

## ADIÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDINDO (EPS) NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA SUSTENTÁVEL

### *Addition of expanded polystyrene (eps) in the production of sustainable grout*

**Cicero Joelson Vieira Silva, professor, IFPB**

cjoelson@ymail.com

**Alan Rafael Oliveira Dias, acadêmico, IFPB.**

Alan.eng.2017@hotmail.com

#### **Resumo**

A construção civil comporta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, ou pela geração de resíduos. A utilização de materiais reciclados no processo construtivo reduz a demanda por insumos não renováveis, além de reduzir a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte. No intuito de mitigar esse problema, este presente artigo tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma argamassa sustentável, com substituição parcial da massa de areia por pérolas de poliestireno expandido, que atenda aos requisitos mínimos para revestimento de paredes e pisos. Foram propostos quatro traços para avaliar o comportamento das argamassas com o agregado reciclado. Destes, um possuía apenas o agregado convencional (areia) e serviu como traço de referência. Depois, no Laboratório de Análise de Solos no Campus Cajazeiras-IFPB, foi feita a análise do comportamento das propriedades físicas, quanto a massa unitária, no estado solto e compactado, composição granulométrica e massa específica. Os resultados foram analisados e comparados com o traço de referência.

**Palavras-chave:** Argamassa; Poliestireno; Sustentável

#### **Abstract**

*Civil construction behaves as a great generator of environmental impacts, either by the consumption of natural resources or by the generation of waste. The use of recycled products is not a process aimed at reducing the demand for non-renewable inputs, as well as reducing the pressure in the protection areas. In order to mitigate this problem, this article aims to develop a sustainable mortar, replacing a portion of sand with expanded polystyrene, which meets the most demanding requirements for wall and floor covering. Four treatments were proposed to evaluate the behavior of the mortars with the recycled aggregate. Of these, one piece only the aggregated conventional (sand) and served the reference trait. Then, in the Laboratory of Soil Analysis at the Cajazeiras*

*Campus - IFPB, an analysis of physical properties was performed, as a unitary unit, without solid state and compacted, with granulomere determination and mass. The results were analyzed and compared with the reference trait.*

**Keywords:** Grout; Polystyrene; Sustainable.

## 1. Introdução

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento, desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, e veio se aprimorando com o passar do tempo. Após vários estudos relacionados aos materiais de construção alternativos percebeu-se um material utilizado em grande escala pela população que seria bastante útil na construção civil: O EPS (Poliestireno Expandido), que é conhecido popularmente como ISOPOR. O ISOPOR possui características que faz dele um material interessante para a reutilização/reciclagem, o poliestireno quando em contato com o meio ambiente pode demorar cerca de 150 anos para ser totalmente degradado.

Nesse processo de degradação o plástico se quebra, dando origem ao micro plástico, que possui a capacidade de absorver compostos químicos tóxicos, como agrotóxicos e pesticidas e metais pesado, como mercúrio e chumbo, presentes principalmente nos rios e lagos. O poliestireno, Trata-se de uma resina do grupo dos termoplásticos, cuja característica reside na sua fácil flexibilidade ou maleabilidade sob a ação do calor, que a deixa em forma líquida ou pastosa. É a matéria-prima dos copos descartáveis, de lacres de barris de chope e de várias outras peças de uso doméstico, além de embalagens. De acordo com estudo realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul(UFRGS), anualmente, são consumidos cerca de 2,5 milhões de toneladas de isopor em todo o mundo. No Brasil, o consumo é de 36,6 mil toneladas, cerca de 1,5 % do total.

O material artificial mais consumido no mundo pelo homem nos dias atuais é o cimento Portland sendo combinado com outros tipos de materiais na confecção de variantes do concreto (AGOPYAN, 2014). Dados levantados no ano de 2009 apontavam um consumo médio de concreto de aproximadamente 1,9 toneladas por habitante/ano, perdendo apenas para o consumo de água (PEDROSO, 2009). Com a intenção de fortificar os estudos a respeito de aplicações em elementos de matriz cimentícia, experimentos são realizados constantemente para testar os efeitos causados pela adição de diferentes materiais como agregados. A adição de pérolas de Poliestireno Expandido (EPS), proposta por este trabalho, tem por objetivo não apenas reduzir o peso em elementos, através do uso deste material de menor peso específico em substituição da areia, como também verificar o comportamento com relação à resistência mecânica, absorção de água e porosidade desse material.

A incorporação de poliestireno expandido na construção civil resulta na redução de custos, conforme afirma o Engenheiro Ricardo Guimarães de Burgos em entrevista para o Portal Metálica (2017) "[...] com a utilização dos blocos de EPS, há uma redução de 20 % no custo da fundação da obra, de até 50% de ferragem usada na própria laje e de 35 % no consumo de concreto". O EPS é um material de baixa densidade, o que o torna fácil de manusear no canteiro de obra, e apresenta outras características positivas, como ótima capacidade em absorver impactos, facilidade em moldar o material conforme tamanho e espessura desejados e possibilidade de reciclagem (ISORECORT, 2016).

Durante o desenvolvimento deste estudo, foram testadas as propriedades físicas e mecânicas através de ensaios laboratoriais normatizados para verificação da resistência mecânica, densidade aparente, porosidade aberta e absorção de água aos 28 dias de cura e granulometria.

A utilização de materiais reciclados no processo construtivo reduz a demanda por insumos não renováveis, além de reduzir a pressão ambiental nas áreas destinadas ao descarte sendo uma alternativa de uso de materiais convencionais, os quais geram um impacto maior no ambiente devido a todo o seu processo de fabricação. Espera-se então, com o uso do EPS como agregado na construção civil, produzir um material que atenda as expectativas desejadas quanto à resistência e que seja de

maneira direta ecologicamente correto, diminuindo conseqüentemente os impactos causados no meio ambiente, decorrente principalmente do descarte inadequado destes materiais na natureza.

## **2. Desenvolvimento**

### **2.1 Fundamentação Teórica**

#### **2.1.1 Argamassa**

O Manual de Revestimento de Argamassas elaborado pela ABCP (2002) define argamassa como um material de construção constituído por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento ou cal), agregado miúdo (areia) e água. Podendo ainda ser adicionados alguns produtos especiais (aditivos ou adições) com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto. Podem ser classificadas de acordo com o seu tipo de aplicação, seu tipo de aglomerante, número de elementos ativos, quanto à dosagem entre outros.

#### **2.1.2 Poliestireno Expandido (EPS)**

O poliestireno, ou isopor, como é conhecido no Brasil, é um polímero aromático sintético feito com o monômero de estireno, um líquido derivado da indústria petroquímica. O poliestireno pode ser rígido ou em espumado, mas geralmente é usado na sua forma é branca, dura e quebradiça. Levando em consideração seu peso, é uma resina muito barata, sendo bastante usada como uma eficiente barreira contra o oxigênio e vapor de água, tendo um ponto de fusão relativamente baixo.

Nos últimos anos, o acentuado crescimento industrial dos países emergentes integrantes do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) sugere que a demanda por matérias-primas irá aumentar ainda mais nas próximas décadas (MOLL et al., 2005). Já a maioria dos países desenvolvidos vem sofrendo a escassez de recursos naturais. Frente a esses acontecimentos, a busca por meios de aumentar a eficiência do uso dos materiais se torna cada vez mais relevante. Além dos dados estatísticos citados mostrarem o impacto gerado pela construção civil, sabe-se também que a excessiva demanda por recursos afeta a vida útil das jazidas. Após um determinado período, o recurso explorado, como a areia, se torna escasso e ocasiona a infertilidade de solos, erosões e desmatamento. A questão ambiental também estabelece limites técnicos e geográficos quanto à implantação de áreas para a exploração dos recursos e, desta forma, encarecem a produção devido ao transporte. (BASTOS FILHO, 2005).

Segundo JOHN (2000), a reciclagem na construção civil pode trazer benefícios como: a redução no consumo de recursos naturais não renováveis, de energia durante o processo produtivo e de áreas necessárias para aterro. A reciclagem se torna ainda mais interessante pelo fato do mercado da construção civil se apresentar como uma das melhores alternativas para o consumo de materiais reciclados, já que as construções podem ser realizadas em qualquer local, permitindo assim uma redução nos custos (JOHN, 1996). Diante desses acontecimentos, nas últimas décadas, o uso de materiais alternativos na produção de argamassas e concretos vem ganhando mais espaço e se mostrando vantajoso.

## **2.2 Materiais e Métodos**

### **2.2.1 Materiais**

Os materiais utilizados para a produção das argamassas foram cimento, areia, água, e o agregado de pérolas de EPS. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland composto CP II - Z 32, pois este é amplamente empregado e facilmente encontrado na região. Para compor o traço foi utilizada uma areia média, natural e lavada. Todos os materiais que compõem o agregado foram obtidos na região da cidade de Cajazeiras, reciclados e trabalhados manualmente.

### **2.2.2 Métodos**

#### **2.2.2.1 Teste de caracterização dos Agregados**

##### **2.2.2.1.1 Composição granulométrica**

A determinação da composição granulométrica foi realizada seguindo os critérios da NBR 7217. A dimensão máxima característica: “grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa”. (NBR 7217, 2001, p.01). Devido sua baixa densidade, densidade mínima é de 10kg/m<sup>3</sup> e a máxima de 35kg/m<sup>3</sup>, o material é altamente leve. Foi pesado a quantidade de 4.0 g do agregado que foi submetido ao processo de peneiramento durante 15 minutos em agitador mecânico de peneiras, segundo a série normal de peneiras da ABNT, sendo sequencialmente utilizadas as peneiras de malhas com aberturas 4,8mm; 2,4mm; 1,2mm; 0,60mm; 0,30mm; 0,15mm e fundo. Posteriormente, a porção de material retida em cada peneira foi pesada e anotada para a elaboração do perfil granulométrico. Esse procedimento foi feito para cada material separadamente.



**Figura 1: Agitador Mecânico. Fonte: Autor.**

Os materiais utilizados para a produção das argamassas foram cimento, areia, água, e o agregado de pérolas de EPS. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland composto CP II - Z 32, pois este é amplamente empregado e facilmente encontrado na região. Para compor o traço foi utilizada uma areia média, natural e lavada. Todos os materiais que compõem o agregado foram obtidos na região da cidade de Cajazeiras, reciclados e trabalhados manualmente.

#### **2.2.2.1.2 Massa unitária no estado solto e compactado**

Foi realizado o teste de Massa unitária no estado solto e compactado, usando um recipiente com diâmetro de 9 cm e altura de 10,5 cm em forma de cilindro tendo como volume o valor de 0.000296 m<sup>3</sup>.

Para a avaliação no estado solto, a amostra foi lançada no recipiente de uma altura aproximadamente de 10cm de seu topo, até o preenchimento total. Depois foi feita a regularização da superfície através de uma régua, seguida da pesagem do material junto com o recipiente (o valor da massa do recipiente foi previamente anotado) em uma balança calibrada. O resultado foi obtido dividindo-se a massa do agregado pelo volume do recipiente. Foram repetidas duas determinações e o resultado final foi a média aritmética entre os dois.

No estado compactado, a avaliação foi feita utilizando o mesmo recipiente, porém agora houve o golpeamento 25 vezes com uma haste metálica. Após o recipiente cheio, foi feita a regularização da superfície com uma régua e o material foi pesado (subtraindo-se a massa do recipiente). O resultado obtido foi feito pela divisão entre a massa do agregado pelo volume do recipiente.

#### **2.2.2.1.3 Composição dos traços**

Foram propostos quatro traços para avaliar o comportamento das argamassas com o agregado reciclado, como mostra a tabela 1. Cada um dos traços era composto de 3 unidades (2 para realização dos testes de resistência à compressão e uma para os testes de absorção de água por capilaridade). Um dos traços possuía apenas o agregado convencional (areia) e serviu como traço de referência, os outros três possuíam uma proporção de 0,10 %, 0,15 % e 0,20 %, respectivamente, de agregado reciclado em substituição parcial da areia. A relação água cimento variou de aproximadamente 0,66 para o traço de referência até 0,63 para o traço III.

Material	Traço Referência	Traço I – 0,10%	Traço II- 0,15%	Traço III – 0,20%
Cimento	330 g	330 g	330 g	330 g
Areia	990 g	989,0 g	988,5 g	988,0 g
Água	217,2 g	214,7 g	210,46 g	208,99 g

**Tabela 1 - Composição dos traços de referência e das amostras elaboradas com o agregado reciclado**

### 2.2.2.2 Preparação dos corpos de provas

De início, foram pesados os materiais que irão compor a argamassa, são eles a areia, o EPS, a água e o cimento, utilizando uma balança devidamente calibrada.

A partir daí, colocou-se o material seco de modo contínuo, dentro de um período de 30 s, no misturador mecânico. Adicionou-se a água, e foi acionado o misturador em velocidade baixa por 30 s e em velocidade alta em 90 s até atingir a consistência desejada. Logo após sua preparação, de acordo com a NBR 13276, a argamassa foi utilizada para encher o molde tronco-cônico, com dimensões de 5cm de diâmetro x 10 cm de altura (área total = 0,02 m<sup>2</sup>), colocado de modo centralizado sobre a mesa para índice de consistência. Enquanto um operador segurou o molde firmemente, outro encheu-o em três camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, aplicando em cada uma delas, respectivamente, 25 golpes com o soquete, de maneira a distribuí-las uniformemente. Quando houve necessidade, completou-se o volume do molde com mais argamassa.

### 2.2.2.3 Caracterização da argamassa no estado endurecido

Após 28 dias de cura, a argamassa foi colocada em uma estufa a cerca de 100°C para secar.

#### 2.2.2.3.1 Absorção da água por capilaridade

Após a secagem na estufa, quatro das amostras dos corpos de prova, sendo cada um de traços distintos, adjunto com o de referência foram submetidas a ensaios físicos para medir a absorção de água por capilaridade. Foi utilizado um recipiente retangular raso, adicionado água até a marca de 5mm e colocados os corpos de prova. Após os intervalos de 10 e 90 min ocorreu a pesagem dos mesmos.

#### 2.2.2.3.2 Resistência a compressão

O teste de resistência à compressão foi realizado após 28 dias de cura, em oito corpos de prova, dois para cada traço, cujo resultado foi obtido pela média aritmética entre eles. O rompimento dos corpos foi realizado em uma prensa automática devidamente calibrada.





Figura 2 : Rompimento do corpo de prova em prensa automática  
 Fonte: autor

## 2.3 Resultados e discursões

### 2.3.1 Caracterizações

#### 2.3.1.1 Massa unitária no estado solto

Material	Massa Unitária (estado solto)
EPS	2,12 kg/m <sup>3</sup>

Tabela 2 - Resultado da massa unitária dos agregados no estado solto

#### 2.3.1.2 Massa específica

Material	Massa Específica
Areia	2,632 g/cm <sup>3</sup>
EPS	1,04 g/cm <sup>3</sup>

Tabela 3. Massa específica dos agregados

Obs: O valor de massa específica é referencial.

#### 2.3.1.3 Granulometria

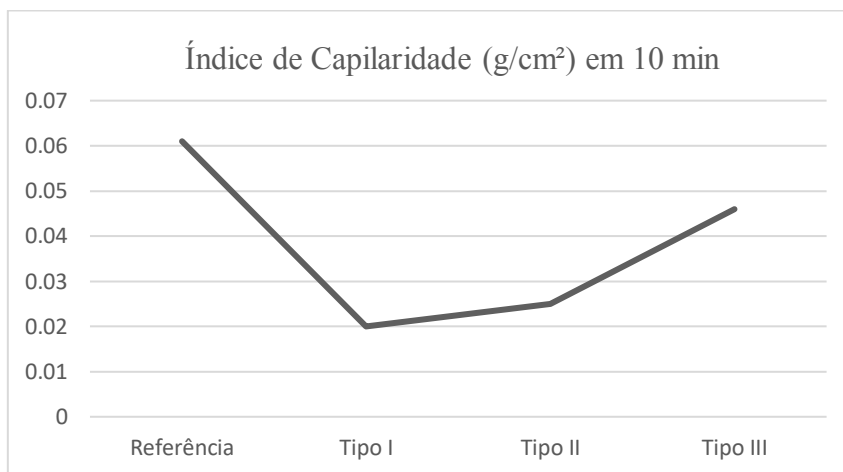
Abertura das peneiras	Massa Retida EPS	Massa Retida EPS (%)
-	0,0 g	0,0 %
6,3	0,58 g	14,5 %
4,8	1,61 g	40,25 %
2,36	1,57 g	39,25 %

<b>1,18</b>	0,20 g	5,0 %
<b>0,6</b>	0,04 g	1,0 %
<b>0,3</b>	Desprezível	
<b>0,15</b>	Desprezível	
<b>Fundo</b>	Desprezível	
<b>Σ Massas</b>	4.0 g	100 %
<b>Módulo de Finura</b>	1.0	
<b>Diâmetro máximo</b>	4.8	

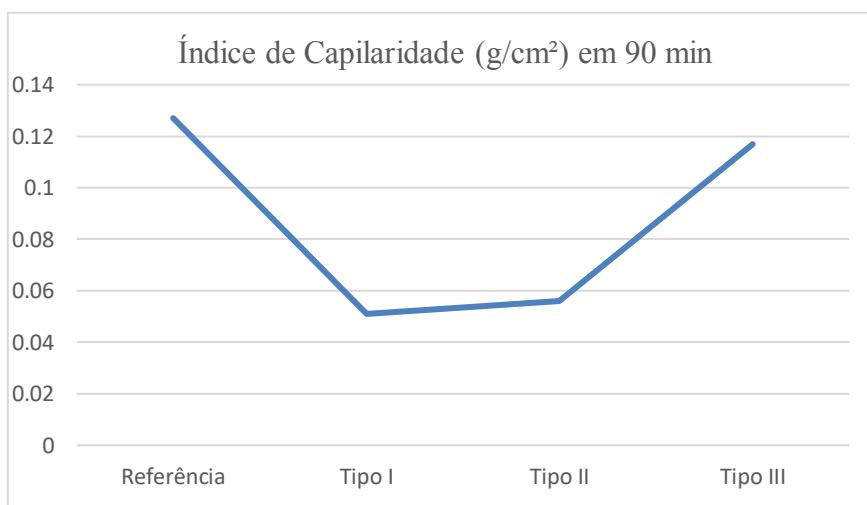
**Tabela 4 – Perfil granulométrico dos agregados (em massa e porcentagem), módulo de finura e Diâmetro máximo**

### 2.3.2 Ensaio no estado endurecido

#### 2.3.2.1 Absorção de Água por capilaridade



**Figura 3 – Curva da absorção de água por capilaridade, após 10 minutos**



**Figura 4 – Curva da absorção de água por capilaridade, após 90 minutos**

#### 2.3.2.1.1 Índice de absorção por capilaridade

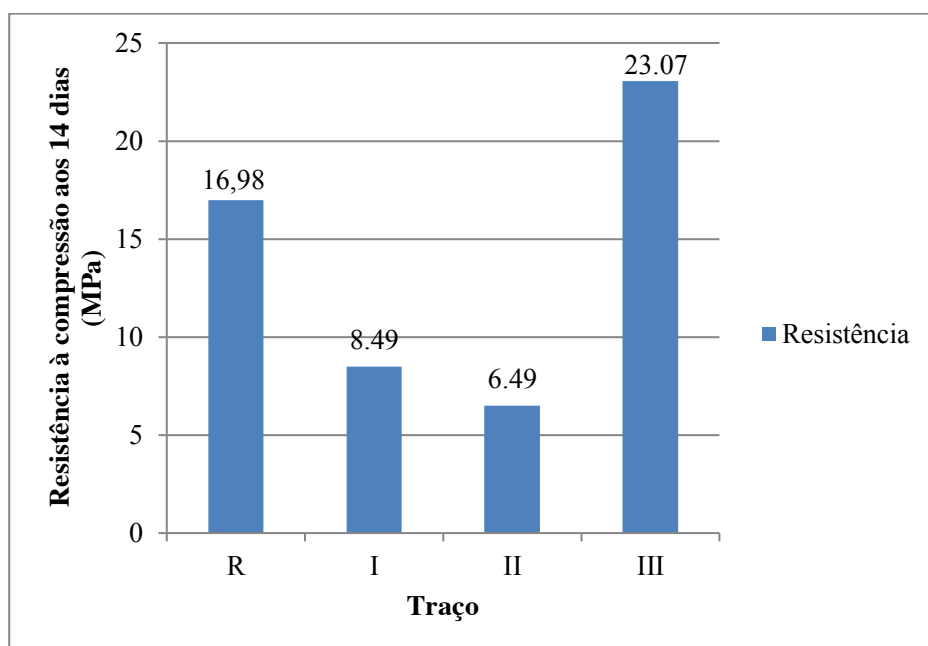


	C(g/cm <sup>3</sup> ) 10 min	C(g/cm <sup>3</sup> ) 90 min
<b>REFERÊNCIA</b>	0,061	0,127
<b>TI</b>	0,020	0,051
<b>TII</b>	0,025	0,056
<b>TIII</b>	0,046	0,117

**Tabela 5– Índice de absorção por capilaridade**

É possível perceber, que os valores referentes a absorção de água, aumentam devido a maior quantidade de vazios do material. Vale ressaltar que as características térmicas e mecânicas não se alteram mesmo sob a ação da umidade garantindo a durabilidade do material. Por se tratar de um material com baixo peso específico, implicamos em uma expressiva redução de peso das estruturas em uma obra.

### 2.3.3 Resistência a compressão



**Figura 5– Gráfico de resistência a compressão**

O material teve uma grande perda de resistência mecânica, isso é decorrente da grande quantidade de vazios que comporta o corpo de prova. Esse comportamento está diretamente relacionado com a densidade. Quanto maior a quantidade de EPS adicionado a argamassa, menor a densidade aparente e consequentemente menor resistência mecânica suportada pela amostra. Este comportamento também foi descrito no estudo realizado por Mas, Tortosa e Alcocel (2011).-Não foram realizados outros ensaios como resistência a flexão e a tração, devido a não disponibilidade no laboratório de materiais construtivos do IFPB- Campus Cajazeiras, isso implica empiricamente em algumas conclusões que podem ser feitas.

Observamos também que a argamassa com 0.15 % de EPS atingiu uma resistência à compressão média de aproximadamente 7,5 Mpa. “É importante ressaltar que grande resistência à compressão da argamassa não significa necessariamente a melhor solução estrutural. A argamassa deve ser resistente para suportar os esforços que a parede precisa suportar. No entanto, não deve

exceder a resistência dos blocos da parede, para que as fissuras decorrentes de expansões térmicas ou outros movimentos da parede ocorram na junta” (LEMOS, 2016). Demais porcentagens de EPS (Poliestireno Expandido) podem ser utilizadas em aplicações não estruturais como preenchimento, nivelamento, revestimento e vedação de superfícies. Vale ressaltar que foi utilizado o EPS em forma de pérolas, caso faça-se o uso do material triturado, ou de outra forma, os resultados podem ser diferentes.

### 3. Considerações finais

De acordo com os ensaios laboratoriais realizados, pode-se concluir que a propriedade que mais sofre alteração é a resistência à compressão, como consequência da adição das pérolas de EPS, que é um material de alta porosidade, o que acaba facilitando o surgimento de fissuras. Pode-se perceber também um aumento significativo nos testes de absorção, diretamente proporcionais a quantidade de EPS adicionado, porém os resultados ainda foram menores do que o obtido com o corpo de referência da mistura: cimento, areia e água.

De forma geral, a inclusão do EPS em meio à construção civil oferece propriedades interessantes, além de contribuir com o meio ambiente quando utilizado na forma de reciclagem, quando adicionado em argamassas resulta em baixa densidade aparente, resistência à compressão considerável e razoável absorção de água, tornando este material uma alternativa viável para diversas áreas da construção civil.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro. 2002.
- 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 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ABRAPEX). Características do EPs. Rio de Janeiro. Site único. Em: <<http://www.abrapex.com.br/02Caracter.html>> acesso dia 27 de julho 2017.
- CALCADO, Gabrielle Cristina da Silva. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND. 2015. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fevereiro de 2015.

KANAUF ISOPOR. Uso na construção Civil. 2017. São Paulo. Anais eletrônicos. em <<https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil>> acesso dia 24 de Julho de 2017.

LEMOS, Jacques Allan Ottobelli. REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIDOS EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL. Santa Maria: -, 2016. 65 p. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2016/TCC\\_JACQUES%20ALLAN%20OTTOBELLI%20LEMOS.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_JACQUES%20ALLAN%20OTTOBELLI%20LEMOS.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2017.

MAS, Verónica Ferrándiz. TORTOSA, Jose Antonio Huesca. ALCOCEL, Eva García. Durability of Mortars with Expanded Polystyrene. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DURABILITY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS. 12. p. 7, 2011, Anais... Porto: Portugal, 2011

MOLL, S.; BRINGEZU, S.; SCHUTZ, H. "Resource use in European countries – material flows and resource management". Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, Alemanha, 2005.