 2 cm em ambas as faces das paredes. A argamassa foi aplicada sobre o chapisco com colher de pedreiro. Posteriormente foi realizado o sarrafeamento e o desempenamento para que se obtivesse uma superfície plana e homogênea como recomenda a NBR 7200 (ABNT, 1998).

5.4 Determinação da Transferência de Calor

O ensaio de transferência de calor consiste em medir a condução em cada parede. Ordenes *et al.* (2008) descreve que a propagação de energia térmica por condução ocorre dentro de um material devido à agitação das moléculas, em que a extremidade mais quente transmite o calor para a extremidade mais fria através da colisão entre estas partículas.

O intuito do ensaio foi verificar se a argamassa de revestimento com poliestireno expandido conduz menos energia térmica que a argamassa de revestimento convencional. Este ensaio foi realizado aos 28 e 56 dias de idade.

Primeiramente, foram instalados os três termopares em cada parede e em seguida a câmara térmica foi acoplada na parede de ensaio, de modo que a lâmpada ficasse centralizada com a parede, conforme demonstra a Figura 3.



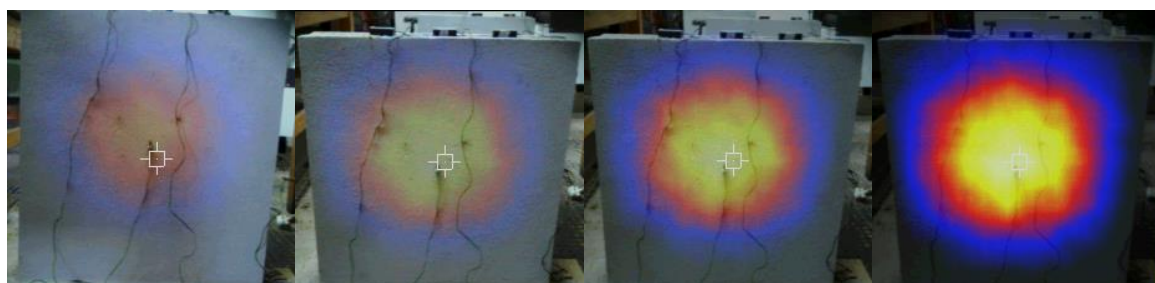
Figura 3: Configuração dos termopares. Fonte: Elaborado pelos autores.

O termopar 1 foi configurado no modo ON, fixado no centro da parede em contato com a lâmpada e mediu a temperatura da face externa da parede. O termopar 2 foi configurado no modo ON, fixado no centro da parede oposta à lâmpada e mediu a temperatura da face interna da parede. O termopar 3 foi configurado no modo IN, não foi fixado e mediu a temperatura ambiente.

A lâmpada foi ajustada em uma temperatura aproximada a 70°C , e foram tiradas leituras dos termopares a cada meia hora, até a temperatura manter-se estável, resultando em um período de doze horas de ensaio.

6 Resultados

A Figura 4 apresenta a transferência de calor para a parede interna ao decorrer do tempo, respectivamente as 3, 6, 9 e 12 horas de ensaio.



a) Ensaio após 3 horas b) Ensaio após 6 horas c) Ensaio após 9 horas d) Ensaio após 12 horas

Figura 4: Ensaio de transferência de calor ao decorrer do tempo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que a propagação de energia térmica aumentou gradativamente com o decorrer do tempo. Isto ocorreu devido à agitação das moléculas, que transferiu calor da face mais quente para a face mais fria, fato explicado e já mencionado por Ordenes et al. (2008). Como esta agitação das moléculas aumenta proporcionalmente com o decorrer do tempo, após 12 horas de ensaio a condução foi maior, como visto na Figura 4.

8.1 Transferência de Calor aos 28 dias

As três paredes receberam um fluxo de calor constante. O comportamento térmico de todas as paredes aos 28 dias de idade pode ser visualizado na Figura 5.

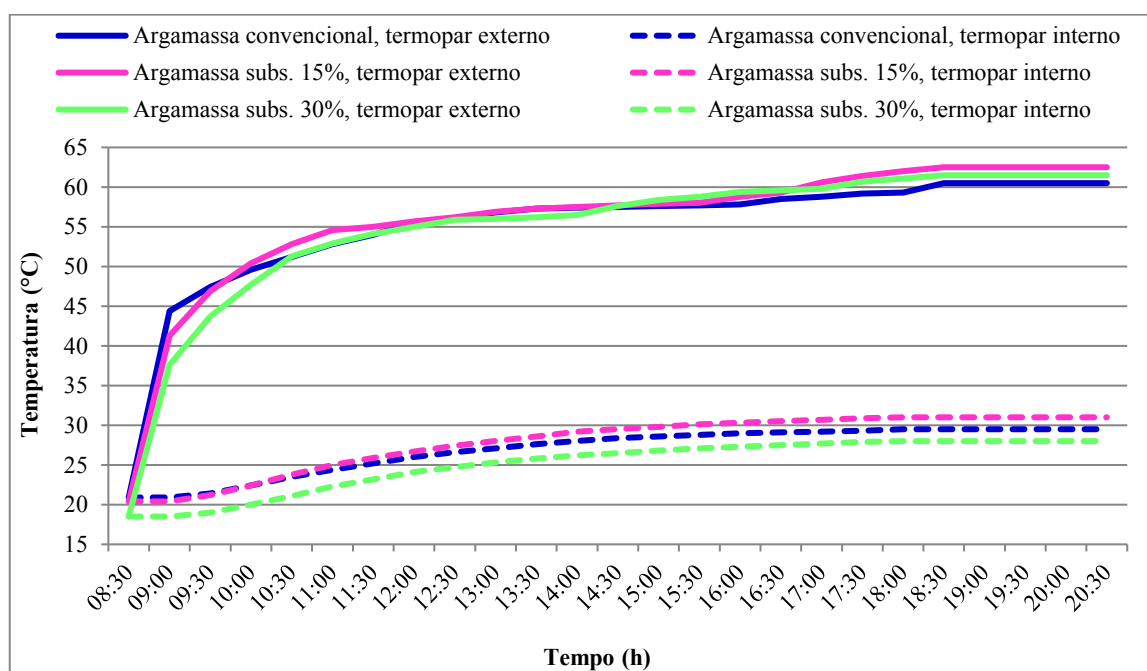


Figura 5: Ensaios de temperatura aos 28 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os termopares fixados na face interna da parede apresentam valores de temperatura inferiores aos lidos na face exposta ao calor. Na Figura 6 estão apresentadas as medidas realizadas na última meia hora de ensaio e as diferenças de temperaturas entre as faces das paredes.

Temperaturas (°C)	Convencional	Subs. 15%	Subs. 30%
Externa	60,50	62,50	61,50
Interna	29,50	31,00	28,00
Diferença ΔT	31,00	31,50	33,50

Figura 6: Diferenças de temperaturas aos 28 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Através destes resultados é possível se obter valores em percentuais em relação ao desempenho térmico de cada parede. A argamassa com 15% de EPS obteve uma melhoria de 1,61% e a argamassa com 30% de EPS obteve uma melhoria de 8,06%, ambas comparadas à argamassa convencional.

8.2 Transferência de Calor aos 56 dias

A Figura 7 representa o desempenho térmico de cada parede aos 56 dias.

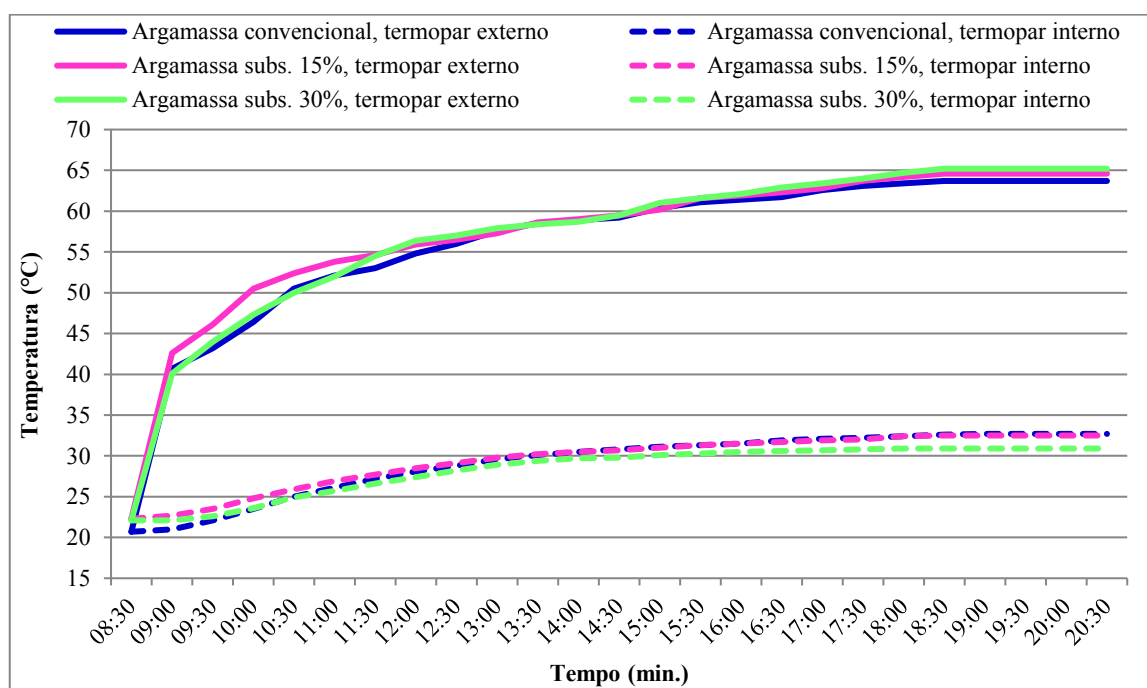


Figura 7: Ensaios de temperatura aos 56 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que novamente as argamassas com poliestireno expandido apresentam melhor comportamento térmico que a argamassa convencional. Na Figura 8 estão demonstradas as leituras realizadas na última meia hora de ensaio e as diferenças de temperaturas entre as faces das paredes.

Temperaturas (°C)	Convencional	Subs. 15%	Subs. 30%
Externa	63,70	64,60	65,20
Interna	32,70	32,50	30,90
Diferença ΔT	31,00	32,10	34,30

Figura 8: Diferenças de temperaturas aos 56 dias. Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando as argamassas com poliestireno expandido com a argamassa convencional, se obteve resultados satisfatórios de desempenho térmico. A argamassa com 15% de EPS apresentou um aumento de 3,55% e a argamassa com 30% de EPS apresentou um aumento de 10,65%. Valores superiores ao comportamento aos 28 dias.

8.3 Comparativo dos Resultados de Transferência de Calor

Para uma melhor visualização da evolução da transferência de calor das paredes ao longo dos 56 dias, os dados das diferenças de temperaturas entre as faces das paredes foram sobrepostos na Figura 9.

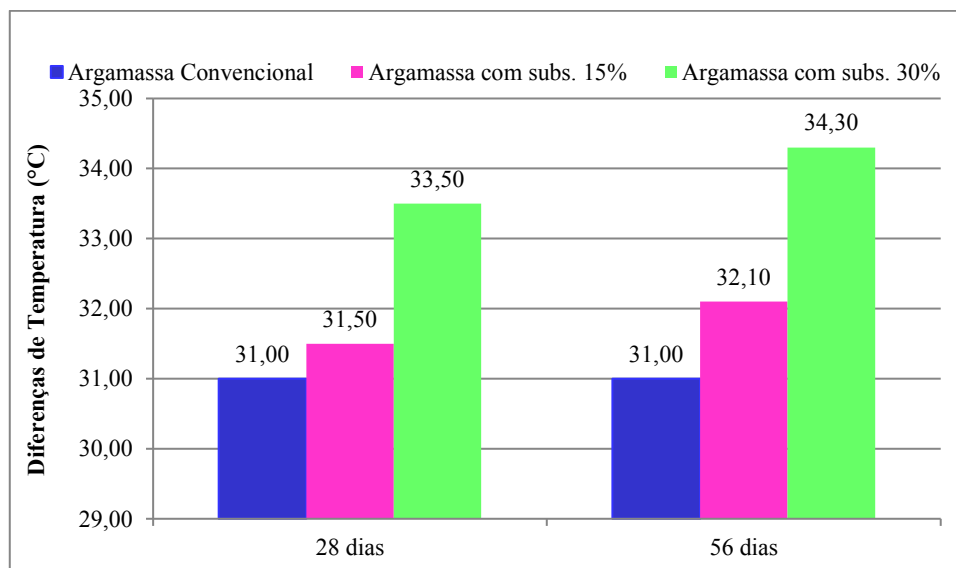


Figura 9: Sobreposição das diferenças de temperaturas nas duas idades. Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta Figura demonstra que as argamassas com poliestireno expandido transferiram menor calor para a face interna da parede, pois ao substituir parte da areia por EPS a densidade dos elementos construtivos sofre pequenas alterações, fato explicado por Lamberts *et al.* (2014) que conforme a densidade do material diminuiu a condutividade térmica também é reduzida.

Segundo Bezerra (2003) é evidente que as amostras com maior percentual de poliestireno expandido apresentem resultados de isolamento térmico melhores, devido a maior quantidade de ar presente na composição do material.

7 Conclusão

Ao se utilizar poliestireno expandido como substituinte parcial do agregado miúdo, conseguiu-se atingir resultados significativos com a redução do fluxo de calor, sendo uma alternativa plausível para um melhor isolamento térmico.

De maneira geral, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que o emprego do poliestireno expandido na argamassa teve um desempenho positivo. É possível ter viabilidade técnica, mas é necessário um maior aprofundamento sobre o comportamento deste material em substituição ao agregado miúdo natural.

O reaproveitamento de EPS na forma de agregado miúdo pode reduzir o custo de produção da argamassa contribuindo significativamente para a construção sustentável, diminuindo o impacto ambiental causado pelo descarte deste material.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2009. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural, de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, RJ. 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA QUÍMICA. ABIQUIM. EPS – Poliestireno Expandido. São Paulo, SP. 2014. Disponível em: www.epsbrasil.eco.br Acesso em: 23 mai. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. ABRAPEX. Manual de Utilização de EPS na Construção Civil. São Paulo, SP. Pini. 2006. 8p.

BAÍÁ, L. L. M. E SABBATINI, F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. São Paulo, SP. O Nome da Rosa. 2002. 83 p.

BEZERRA, L. A. C. Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo. Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como um dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Área: Termociências. Natal, RN. 2003. 64 p.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de Argamassas e Revestimentos. 2 ed. São Paulo, SP. Pini. 2009. 236 p.

FROTA, A.B; SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico. São Paulo, SP. Studio Nobel. 2001. 244p.

LAMBERTS, R. *et al.* Eficiência Energética na Arquitetura. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ. Eletrobrás/Procel. 2014. 382p.

MATEUS, R. F. M. da S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2004. 224 p.

ORDENS, M. *et al.* Transferência de Calor na Envolvente da Edificação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFSC. Florianópolis, SC. 2008. 41p.

RIPPER, E. Manual Prático de Materiais de Construção. São Paulo, SP. Pini. 1995. 253 p.

RUPP, R.F. Análise da Transferência de Calor em Paredes Compostas por Tijolo Maciço. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Ijuí, RS. 2009. 118p.

TESSARI, J. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2006. 102p.

THOMAS, B; ISHIOKA, L. Materiais de Construção – Isolamento Térmico. Laboratório de Construção da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2011. 26p.