

Incorporação do Poliestireno Expandido (EPS) em Argamassas Cimentícias

Janilce Negrão, Rafaela Ribas da Rocha, Adriana de Paula Lacerda Santos, Nicolle Sotsek, Marcell Mariano Maceno

Resumo: Dentro do âmbito da construção civil, resíduos sólidos são descartados diariamente sem muitas vezes pensar na possibilidade da reutilização ou reciclagem. Neste contexto, o objeto de estudo foi desenvolver uma argamassa com a incorporação de EPS (poliestireno expandido) como substituto parcial do agregado miúdo. A metodologia utilizada baseou-se em uma revisão bibliográfica sobre as argamassas que já utilizam resíduos sólidos como material, aliado aos ensaios em laboratório de diferentes formulações de argamassas com EPS, visando testar a resistência mecânica das mesmas. Para isso, foram realizados testes de esforços (tração na flexão e compressão) em corpos de prova compostos de cimento, areia, água e EPS. Foram ao todo 4 traços diferentes: 3 contendo EPS e mais um contendo somente cimento areia e água (uma argamassa de referência). Os traços utilizados foram os seguintes: (na ordem do traço, respectivamente: cimento:areia:EPS) 1:2,8:0,03 (ARG1); 1:2:0,3 (ARG2) - ambos com relação água/cimento de 0,6; 1:1,193:0,0193 (ARG3) - relação água/cimento de 0,5 e a argamassa de referência com traço de 1:3 (ARGREF) e relação água/cimento igual a 0,5. Os resultados obtidos em laboratório mostraram que, conforme aumenta-se a quantidade de EPS, menor é a resistência da argamassa, tanto para compressão quanto para tração na flexão. Dentre as argamassas com EPS testadas, a mais resistente foi a que tinha uma quantidade menor de EPS (ARG3), sendo a resistência à tração na flexão aos 28 dias de 3,64 Mpa e a resistência à compressão, também aos 28 dias, de 9,23 Mpa. Baseado no estudo desenvolvido foi possível concluir que as argamassas contendo EPS podem ser utilizadas na construção de habitações populares, porém sem uma função estrutural. Além disso, ressalta-se o fato de que é uma argamassa menos densa, o que pode ser positivo para aplicação em alguns elementos do ambiente construído.

Palavras-chave: Resíduos, Argamassa, EPS

Incorporation of Expanded Polystyrene (EPS) in Cement Mortars

Abstract: Within the scope of construction, solid waste is discarded daily without often thinking about the possibility of reuse or recycling. In this context, the object of study was to develop a mortar incorporating EPS (expanded polystyrene) as a partial substitute for fine aggregate. The methodology used was based on a literature review on mortars that already use solid waste as material, combined with laboratory tests of different formulations of mortars with EPS, aiming to test their mechanical resistance. For this, stress tests (flexural traction and compression) were performed on specimens composed of cement, sand, water and EPS. There were a total of 4 different strokes: 3 containing EPS and one containing only sand and water cement (a reference mortar). The traits used were as follows: (in the order of the trait, respectively: cement: sand: EPS) 1: 2.8: 0.03 (ARG1); 1: 2: 0.3 (ARG2) - both with a water / cement ratio of 0.6; 1: 1.193: 0.0193 (ARG3) - water / cement ratio 0.5 and reference mortar with a 1: 3 trace (ARGREF) and water / cement ratio 0.5. The results obtained in the laboratory showed that as the amount of EPS increases, the lower the mortar resistance, both for compression and for flexural traction. Among the tested mortars with EPS, the most

resistant was the one with the lowest amount of EPS (ARG3), with the flexural tensile strength at 28 days being 3.64 Mpa and the compressive strength also at 28 days. 9.23 Mpa. Based on the study it was concluded that the mortars containing EPS can be used in the construction of popular dwellings, but without a structural function. Moreover, it is emphasized that it is a less dense mortar, which can be positive for application in some elements of the built environment.

Keywords: Waste, Mortar, EPS

1. Introdução

No Brasil, em 2016, foram descartadas 78,3 milhões de toneladas de lixo. Desses, 91% foi coletado, mas metade da porcentagem (cerca de 45%) foi para lixões e aterros de baixa segurança. A Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe-, constatou que foram geradas 29,7 milhões de toneladas de resíduo sólido com destinação inadequada, refletindo diretamente na segurança e saúde da população. O lixo, visto por este lado, aparenta ser um problema para a sociedade. No entanto, a tentativa da reutilização do material descartado, como uma forma de solucionar os grandes volumes de lixo, vem a ser bastante empregada (ABRELPE, 2016).

A reutilização, em um contexto mundial, é bastante difundida, principalmente pensando no desenvolvimento sustentável. Os recursos naturais que estão disponíveis são finitos e, principalmente na construção civil, possuem grande necessidade de uso, visto que é o setor em que são mais utilizados. Usar resíduos descartados é uma oportunidade de inovação para o desenvolvimento de produtos e ainda contribui para a preservação do meio ambiente. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012). Felizmente, já existem diversos materiais que são manufaturados a partir de resíduos, como os tijolos de entulho, blocos ISOPET (a partir do isopor e das garrafas PET), concretos com borracha de pneu ou tijolos e concretos com adição de PET ou fibras do PET. É essencial que o número de materiais reciclados seja cada vez maior, visando a sustentabilidade (SANTOS, 2018).

Dentre os materiais que podem ser reutilizados dentro do escopo da construção civil, especificamente como substituto parcial do agregado nas argamassas, encontra-se o EPS. O poliestireno expandido (EPS), mais conhecido como Isopor® (marca registrada da empresa Knauf Isopor® Ltda.), é resultado da polimerização do estireno em água, formando um plástico celular rígido. Dentro da construção civil, o material já é utilizado como isolante térmico nas edificações, sendo eficiente para este fim. Este material tem como vantagem a possibilidade de reaproveitamento e reciclagem que, mesmo após ser reutilizado infinitas vezes, as propriedades mecânicas não são perdidas (ABIQUIM, ____).

Neste contexto, o objetivo da pesquisa foi desenvolver um compósito a partir do uso do EPS que pudesse ser utilizado em placas cimentícias para habitações populares como forma de vedação.

Utilizando o EPS como agregado na argamassa é possível obter resultados mecânicos com bom desempenho. O segredo da mistura está no traço (quantidade de cada elemento da mistura) bem como no processo de fabricação da argamassa. O objetivo foi encontrar a melhor quantidade de EPS para que se obtivesse uma argamassa ideal dentro dos padrões que são exigidos em placas cimentícias para a função anteriormente explicada.

2. Revisão Bibliográfica

A Argamassa é um material poroso largamente utilizado na construção civil, é definida pela NBR- 13529:2013 da seguinte forma: “Argamassa é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.” O material é utilizado para diversas aplicações, e que, também conforme a NBR-13529:2013, as propriedades dependem das proporções e do tipo dos aglomerantes e agregados empregados.

Buscando-se ampliar o escopo de aplicações das argamassas na construção civil, pesquisas e experimentos são realizados constantemente para se encontrar outros tipos de materiais que possam ser utilizados como agregados. As pesquisas têm como objetivo testar os efeitos causados dentro da argamassa por estes diferentes materiais. (PIRES, 2017).

2.1 Poliestireno expandido (EPS)

Dentre as resinas termoplásticas existentes, como o polipropileno (PP) e o cloreto de polivinila (PVC), encontra-se também o poliestireno (PS). Esse último foi produzido comercialmente pela primeira vez em 1930 por uma companhia Alemã (IG Farbenindustrie) e desde então sua produção e vendas vêm crescendo significativamente. (TESSARI, 2016).

Segundo o Banco de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o poliestireno é vendido em três diferentes formas: Cristal (GPPS), Poliestireno expandido (EPS) ou Poliestireno de alto impacto (HIPS). O poliestireno expandido é produzido a partir de uma expansão da resina do próprio poliestireno condicionada pela injeção de um agente químico na fase da reação de polimerização. Assim forma-se uma espuma rígida que tem como principais usos o isolamento térmico e embalagens para proteção de produtos, funcionando como uma barreira física. (TESSARI, 2016).

Dentro da construção civil o uso do poliestireno expandido está ainda mais difundido. Por suas características isolantes, leveza, facilidade de manuseio, versatilidade e ainda baixo custo, esse material se encontra cada vez mais inserido nas estruturas construídas no país. Existe uma economia de mão-de-obra, equipamentos e tempo de execução. (MORAES E BRASIL, 2015)

Dentre as funções que o EPS pode desempenhar para a construção civil, também segundo Tessari (2016), está o isolamento térmico já mencionado, o preenchimento de lajes em função de seu baixo peso específico além da produção de concreto leve, que funciona visto que o poliestireno expandido praticamente não absorve água. A partir da produção do concreto leve, segundo Metha e Monteiro (1994), ainda se tem como vantagem uma produção de peças pré-fabricadas com menores custos de manuseio, transporte e montagem.

Dentro deste mesmo contexto, pré-fabricados exigem que novos materiais sejam sempre desenvolvidos para que se tenha um desenvolvimento do setor da construção civil. Aqui, entra-se a utilização do EPS, visto tudo que foi apresentado anteriormente sobre as vantagens oferecidas por este material.

A fim de se estudar a possibilidade da utilização do EPS na Construção Civil, foram empregadas nesta pesquisa argamassas, compostas de cimento, areia, poliestireno expandido e água. Estas, têm como objetivo a fabricação de placas cimentícias, que possam ser utilizadas em habitações populares como forma de vedação (suporte para telhas). A pesquisa, a partir da produção de corpos de prova, visou obter o traço ideal para que a placa tenha condições de

proteger o imóvel de possíveis intempéries e vedar a habitação corretamente. Para se obter tal traço, foram testadas diferentes quantidades de poliestireno expandido (EPS) para cada mistura, realizando testes de resistência à compressão e tração na flexão.

3. Ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão

Para avaliar devidamente as resistências de um corpo de prova de argamassa, a norma NBR 13279:2005 explica como devem ser feitos os seguintes ensaios: Ensaio de resistência à tração na flexão e Ensaio de resistência à compressão.

O ensaio de de resistência à tração na flexão funciona submetendo o corpo de prova à flexão, com carregamento em duas seções simétricas, até o momento da ruptura. O carregamento é imposto por uma máquina que deve estar conforme a ABNT NBR NM 7500-1 exige. A força aplicada é de (50 +/- 10) N/s e a resistência à tração é calculada pela equação 1.

$$R_f = \frac{1,5F_f L}{40^3} \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

- R_f : resistência à tração na flexão (MPa)
- F_f : carga aplicada verticalmente no centro do prisma (N)
- L : distância entre os suportes (mm)

O ensaio de resistência à compressão deve ser realizado com as duas metades que restarão do ensaio de tração na flexão, posicionando-as, uma de cada vez, no mesmo equipamento (ajustado para o ensaio de compressão) aplicando-se uma força de (500 +/- 50) N/s até a ruptura. Neste caso, a resistência é calculada pela equação 2.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

- R_c : resistência à compressão (MPa)
- F_c : carga máxima aplicada (N)

4. Materiais e Métodos

Para realizar o projeto foi realizada uma revisão da literatura a fim de identificar os diferentes traços de argamassas contendo EPS. Na sequência os corpos de prova foram moldados e ensaiados no laboratório de argamassas do CESEC dentro do campus politécnico da UFPR (Universidade Federal do Paraná) para testar os traços com potencial.

O experimento se deu a partir da preparação de corpos de prova (CP'S) que são compostos de

Cimento Portland (CPII-E), areia média comum e água. Foram moldados, ao todo, 4 tipos diferentes de CP's: um deles contendo somente os materiais citados anteriormente (sendo uma argamassa de referência para comparação de resultados preparada com cimento areia e água) e outros três compostos dos mesmos materiais, mas adicionando-se poliestireno expandido. O EPS utilizado foi em formato de pérolas (bolinhas) conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1- Pérolas de EPS

Baseado na revisão da literatura, tendências de traços de argamassas com EPS foram testadas e abandonadas quando não obtiveram um bom resultado, separando os traços com potencial para o presente experimento. Os melhores traços estão apresentados na Tabela 1 (ARG de 1 a 3). Os traços foram todos calculados em massa e a água em volume. A Tabela 2 mostra as massas e, no caso da água, o volume, utilizados para cada caso. A argamassa "ARG REF" também apresentada nas tabelas 1 e 2, se refere a argamassa de referência composta somente de cimento, areia e água.

Argamassa	Cimento	Areia	Isopor	Água
ARG 1	1	2,8	0,03	0,6
ARG 2	1	2	0,03	0,6
ARG 3	1	1,193	0,0143	0,5
ARG REF	1	3	0	0,5

Tabela 1- Traços das argamassas testadas

Fonte: Os autores (2019)

Argamassa	Cimento	Areia	Isopor	Água
ARG 1	500g	1400g	15g	300ml
ARG 2	500g	1000g	15g	300ml
ARG 3	500g	596,5g	7,15g	250ml
ARG REF	500g	1500g	0,0g	250ml

Tabela 2- Quantidades de material utilizado

Fonte: Os autores (2019)

Todos os corpos de prova passaram pelos seguintes passos de preparação das argamassas, conforme a norma NBR16541:2016 Separação e pesagem em balança analítica (de resolução de 0,1g) dos materiais conforme os traços desejados, seguido de mistura na bateadeira por 5min de todos os materiais pesados e separados e, então, foi passado o material para as formas.

Para a moldagem, primeiramente, em todas as formas foi passado óleo mineral (desmoldante). Logo depois, a argamassa foi moldada manualmente por apiloamento, utilizando-se um soquete, onde o preenchimento de cada molde para os CP's foi realizado em três camadas em que foram distribuídos 25 socos (em cada uma das camadas) em toda a área da mistura. Para cada traço, foram moldados 3 corpos de prova. Os CP's foram moldados nas dimensões de 4cmx4cmx16cm conforme especificado pela NBR13279:2005.

O método utilizado para verificar a eficiência do EPS na constituição da argamassa, foi o de realizar os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão (aos 14 e 28 dias após a moldagem) conforme a NBR13279:2005. Os resultados testes de laboratório foram expostos por meio de tabelas e gráficos de Força (N) x Deformação (mm). Depois de realizados, os resultados foram analisados e comparados para se chegar ao veredito de qual a quantidade ideal de poliestireno expandido para que a argamassa tenha resultados satisfatórios quanto à resistência.

Comparar com um traço convencional foi a maneira encontrada para se ter a certeza de que os resultados em análise não seriam abaixo do esperado para uma argamassa. Assim, concluir-se-ia que o emprego do EPS não irá prejudicar a construção de placas e blocos cimentícios de forma alguma, trazendo somente consequências positivas.

O primeiro ensaio realizado, a partir da NBR13279:2005, foi o de tração na flexão. Foi utilizado como equipamento uma prensa normatizada pela mesma norma mencionada anteriormente (ajustada conforme anexo A.4 da NBR), conforme a Figura 2 a seguir. Foram ensaiados todos os diferentes corpos de prova, rompendo um aos 14 dias após a moldagem e outro aos 28 dias após a moldagem.



Figura 2- Prensa realizando ensaio de tração à flexão
Fonte: Os Autores (2018)

O segundo ensaio realizado foi o de compressão, realizado com as duas metades de cada corpo de prova, visto que o ensaio de tração na flexão já havia rompido os CP's em duas partes. Foi concretizado seguindo também as normas da NBR13279:2005, com a mesma prensa utilizada para o ensaio de compressão, mas ajustada conforme a norma exige para o diferente procedimento (anexo A.5 da NBR).

Cada corpo de prova gerou dois valores de resistência à compressão para cada idade (14 e 28 dias), que para a devida análise foi calculada a média das resistências e colocadas em tabela (Tabela 4). Todo este processo foi seguindo o item 5.5.3. da NBR13279:2005. A Figura 3 mostra uma das metades dos corpos de prova passando pelo ensaio de compressão.



Figura 3- Prensa realizando ensaio de compressão

Fonte: Os Autores (2018)

5. Resultados e análise dos dados

O que foi obtido foram os resultados dos testes de tração na flexão e de compressão organizados nas tabelas 3 e 4, respectivamente. Para análise, foi verificado os valores de resistência para cada ensaio e, assim, chegar as conclusões relatadas em seguida.

Argamassa	14 dias (MPa)	28 dias (MPa)
ARG 1	1,9	1,91
ARG 2	2,78	2,87
ARG 3	2,94	3,64
ARG REF	5,07	7,5

Tabela 3- Resultados do ensaio de tração na flexão

Fonte: Os autores (2019)

Argamassa	14 dias (MPa)	28 dias (MPa)
-----------	---------------	---------------

ARG 1	5,75	6,38
ARG 2	9,69	8,61
ARG 3	13,1	9,23
ARG REF	33,93	35,74

Tabela 4- Resultados do ensaio de compressão

Fonte: Os autores (2019)

A partir dos resultados mostrados nas tabelas, foi possível concluir que a resistência da argamassa, tanto para compressão quanto na tração na flexão, é inversamente proporcional a quantidade de poliestireno expandido. É possível observar que, quanto menor a quantidade de EPS, maior é a resistência do corpo de prova e mais se aproxima dos resultados de resistência de uma argamassa comum.

Analisando as Tabelas 3 e 4, é possível também observar a diferença entre valores de resistência para uma argamassa comum (ARG REF) comparado aos valores das argamassas contendo EPS. Para compressão, é possível observar que essa diferença é ainda maior, visto que a maior resistência obtida aos 28 dias para argamassas com EPS é 25,8% do valor da argamassa de referência para o mesmo dia de ensaio.

Por mais que a argamassa em questão não apresente resistências altas, deve ser levado em conta o fato de que se tem como objetivo somente o desenvolvimento de placas cimentícias para vedação e não funções estruturais e, por isso, as resistências são importantes para que a placa se mantenha com o passar do tempo (sem deteriorar), sem que tenha que suportar grandes cargas.

Comparando o resultado das três argamassas contendo EPS pode-se concluir que a que obteve maiores resistências tanto para compressão quanto para tração na flexão foi a “ARG3”, de traço 1:1,193:0,0143, com relação água/cimento igual a 0,5. A Figura 4 ilustra a argamassa de melhor desempenho (ARG3), na parte superior da foto e, na parte inferior, a “ARG2”. Pela imagem, é possível verificar que a argamassa 3 mostrou-se aparentemente mais compacta pela falta de vazios e um melhor adensamento das partículas. Na Figura 5 é possível comparar as mesmas duas argamassas (ARG 2 à esquerda da foto e ARG 3 à direita) observando, novamente, um adensamento melhor na zona de ruptura apresentada.

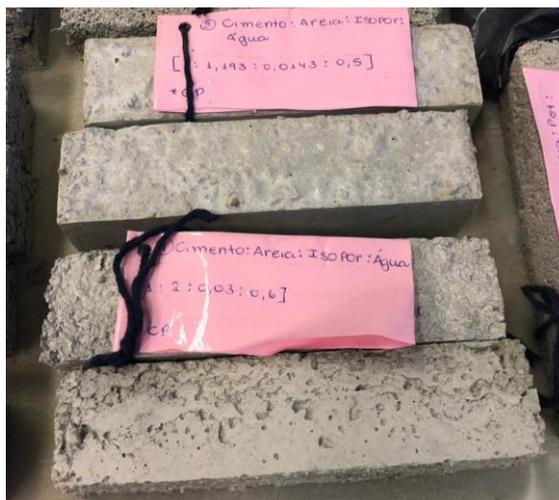


Figura 4- Argamassa 3 (ARG3) e Argamassa 2 (ARG2)

Fonte: Os autores (2018)



Figura 5- Argamassa 2 (ARG2) e Argamassa 3 (ARG3)

Fonte: Os autores (2018)

6. Conclusão

Mesmo comprovado que quantidades menores de EPS na argamassa sejam melhores para que se obtenham maiores resistências nos testes de esforços realizados, ainda é de se pensar que adicionar o EPS como agregado, mesmo que em quantidades reduzidas, traz benefícios sustentáveis ao planeta. Visto que o EPS descartado pode ser reutilizado já dentro da construção civil, uma parte da massa de resíduos sólidos reduzirá, tendo um menor retorno indevido ao planeta.

Além disso, a argamassa com o EPS é aparentemente menos densa, o que nos leva a crer que servirá para funções não estruturais. Para certeza disso, o ideal seria uma continuação do estudo em cima dos corpos de prova contendo EPS, medindo corretamente suas massas e densidades, verificando a veracidade de termos obtido uma argamassa menos densa.

Ainda que tenha sido possível chegar as conclusões apresentadas, analisando-se as tabelas de resultados do teste de esforço para compressão, observa-se que nas argamassas 2 e 3 (ARG2 e ARG3) a resistência diminui dos 14 dias para os 28 dias. Isso ocorreu por um possível erro de moldagem ou mesmo um erro na medição das resistências. Isto indica a necessidade de refazer os corpos de prova e novos testes mecânicos para aferir tal resultado.

Referências

- ABIQUIM. Aplicações do EPS. Disponível em: <http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html>. Acesso em: 23 abril 2019.
- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016. Brasília: Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. > Acesso em: 01 agosto 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- Preparo da mistura para realização dos ensaios. Rio de Janeiro, 2016.
- BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Aspectos Gerais do Poliestireno. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: < <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home> >. Acesso em: 23 julho 2019.
- METHA, K; MONTEIRO, J. M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. PINI, São Paulo, 1994.
- MORAES, C., BRASIL, P. Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido na produção de edificações com baixo impacto ambiental. Eficiência Energética do Ambiente Construído. 4 Seminário Nacional de construções sustentáveis, Fórum de desempenho das edificações, 2015.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel> > Acesso em: 06 agosto 2018.
- PIRES R.; Desenvolvimento de argamassas com adição de poliestireno expandido. TCC (Engenharia de Infraestrutura) - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Joinville. Novembro, 2017.
- SANTOS, L. C.; Materiais reciclados na Construção Civil: concreto com adição de pet ou pneus descartáveis. Disponível em: < <http://domtotal.com/noticia/1256321/2018/05/materiais-reciclados-na-construcao-civil-concreto-com-adicao-de-pet-politereftalato-de-etileno-e-ou-pneus-descartaveis/> > Acesso em:10 setembro 2018.
- TESSARI, J.; Utilização do poliestireno expandido e potencial de aproveitamento dos seus resíduos na construção civil. 2006. 102f. Programa de pós graduação em engenharia civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.