

## REUTILIZAÇÃO DE RCC E EPS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL

Leandro de Souza Moreira<sup>1</sup>  
Kerley Stülp<sup>2</sup>  
Marciele Penz<sup>3</sup>  
Laudir Rafael Bressler<sup>4</sup>  
Adalto Antonio Weis<sup>5</sup>  
Mirdes Fabiana Hengen<sup>6</sup>

### Resumo

Com o aquecimento do setor da construção civil, aumentou a preocupação com o meio ambiente e a escassez dos recursos naturais levando a sociedade a buscar alternativas para um crescimento mais sustentável. Assim, a reciclagem de resíduos tem se mostrado uma ótima alternativa para redução do impacto causado pelo consumo excessivo, despreocupação com uma possível escassez de matéria-prima e o descarte de resíduos em áreas impróprias. Inserem-se neste contexto principalmente os resíduos da construção civil (RCC) e o poliestireno expandido (EPS). Assim esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de dar mais uma opção para se utilizar estes resíduos e também verificar a resistência à compressão e a absorção do bloco de concreto estrutural já fabricado por determinada empresa do município de Itapiranga - SC e utilizar o mesmo traço para fazer substituições do agregado graúdo natural por RCC e EPS nas proporções de 20% e 30%. Os resíduos utilizados na produção dos blocos foram coletados no município de Itapiranga - SC em obras de pequeno porte e em lojas de eletrodomésticos respectivamente. Os ensaios de resistência à compressão e absorção de todos os traços desenvolvidos realizaram-se no Laboratório de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria - RS. Os resultados mostraram viáveis à substituição de agregados naturais por RCC e EPS tanto nos testes de absorção como nos ensaios de resistência à compressão e também se mostrou ser um agregado economicamente viável para fabricação do bloco de concreto estrutural diminuindo em até 5,5% seu custo de fabricação.

**Palavras-chave:** bloco de concreto; resíduo de construção civil (RCC); poliestireno expandido (EPS).

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdades de Itapiranga. E-mail: lesassameio@gmail.com

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdades de Itapiranga. E-mail: kerleystulp@hotmail.com

<sup>3</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdades de Itapiranga. E-mail: marcielepenz@hotmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdades de Itapiranga. E-mail: bresslerlaudir@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdades de Itapiranga. E-mail: adalto\_weis@hotmail.com

<sup>6</sup> Professora Orientadora da FAI – Faculdades de Itapiranga, Mestra em Engenharia Civil pela UFSM. E-mail: mirdes\_hengen@yahoo.com.br

### **Abstract**

With the construction sector, increased concern for the environment and the scarcity of natural resources leading to society to seek alternatives to a more sustainable growth. Thus, the recycling of waste has shown himself to be a great alternative for reducing the impact caused by overconsumption, insouciance with a possible shortage of raw material and the disposal of waste in inappropriate areas. In this context are mainly construction waste (RCC) and expanded polystyrene (EPS). That's research was developed with the aim of giving an option to use these residues and also check the compressive strength and the absorption of the structural concrete block already manufactured by company of the municipality of Itapiranga-SC and use the same dash to make replacements of natural coarse aggregate by RCC and EPS in the proportions of 20% and 30%. Waste used in the production of the blocks were collected in Itapiranga-SC in small works and in shops of home appliances respectively. The tests for resistance to compression and absorption of all traces were developed in the laboratory of Civil Engineering at the Federal University of Santa Maria-RS. The results showed viable replacement of natural aggregates by RCC and EPS both in absorption tests as for compressive strength and also turned out to be an aggregate economically viable for structural concrete block manufacturing decreasing by up to 5.5% of manufacturing cost.

**Keywords:** concrete block; construction residue (CCR); expanded polystyrene (EPS).

### **Considerações Iniciais**

O grande crescimento populacional urbano e a intensa industrialização fazem, ao longo dos tempos, aumentar a exploração dos recursos naturais de forma inadequada, para produção dos mais diversos tipos de materiais. Nesse aspecto a indústria da construção civil vem gerando impactos negativos direta ou indiretamente para o meio ambiente, saúde, segurança, bem estar da população, condições sanitárias, estéticas, atividades sociais e econômicas no meio. Isso ocorre em todas as etapas do processo construtivo: extração da matéria-prima, produção de materiais, construção, utilização e demolição. (PIOVESAN JUNIOR, 2007).

A qualidade de vida tanto nas pequenas cidades, como nos grandes centros urbanos é afetada pelo volume de resíduos gerados, cerca de 31 milhões de t/ano no Brasil segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012). Segundo Silva e Fernandes (2012) cerca de 40 a 60% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são gerados por este setor da construção civil, consumindo assim uma grande quantidade de recursos naturais.

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) devem ter um gerenciamento adequado para evitar que sejam abandonados e se acumulem em margens de rios, terrenos baldios

ou outros locais inapropriados. Normalmente os RCC representam um grave problema em muitas cidades brasileiras sobrecarregando os sistemas de limpeza pública. (SINIR, 2012).

A Resolução nº 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que resíduos da construção civil não podem, ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

Reduzir, reutilizar e reciclar resíduos vem se tornando práticas fundamentais a serem estudadas e implementadas nos canteiros de obras já que a preocupação com o gerenciamento de RCC vem se consolidando como uma prática importante. (SILVA, 2015).

Outro material muito encontrado no meio descaracterizando paisagens e poluindo os elementos vitais é o Poliestireno Expandido (EPS). Para Tessari (2006), há uma grande preocupação do poder público e sociedade em buscar formas para minimizar os impactos da destinação inadequada gerada pelo grande volume de resíduos de EPS.

A construção civil utiliza grande quantidade de materiais e por isso tem bom potencial para reutilizar resíduos em seus processos, como exemplo a reutilização de RCC da própria construção (demolição principalmente), como base para calçadas, pisos e na fabricação de artefatos (substituição de agregados) como blocos de concreto. Matos (2009) cita que uma das formas mais simples de reaproveitar os entulhos é a produção de agregados. Sua reutilização na construção civil gera economias em relação ao preço dos agregados convencionais, dispensa a extração de matéria prima da natureza, conservando-a sob dois aspectos: não degradando o solo com a remoção e não poluindo o ar com os gases emitidos pelas máquinas e caminhões empregados na extração e transporte.

O uso do EPS, segundo Tessari (2006), abrange uma variedade de aplicações na Construção Civil. Pode ser considerado o melhor material para isolamento térmico e de preenchimento de rebaixos ou vazios necessários, principalmente lajes e painéis pré-fabricados, garantindo uma maior qualidade da edificação, principalmente no desempenho termo acústico.

É possível usar resíduos de EPS para produzir concreto leve substituindo parte do agregado convencional. Para Ferreira e Ribeiro (2008), este concreto leve pode ser utilizado também como isolante térmico em paredes construídas com blocos cuja composição agrega tais resíduos.

Diante deste cenário, é importante que se realizem pesquisas que comprovem a viabilidade técnica e econômica de tais aplicações no setor da construção civil remodelando alguns processos produtivos, com a reutilização desses materiais, desenvolvendo produtos com maior valor agregado e promovendo também o desenvolvimento sustentável, para tanto esta pesquisa pretende verificar a viabilidade da utilização de RCC e EPS na fabricação de blocos de concreto estrutural colaborando assim com o desenvolvimento sustentável.

## **Metodologia**

A metodologia para o desenvolvimento da pesquisa foi de cunho quantitativo, exploratório e experimental.

A pesquisa foi realizada no município Itapiranga - SC, com os experimentos executados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), anexo ao Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

## **Processo experimental**

O experimento teve início com a elaboração dos corpos de prova (CP), os quais foram produzidos nas dependências de uma determinada empresa do município de Itapiranga – SC. Foram produzidos 90 blocos do tamanho 14 x 19 x 39 cm com função estrutural.

Desses, 18 blocos foram fabricados com o traço utilizado originalmente pela empresa, sendo 12 blocos para testes de resistência a compressão e 06 para testes de absorção aos 07 e 28 dias.

Foram elaborados blocos com substituição de 20% dos agregados graúdos por RCC. Esta substituição ocorreu em volume, sendo esta no total do volume dos agregados. Foram fabricados 12 blocos para os testes de resistência a compressão aos 07 e 28 dias. A mesma quantidade de blocos foi fabricada com a substituição de 30% de

agregado graúdo por RCC para testes na mesma proporção de tempo de cura aos 07 e 28 dias.

Também foram produzidos blocos com substituição de agregado graúdo por resíduo de EPS, para teste de resistência a compressão, aos 07 e 28 dias, sendo 12 blocos com substituição de 20% e 12 blocos com 30% de substituição conforme quadro 01.

**Quadro 01** - Quantidade de CP para cada teste - resistência à compressão.

| Tipo de traço | % de substituição de agregado | Quant. de corpos de prova para testes aos 07 dias | Quant. de corpos de prova para testes aos 28 dias |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| PADRÃO        | s/ substituição               | 6                                                 | 6                                                 |
| RCC           | 20%                           | 6                                                 | 6                                                 |
|               | 30%                           | 6                                                 | 6                                                 |
| EPS           | 20%                           | 6                                                 | 6                                                 |
|               | 30%                           | 6                                                 | 6                                                 |
| Total de CP   |                               | 30                                                | 30                                                |

Fonte: Moreira, Leandro.

Para os testes de absorção de água também foram moldados corpos de prova conforme quadro 02, com os mesmos traços utilizados nos testes de resistência a compressão.

**Quadro 02** - Quantidade de CP para teste – absorção de água.

| Tipo de traço | % de substituição de agregado | Quant. de corpos de prova para testes aos 07 dias | Quant. de corpos de prova para testes aos 28 dias |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| PADRÃO        | s/ substituição               | 3                                                 | 3                                                 |
| RCC           | 20%                           | 3                                                 | 3                                                 |
|               | 30%                           | 3                                                 | 3                                                 |
| EPS           | 20%                           | 3                                                 | 3                                                 |
|               | 30%                           | 3                                                 | 3                                                 |
| Total de CP   |                               | 15                                                | 15                                                |

Fonte: Moreira, Leandro.

No Processo de elaboração dos corpos de prova o traço utilizado pela empresa é por volume de materiais. Os agregados foram colocados em um misturador de 350L, acrescentando-se água a mistura até atingir sua consistência que é verificada pelo ponto de pelota<sup>4</sup> figura (1).

**Figura 1** - Ponto de pelota



Fonte: Moreira, Leandro.

Quando a mistura está pronta, é deslocada por esteiras até a vibroprensa (máquina hidráulica automática modelo PHP 5200) onde os blocos foram moldados, vibrados e prensados com até 175 libras de pressão.

Os blocos então são colocados em prateleiras, sendo em seguida hidratados e cobertos com lona por um dia. Após um dia, foram retirados e hidratados por mais um dia e no terceiro dia foram transportados para o município de Santa Maria – RS, onde se realizou os testes de resistência à compressão e absorção.

---

<sup>4</sup> A umidade ótima em blocos é definida por meio do “ponto de pelota”. O ponto de pelota é aquele que permite com uma certa quantia de água moldar uma pelota de Concreto com as mãos, onde ela não se desfaça (Falta água) e nem que suje demais suas mãos (Excesso de água)(CADERNO TECNICO TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL, 2010)

### **Materiais utilizados na pesquisa**

O material para a pesquisa foi proveniente do município de Itapiranga, SC, onde o RCC que foi coletado, (02 m<sup>3</sup>) foi proveniente de obras de reformas de pequeno porte, no mês junho de 2016 e posteriormente triturados em equipamento fabricado com o propósito de auxiliar na pesquisa.

O EPS utilizado nesta pesquisa também foi recolhido na cidade, oriundos de lojas de eletrodomésticos que ficam dispostos em calçadas, ocupando o espaço dos pedestres até serem recolhidos por uma empresa responsável pela recolha. O processo de trituração é o mesmo do RCC, mas em equipamento já utilizado pela empresa para este fim.

O cimento utilizado é o CP V- ARI em conformidade com a ABNT NBR 5733 (1991). Dois tipos de areia foram utilizados, sendo a areia convencional proveniente do município de Santa Maria, RS e areia industrial adquirida no município de Iporã do Oeste SC. O pedrisco e a granilha também proveniente de Iporã do Oeste SC e a água para amassamento proveniente da rede de abastecimento do município de Itapiranga SC.

### **Ensaio realizados**

#### **Absorção**

Para realizar o ensaio de absorção dos blocos aos 07 dias, os ensaios foram baseados na ABNT NBR 12118 (2013), onde foi verificado a massa em gramas (g), de 03 amostras de cada traço em balança de plataforma eletrônica, e posteriormente colocados em estufa com capacidade de manter a temperatura entre  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Posteriormente, cada bloco foi pesado para obtenção da massa seca (MS). Após essa pesagem os blocos foram colocados para resfriar em temperatura ambiente, em seguida colocados em tanque com capacidade de 1000 litros por mais 24 horas. Após essas 24 horas, foram retirados e colocados em cima de grade para que escorresse todo excesso de água, assim foram novamente pesados para obtenção da massa úmida (MH).

#### **Resistencia a compressão axial**

Seguindo as recomendações da ABNT NBR 12118 (2013) para realização dos testes de resistência a compressão dos blocos aos 07 e aos 28 dias foi utilizada prensa

mecânica do modelo WPM calibrada na escala de 1500 KN, porém antes da realização do ensaio é necessário que se faça o capeamento dos blocos destinados aos testes de resistência à compressão, realizado conforme ABNT NBR 12118 (2013).

## Resultados e discussão

Os resultados seguem divididos em absorção, resistência a compressão axial e análise de custos.

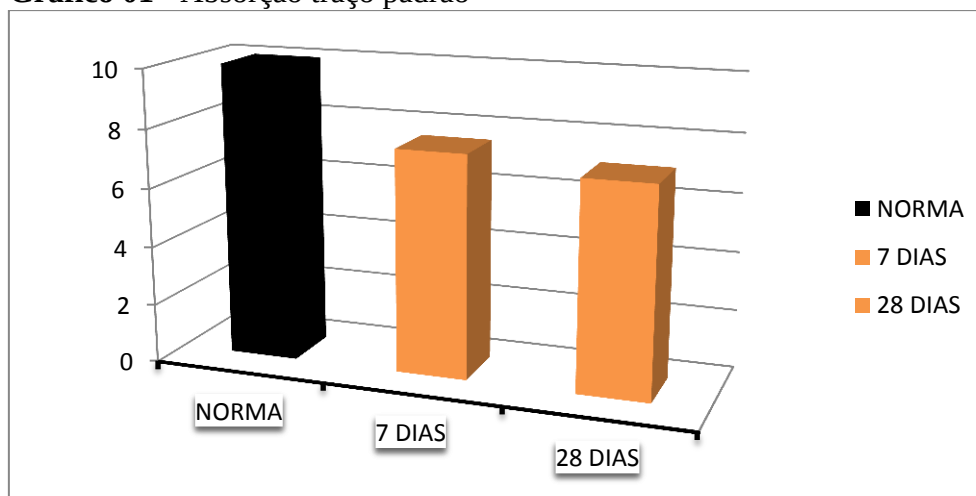
### Absorção

A densidade e a absorção de água afetam a construção, o isolamento térmico e acústico, a pintura, a aparência e a qualidade da argamassa requerida para o assentamento, sendo que quanto mais denso for o bloco menor será sua taxa de absorção que deve ser menor ou igual a 10% de média. (MOHAMAD et al, 2015, pg 99).

Os ensaios de absorção realizados nos blocos de concreto estrutural aos 07 e 28 dias apresentou resultados menores que os 10 % estipulados pela ABNT NBR 6136 2014, como valor máximo de absorção.

No gráfico 01 pode-se observar com mais clareza os resultados dos testes de absorção dos blocos com o traço padrão utilizados pela empresa. Com isso fica fácil de perceber que os blocos fabricados pela empresa atendem a norma vigente em relação à absorção, uma vez que esse parâmetro é de fundamental importância em blocos estruturais, girando em torno de 7% aos 7 e 28 dias de ensaio.

**Gráfico 01 - Absorção traço padrão**

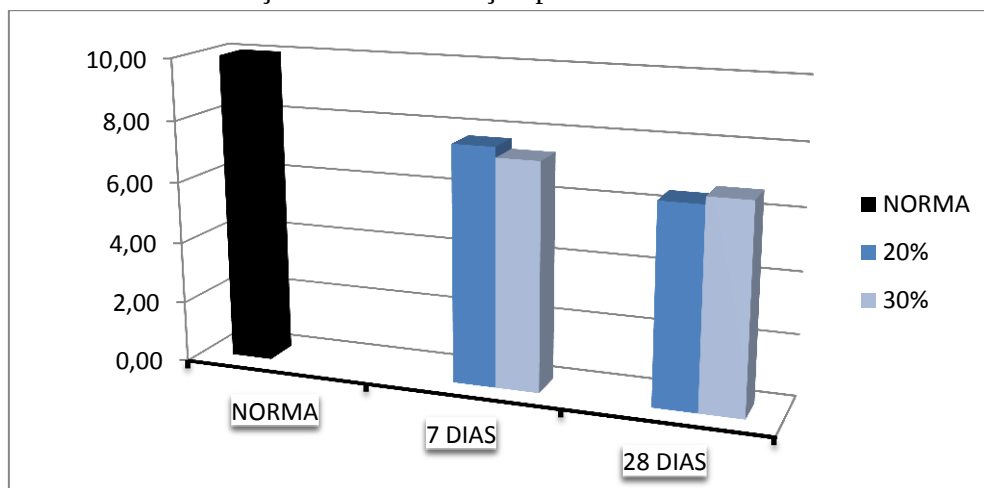


Fonte: Moreira, Leandro.



Os traços produzidos com substituição de 20% e 30% de agregados naturais por EPS alcançaram resultados abaixo do que a ABNT NBR 6136 (2014) tem como referência que é de 10% de absorção (Gráfico 2).

**Gráfico 02 - Absorção com substituição por EPS**



Fonte: Moreira, Leandro.

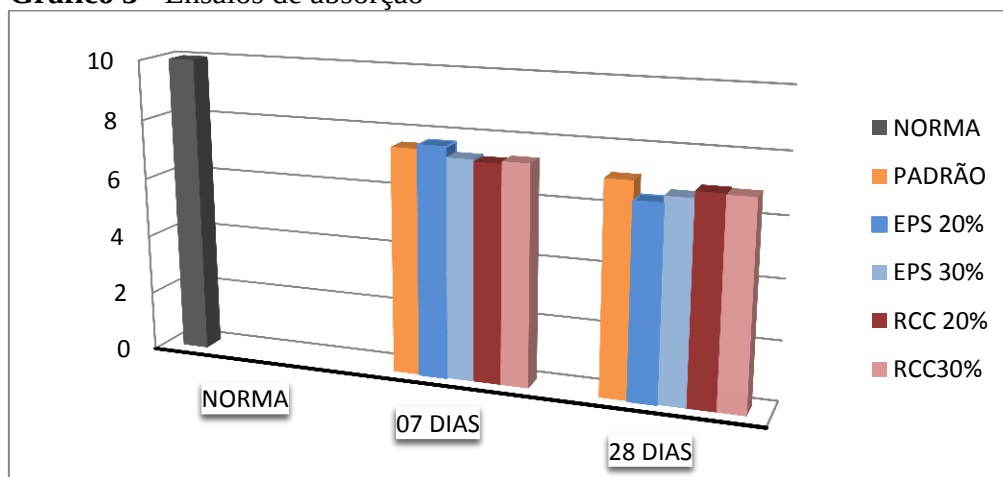
Fonseca Junior (2013) testou o EPS como substituição de agregado no traço do bloco de concreto para vedação utilizando porcentagens entre 5% e 24 %. Sendo realizados 36 experimentos que apresentaram resultados de absorção inferiores a 10%, conforme recomendado pela norma vigente, o que realmente demonstra a viabilidade de inserção desse material no bloco de concreto.

Além disso, foram realizados teste com substituição de RCC nos traços nas mesmas proporções, 20 e 30% apresentando resultado satisfatório, ou seja, estando abaixo do exigido pela norma, mas, aos sete dias podemos perceber que o bloco com substituição de 30% apresentou maior absorção do que o com 20%.

Freire de Paula (2010) realizou ensaio de absorção em blocos de vedação nas medidas 09x19x39, sendo produzidos 06 blocos para cada lote de substituições de agregados sendo distribuídos entre (0, 25, 50, 75, 100%) de substituição por RCC. Nos testes de absorção realizados aos 28 dias observou que quanto maior a porcentagem de substituição maior foi o valor de absorção, devido ao agregado de RCC absorver mais água que os agregados naturais, o que demonstra a confiabilidade do estudo.

O Gráfico 3, demonstra todos os resultados dos ensaios realizados aos 07 e 28 dias referente à absorção dos CP do traço padrão da empresa e os traços com substituições de 20% e 30% de RCC e EPS e também o valor máximo que a norma vigente tem como limite médio de absorção para o bloco de concreto.

**Gráfico 3 - Ensaio de absorção**



Fonte: Moreira, Leandro.

Diante desse gráfico observa-se que a absorção dos blocos produzidos na empresa de Itapiranga-SC está dentro dos padrões exigidos pela normativa e apresenta boa qualidade.

### **Resistência à compressão axial**

Para Sandes (2008) uma das propriedades de maior importância dos blocos de concreto é a resistência à compressão, sendo que está confere aos blocos estruturais a capacidade de resistir às cargas tanto de transportes como principalmente as de assentamento, pois na alvenaria estrutural as paredes são autoportantes. O não atendimento dos valores de resistência à compressão que a ABNT NBR 6136 (2014) tem como parâmetro para o bloco de concreto, poderá apresentar problemas estruturais como rachaduras, oferecendo problemas a toda a construção.

Com a finalidade de observar a resistência dos blocos de concreto estrutural produzidos por uma determinada empresa do município, como os com substituição de EPS e RCC no mesmo traço, baseou-se na ABNT NBR 12118 (2013) para realização

dos ensaios, utilizando a equação (2) para calcular o fator de resistência individual ( $f_b$ ) de cada bloco.

$$f_b = \frac{\text{carga máxima de ruptura}}{\text{largura} \times \text{comprimento}} \quad [2]$$

Sendo ordenado os  $f_b$  em ordem crescente.

Já para se calcular o fator de resistência estimada da amostra ( $f_{bk,est}$ ) utiliza-se, a equação (1).

$$F_{bk,est} = 2 \left[ \frac{f_b(1) + f_b(2) + \dots + f_b(i-1)}{i-1} \right] - f_{bi} \quad [1]$$

$F_{bk,est}$  é a resistência característica estimada da amostra, expressa em MPa;  
 $f_b(1), f_b(2), \dots, f_{bi}$  são valores de resistência à compressão individual dos corpos-de-prova da amostra, ordenados crescentemente;

$i = n/2$ , se  $n$  for par;

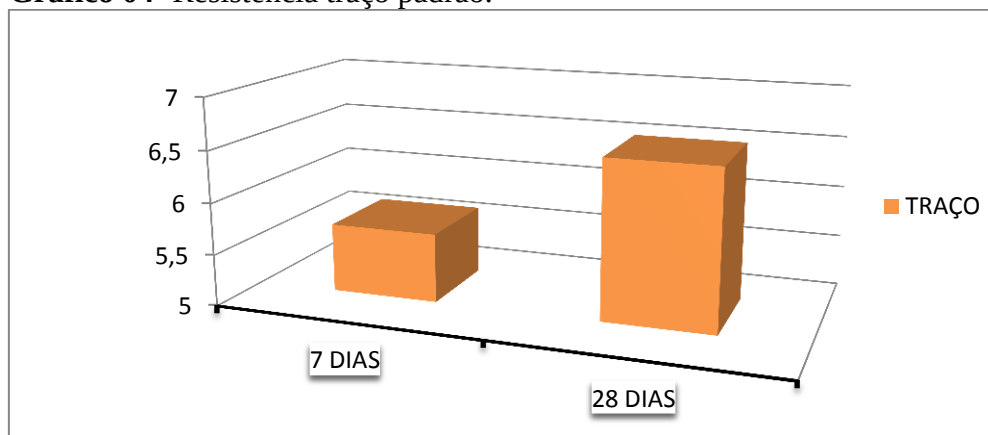
$i = (n - 1)/2$ , se  $n$  for ímpar; e [3]

$n$  = quantidade de blocos da amostra.

Utilizando a equação (3), citada anteriormente, foi calculado o  $f_{bk,est}$  aos 28 dias nos blocos com o traço padrão utilizado pela empresa, onde obteve um resultado de  $f_{bk,est}$  de 6,54 MPa.

O Gráfico 04 mostra a evolução da resistência à compressão do bloco aos 07 e 28 dias com um aumentado em torno de 15% na sua resistência.

**Gráfico 04-** Resistência traço padrão.



Fonte: Moreira, Leandro.

De acordo com a NBR 6136, da ABNT (2014), pode-se afirmar que os blocos produzidos com o traço padrão utilizado pela empresa estão em conformidade e podem se classificar como Classe B, com função estrutural.

Os ensaios realizados com substituição de 20% de agregados por EPS triturado no traço do bloco apresentou um resultado de fbkest de 5,93 Mpa de resistência a compressão aos 07 dias sendo que aos 28 dias foi de fbkest de 6,87 MPA alcançando um aumento em torno de 16% comparando com o resultado dos ensaios realizados aos 07 dias.

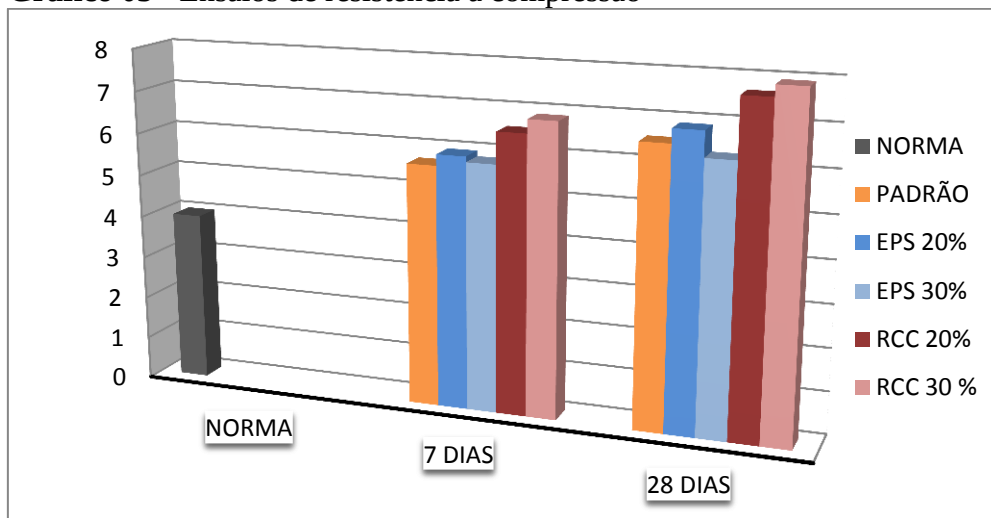
Os ensaios realizados com substituição de 30% de agregados por EPS triturado no traço do bloco apresentou um resultado de fbkest de 5,80 Mpa de resistência a compressão aos 07 dias sendo que aos 28 dias foi de fbkest de 6,28 MPA. Pode-se afirmar portanto que a substituição de EPS mais viável foi a de 20%, sendo que com substituição de 30% de EPS a resistência á compressão reduziu em torno de 8,5% aos 28 dias.

Já os ensaios realizados com substituição de 20% de agregados por RCC apresentou um resultado de fbkest de 6,54 Mpa de resistência a compressão aos 07 dias sendo que aos 28 dias foi de fbkest de 7,66 MPA.

Os ensaios realizados com substituição de 30% de agregados por RCC apresentou um resultado de fbkest de 6,86 Mpa de resistência a compressão aos 07 dias sendo que aos 28 dias foi de fbkest de 7,92 MPA. Apesar de individualmente os CP obterem resultados que os classifiquem como de classe A o cálculo de fbkest os classificou como de classe B segundo a ABNT NBR 6136 (2014), ou seja, para função estrutural.

Os resultados referentes a resistência à compressão de todos os testes realizados nesta pesquisa com o traço padrão e traços com substituições de 20% e 30% do agregado natural gráudo, tanto por RCC como por EPS aos 07 e 28 dias, bem como o valor de referência adotado como mínimo pela norma vigente de resistência para um bloco estrutural de classe B estão dispostos no gráfico (05).

**Gráfico 05 - Ensaio de resistência à compressão**



Fonte: Moreira, Leandro.

Diante dos resultados apresentados no gráfico supracitado, podemos observar que o traço com 30% de EPS apresentou uma redução de 4% em relação ao traço padrão utilizado pela empresa aos 28 dias. Já para o traço com 20% de substituição de EPS houve um aumento de 5% da resistência à compressão. Com tudo os resultados mais expressivos foram encontrados com substituição de agregado graúdo por RCC que para os 28 dias houve um aumento significativo em relação ao traço padrão da empresa, 17% de aumento para o traço com 20% de substituição e de 21,2% para o traço com 30% de substituição. Resultados estes que viabiliza a substituição dando um destino final adequado tanto para o EPS como o RCC.

### Análise de custos

A análise de custos foi realizada apenas em relação ao consumo de materiais para elaboração de cada traço utilizado no estudo, não levando em consideração custos como, mão de obra, energia, água, desgastes de equipamento e perdas com a produção “desperdício de materiais”. Na Tabela 01 podem-se observar os custos dos materiais para se produzir o bloco estrutural com o traço padrão da empresa.

**Tabela 01 - Custo dos materiais traço padrão por CP**

| <b>Material</b>         | <b>Quantidade em kg</b> | <b>Custo kg</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|
| <b>Areia</b>            | 4,55                    | 0,085           | 0,39         |
| <b>Areia industrial</b> | 1,58                    | 0,048           | 0,076        |
| <b>Granilha</b>         | 4,00                    | 0,045           | 0,18         |
| <b>Pedrisco</b>         | 2,00                    | 0,045           | 0,09         |
| <b>Cimento CPV ARI</b>  | 1,28                    | 0,55            | 0,70         |
| <b>Total</b>            |                         |                 | 1,44         |

Fonte: Moreira, Leandro.

O RCC utilizado no estudo não teve custo algum em virtude de ser descartado pela população muitas vezes de forma inadequada. Ainda, por não haver nenhuma usina de reciclagem de RCC na região não tem como se calcular o custo do processamento deste produto.

Assim como o RCC, o EPS não teve nenhum custo para se obter, pois ele é descartado principalmente pelas lojas de eletrodomésticos. Nesta pesquisa não se considerou o custo de recolha como o de mão de obra para tritura-lo.

Na tabela 02 está discriminado o custo para produção dos blocos estruturais com 20% de substituição tanto do RCC como do EPS.

**Tabela 02 - Custo dos materiais traço com 20% de RCC/EPS por CP**

| <b>Material</b>         | <b>Quantidade em kg</b> | <b>Custo kg</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|
| <b>Areia</b>            | 4,55                    | 0,085           | 0,39         |
| <b>Areia industrial</b> | 1,58                    | 0,048           | 0,076        |
| <b>Granilha</b>         | 4,00                    | 0,045           | 0,18         |
| <b>Pedrisco</b>         | 0,80                    | 0,045           | 0,03         |
| <b>RCC/EPS</b>          | -                       | -               | -            |
| <b>Cimento CPV ARI</b>  | 1,28                    | 0,55            | 0,70         |
| <b>Total</b>            |                         |                 | 1,38         |

Fonte: Moreira, Leandro

Já o custo dos materiais, agregados e aglomerante referente o traço com 30% de substituição de agregado graúdo por RCC e também por EPS estão especificados na Tabela 03.

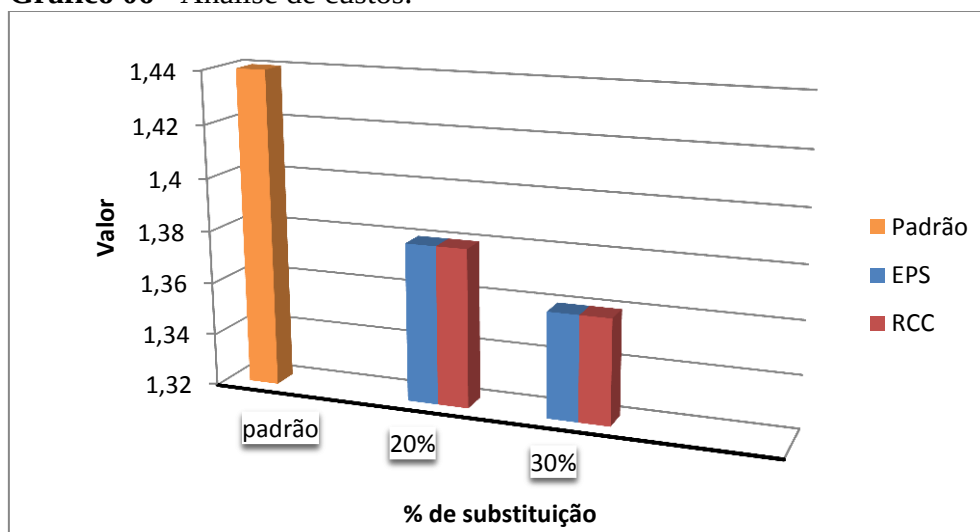
**Tabela 03** - Custo dos materiais traço com 30% de RCC/EPS por CP

| Material         | Quantidade em kg | Custo kg | Total       |
|------------------|------------------|----------|-------------|
| Areia            | 4,55             | 0,085    | 0,39        |
| Areia industrial | 1,58             | 0,048    | 0,076       |
| Granilha         | 4,00             | 0,045    | 0,18        |
| Pedrisco         | 0,20             | 0,045    | 0,01        |
| RCC/EPS          | -                | -        | -           |
| Cimento CPV ARI  | 1,28             | 0,55     | 0,70        |
| <b>Total</b>     |                  |          | <b>1,36</b> |

Fonte: Moreira, Leandro.

No Gráfico 06 pode ser observada a diferença de custos para se produzir o bloco estrutural somente com agregados naturais e também com adição de agregados artificial.

**Gráfico 06** - Análise de custos.



Fonte: Moreira, Leandro.

Após os estudos realizados, verificou-se que utilizando 20% de substituição do agregado graúdo natural por agregados recicláveis, foi possível obter uma redução de 4% no valor de produção do bloco estrutural e uma redução de 5,5% no custo de produção com 30% de substituição. Em uma produção diária de 1500 blocos a diminuição do custo para a empresa após um mês de trabalho ou 20 dias seria de 2400,00 reais, o que valida ainda mais a importância dessa destinação final dos agregados reciclados tanto o EPS como o RCC.

### **Considerações finais.**

A partir dos ensaios realizados a fim de atingir os objetivos propostos no trabalho, pode-se concluir que o traço caracterizado como padrão se classifica como Classe B conforme a ABNT NBR 6136 (2014), ou seja, de função estrutural para uso acima do solo obtendo um resultado de resistência a compressão média aos 28 dias de cura de 6,54 Mpa.

A partir dos resultados obtidos nos ensaios com substituição de agregado graúdo por RCC, tanto na proporção de 20% quanto na de 30%, conclui-se que essa substituição é satisfatória, pois foram obtidos resultados individuais de até quase 14 Mpa de resistência à compressão caracterizando assim os blocos como de classe A, mas na média, tanto os blocos com 20% de substituição com média aos 28 dias de 7,66 Mpa de resistência, como os blocos com 30% de substituição ficando com 7,92 Mpa de média, foram classificados como blocos de classe B com função estrutural conforme norma vigente.

A partir dos resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão axial dos blocos com substituição de agregado graúdo por EPS nas proporções de 20% e 30% conclui-se que é possível produzir blocos de alvenaria estrutural com inserção de resíduo de EPS em sua composição e que atendam aos requisitos de resistência à compressão da norma vigente, também os classificando como de classe B chegando a uma resistência à compressão média de 6,87 Mpa aos 28 dias o traço com 20% de substituição e de 6,28 Mpa para 30% de substituição.

Com objetivo de atender às especificações de absorção, conforme a ABNT NBR 6136 (2014) pode-se concluir que tanto os blocos fabricados com o traço padrão



da empresa, como os fabricados com substituições de agregados graúdos por RCC e EPS nas proporções de 20 % e 30% apresentaram resultados satisfatórios. Mostrando que é possível atender as especificações em todos os blocos, com valores individuais mínimos e máximos entre 5,12% a 8,53%, respectivamente ficando abaixo do exigido pela norma vigente que é de 10% de absorção.

Em relação ao custo benefício de se utilizar agregados reciclados como RCC e EPS na fabricação de blocos de concreto com função estrutural pode-se considerar um ótimo resultado com redução de até 5,5% no seu custo unitário de produção. A redução do custo individual varia de 06 centavos a 08 centavos, mas numa produção média de 1500 blocos dia, reduziria os custos de produção mensal dos blocos em torno de 2.400,00 reais para a empresa, a qual poderia investir em novas tecnologias e melhoramento de seu processo produtivo alavancando ainda mais a inserção de materiais para a produção de blocos.

Frente aos bons resultados encontrados em relação às propriedades mecânicas investigadas do bloco de concreto com função estrutural, obtidos principalmente com adição de agregados reciclados, pode-se considerar que o uso de materiais reciclados como RCC e EPS incentiva a utilização de novas tecnologias sustentáveis no setor da construção civil, reduzindo custos, aumentando a qualidade e principalmente contribuindo para o meio ambiente.

Entretanto se faz necessário, a realização de novos estudos tanto para confirmar os resultados e também em novos aspectos como resistência a fogo durabilidade do bloco produzido com agregados reciclados.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5733:** Cimento Portland com Alta Resistencia Inicial – especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6136:** Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7211:** Agregado para concreto – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781:** Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:** aditivos para concreto de cimento portland – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118:** Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. 2002. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307, de 05/07/2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº. 136, 17/07/2002. Seção 1, p. 95 – 96.

CADERNO TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL –CT10. **Prisma.** São Paulo: 2010. Suplemento.

FERREIRA, C. N. G., RIBEIRO, M. C. F. **Reutilização de resíduos de EPS na produção de concreto leve.** 2008. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos – SP, 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil:** Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012. 42 p.

MATOS, E. L. S. **Reaproveitamento de resíduos da construção civil.** 2009. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, Belém – PA, 2009.

MOHAMAD, G. RIZZATTI, E. ROMAN, H. R. Propriedades da alvenaria estrutural e de seus componentes. In: MOHAMAD, G. (Coord.). **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho.** 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2015. cap. 3, 89p. – 131p.

PIOVESAN JUNIOR, G. T. A. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de TECNOLOGIA, Santa Maria – RS, 2007.

SILVA, Klênnia. **Análise das dificuldades da prática de gerenciamento dos resíduos da construção civil em obras de pequeno porte.** MBA – Gerenciamento de Obras, Tecnologias e Qualidade na Construção Civil. Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Salvador, BA, 12 de março de 2015.

SILVA, V, A; FERNANDES, A, L. **Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG.** Revista Sociedade & Natureza, v.24, n.2, p. 333-344, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). **Plano nacional de resíduos sólidos.** 2012. Brasília: SINIR/MMA, 2012.

Disponível

em:

<[http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657)>. Acesso em maio 2016.

TESSARI, Janaina. **Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos pela Construção Civil.** 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.