



## FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS NÃO ESTRUTURAIS EM CONCRETO LEVE COM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

*Arthur Maffei Angelotti<sup>1</sup>, Ederaldo Luiz Beline<sup>2</sup>, Tania Maria Coelho<sup>3</sup>, Bruna dos Santos<sup>4</sup>*

**RESUMO:** Em função do modelo construtivo as construções brasileiras utilizam, em grande escala, materiais não estruturais para o fechamento de lajes e paredes. Parte significativa desses materiais é rejeitada devido a sua fragilidade e baixa qualidade, deste modo a pesquisa justifica-se para o desenvolvimento de novos tipos de materiais não estruturais que garantem maior resistência à compressão, à tração, que sejam mais leves e com custos competitivos. A substituição de porções dos agregados graúdos do concreto por materiais alternativos mais leves e baratos, em relação aos materiais tradicionais, torna possível a fabricação de elementos em concreto leve. Assim, para que o objetivo de obter um concreto leve, resistente, de fácil manuseio e de baixo custo fosse alcançado foram utilizados o Poliestireno Expandido (EPS), Argila Expandida e Carvão Vegetal, na substituição de agregados graúdos do concreto, que foram substituídos gradativamente, por esses materiais leves, até atingir a totalidade do agregado. Inicialmente foram moldados dois corpos de prova utilizando apenas materiais nobres no concreto, para servir de referência para análises e testes posteriores. Em sequência, foram produzidos corpos de prova com porções de agregados leves, estes que foram pesados em balança de precisão e rompidos em prensas especiais para ensaios de resistência à compressão simples, a fim de estabelecer sua resistência, densidade e teor de absorção. Os resultados obtidos mostraram que, para quantidades maiores de agregados leves substituindo o agregado nobre, menores foram as resistências dos elementos ensaiados, confirmando as expectativas iniciais da pesquisa. Contudo, os resultados obtidos são satisfatórios, pois houve redução na densidade dos materiais ensaiados e a resistência à compressão, apesar de indicar um decaimento, é maior que a dos elementos tradicionais, indicando que o uso desses materiais alternativos tem bom potencial de mercado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agregados Leve; Agregado Reciclado de Concreto; Blocos Leve; Concreto-Leve; Materiais não Estrutural.

### 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é de suma importância para o progresso nacional e vem transformando-se de forma acelerada. Deste modo, há uma realidade que coloca desafios importantes como a perda de materiais na forma de resíduos de construção e demolição (RCD) e o sobrepeso causado nas fundações pelo uso inadequado ou excessivo de materiais, para as empresas de construção civil e em seus materiais.

Desta forma empresas buscam a utilização de concreto leve na construção civil, este que são reconhecidos pelo seu reduzido peso específico e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico.

Enquanto os concretos normais têm sua densidade variando entre 2300 e 2500 kg/m<sup>3</sup>, os leves chegam a atingir 500 kg/m<sup>3</sup>. (REDEMIX, S.D.)

Assim o objetivo do trabalho foi de utilizar materiais alternativo para obter um concreto leve, resistente, de fácil manuseio e de baixo custo.

Reduzindo prejuízos causados por perdas pela fragilidade de materiais de vedação e fechamento, como tijolos e blocos, que de acordo com Hirschfeld (1996), apresentam perdas que vão de 3% a 20%.

Para que os requisitos de resistência, leveza, facilidade de manuseio e baixo custo sejam alcançados podemos contar com diversos materiais para fabricação do concreto leve. Foram utilizados na mistura materiais como: carvão vegetal; poliestireno expandido (EPS); argila expandida. O tema específico do trabalho é fabricar um novo concreto, porém com as mesmas características e facilidade de moldagem que o concreto estrutural.

#### 1.1 CONCRETO

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR; Campo Mourão – PR; Bolsista IC/Fundação Araucária do Grupo de Pesquisa em Materiais Agroindustriais (GPMAgro); arthur\_angelotti@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor do Colegiado de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR; Campo Mourão – PR do Grupo de Pesquisa em Materiais Agroindustriais (GPMAgro); lajes\_altonia@gmail.com

<sup>3</sup> Professora do Colegiado de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR; Campo Mourão – PR do Grupo de Pesquisa em Materiais Agroindustriais (GPMAgro); coelho\_tania@yahoo.com

<sup>4</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR; Campo Mourão/PR; Bolsista IC/CNPq do Grupo de Pesquisa em Materiais Agroindustriais (GPMAgro); brundosantos@hotmail.com



Concreto é o resultado da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), água e agregados (pedra e areia), sendo que o [cimento](#) ao ser hidratado pela água, forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico (PORTAL DO CONCRETO, 2014).

E desde a sua invenção, em meados do século XIX, a tecnologia utilizado no concreto teve grande mudança, devido à melhora de técnicas de produção, a evolução da instrumentação e ao desenvolvimento de novos materiais (MELO, 2009).

Para que o concreto seja resistente, durável, econômico e de bom aspecto, Almeida (2002) lista alguns fatores:

- As propriedades de cada um dos materiais componentes;
- As propriedades do concreto e os fatores que podem alterá-las;
- O proporcionamento correto e execução cuidadosa da mistura;
- O modo de executar o controle do concreto durante a fabricação e após o endurecimento.

## 1.2 CONCRETO LEVE

Segundo Watanabe (2008), as primeiras aplicações dos concretos com agregados leves datam de aproximadamente 3000 anos, quando era utilizado uma mistura de pedra pome com um ligante à base de cinzas vulcânicas e cal para a construção de elementos estruturais.

A utilização de concreto leve se faz necessária em obras onde se requer uma estrutura mais leve e redução da carga sobre as fundações, e características desejadas para a edificação (ROSSIGNOLO, 2003). Já que esse concreto apresenta massa específica de até 2000kg/m<sup>3</sup>. (BAUER e TOLEDO Apud FERREIRA e RIBEIRO, 2008).

E Souza *et al.* (2006) afirma que o concreto leve pode ser aplicado em diversas finalidades, como:

- Pré-fabricados;
- Elementos de vedação internos (paredes);
- Isolante térmico e acústico de lajes;
- Resistência à propagação do fogo;
- Muros exteriores sem carga;
- Casas pré-fabricadas;
- Tijolos ou blocos de concreto leve;
- Revestimento de fachadas com concreto leve; e
- Elementos vazados de concreto leve.

Para se obter essa característica de concreto leve foram utilizados três elementos, que são: Argila Expandida; Carvão Vegetal; e Poliestireno Expandido (EPS).

## 1.3 ARGILA EXPANDIDA

A utilização de Argila Expandida no concreto proporciona densidades que variam de 1200 a 1800 kg/m<sup>3</sup>. (CORTESIA DO CONCRETO, 2005). Esse que é um agregado leve que se apresenta em forma de bolinhas de cerâmica leves e arredondadas, com uma estrutura interna formada por um a espuma cerâmica (ABA ACÚSTICA, 2011).

Outro fator para utilizar a argila expandida na formação de concreto leve é a diminuição significativa de custos de fundação, se mostrando mais vantajosa se comparada à utilização de estruturas em concreto convencional com massa específica convencional (CINEXPAN, 2013).

## 1.4 CARVÃO VEGETAL

De acordo com MEIRA (2002), o carvão vegetal é definido como um resíduo sólido que se obtém da carbonização da madeira, na ausência de ar.

A agregação de carvão vegetal ao concreto tem como finalidade a redução da densidade do concreto.

## 1.5 POLIESTIRENO EXPANDIDO



Isopor é um nome comercial da espuma de poliestireno, ou poliestireno expandido, que também é conhecido como EPS. É um produto sintético proveniente do petróleo (BERLOFA, 2009).

Com a substituição dos agregados graúdos por EPS, pode ser obtidos concretos com densidades de  $400\text{kg/m}^3$  a  $1.600\text{kg/m}^3$  (ISOFÉRES, 2012). Assim, alivia as cargas sobre as fundações, tornando os edifícios mais leves. (STOCCO, RODRIGUES e CASTRO, 2009).

No trabalho foi utilizado o EPS em pérola, que são pequenas esferas (3mm) constituídas de 2% de Poliestireno e 98% de ar (STOCCO, RODRIGUES e CASTRO, 2009).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente realizou-se uma revisão de literatura buscando por trabalhos que utilizam resíduos de concreto, utilizado com agregados reciclados, analisando principalmente as questões relativas à fabricação de massa de concreto leve, os processos e as possibilidades de produção de novos concretos para serem utilizados no setor da construção civil.

Com a revisão de literatura realizada estabeleceu-se os parâmetros da pesquisa, para posteriormente iniciar a parte experimental da pesquisa, a qual foi fomentado pelas seguintes etapas:

1. Moldagem de um corpo de provas, em moldes padronizados de acordo com a ABNT, usando o concreto tradicional (corpo de referência), que foi utilizada como base para comparação de resistência e densidade com o concreto leve proposto;

2. Produção de concretos leves, em moldes padronizados de acordo com a ABNT, nos quais foram adicionados diversos tipos de agregados alternativos, em quantidades gradativas, obtendo-se várias combinações. Essas combinações foram posteriormente analisadas, para verificação e medições laboratoriais das características inicialmente propostas no trabalho. Nessa etapa do processo parte do agregado graúdo utilizado no concreto foi substituído, em proporções crescentes:

- 1/3 de pedra brita por agregados leves;
- 2/3 de pedra brita por agregados leves; e
- Substituição total de pedra brita por agregados leves.

Para redução da massa específica do concreto proposto os produtos utilizados, e que foram adicionados ao mesmo em quantidades gradativas, são:

- Carvão;
- Poliestireno expandido (EPS);
- Argila expandida.

3. Moldagem de corpos de prova, em molde padronizado de acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), para cada amostra de concreto leve obtida na segunda etapa da metodologia;

4. Cura dos corpos de prova em ambientes úmidos por 28 dias.

5. Submissão dos corpos de prova (de referência e das amostras) a ensaios de absorção, resistência à compressão simples e densidade aparente.

Para o teste de teor de absorção foi utilizado a Fórmula 1.

$$A\% = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100 \quad (1)$$

Onde:

$Mh$  = Massa do corpo saturado em água

$Ms$  = Massa do corpo seco em estufa

$A\%$  = Teor de absorção

Todos os ensaios foram realizados em laboratório e seguindo-se as normas da ABNT.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após finalizar as atividades experimentais do projeto, foram obtidos 20 corpos de provas, com 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, utilizando frações diferentes de agregados leves distintos, sendo:

- 2 corpo de prova de referência (sem a utilização de agregado leve);
- 6 corpos de prova com adição de carvão vegetal;
- 6 corpos de prova com adição de argila expandida; e
- 6 corpos de prova com adição de EPS;

O formato dos corpos de provas obtidos podem ser observados na Figura 1.



**Figura 1** - Forma dos corpos de provas obtidos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os corpos de prova, depois de confeccionados, foram pesados em balanças de precisão e rompidos em prensas específicas, a fim de determinar a densidade e sua resistência à compressão simples. A resistência é obtida da divisão da carga aplicada pela prensa em Newtons (N) pela área da seção transversal do corpo de prova em metros quadrados (m<sup>2</sup>). Os dados de resistência dos corpos de prova de referência obtidos estão disponíveis na Tabela 1.

**Tabela 1** – Resultados alcançados (massa, volume, densidade e resistência) após a confecção dos corpos de provas de referência

Material	Corpo de Referência	
	1	2
Amostra		
Porcentagem de Agregado Leve	-	-
Massa (Kg)	3,639	3,705
Volume (L)	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,317	2,359
Resistência (Mpa)	18,9	19,3

Com o resultados obtidos do rompimento dos corpos de prova de referência utilizou-se os dados para comparação com os corpos de prova com substituição do agregado graúdo da mistura.

Com a utilização de EPS, Argila Expandida e Carvão vegetal em substituição aos agregados graúdos obteve-se os resultados apresentados na Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4 respectivamente.



**Tabela 2** - Resultados obtidos (massa, volume, densidade e resistência) após a confecção dos corpos de provas com utilização de EPS

Material	EPS					
	1			2		
Amostra						
Porcentagem de Agregado Leve	33%	66%	100%	33%	66%	100%
Massa (Kg)	3,257	2,523	1,99	3,288	2,605	2,056
Volume (L)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,075	1,607	1,268	2,094	1,659	1,309
Resistência (Mpa)	13,1	11,4	8,7	13,7	11,8	10,2

**Tabela 3** - Resultados alcançados (massa, volume, densidade e resistência) após a confecção dos corpos de provas com utilização de Argila Expandida para substituição do agregado graúdo

Material	Argila Expandida					
	1			2		
Amostra						
Porcentagem de Agregado Leve	33%	66%	100%	33%	66%	100%
Massa (Kg)	3,242	2,836	2,439	3,246	2,762	2,255
Volume (L)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,065	1,806	1,554	2,068	1,759	1,436
Resistência (MPa)	14,7	13,9	11,6	15,2	13,2	12,2

**Tabela 4** - Resultados alcançados (massa, volume, densidade e resistência) após a confecção dos corpos de provas com utilização de Carvão Vegetal

Material	Carvão Vegetal					
	1			2		
Amostra						
Porcentagem de Agregado Leve	33%	66%	100%	33%	66%	100%
Massa (Kg)	3,348	2,902	2,311	3,299	2,938	2,181
Volume (L)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Densidade (Kg/L)	2,132	1,848	1,472	2,101	1,871	1,389
Resistência (Mpa)	13,9	11,7	10,7	13,6	12,1	10,3

Embora alguns autores considerem concreto leve como sendo aquele que possui massa específica até  $2000\text{kg/m}^3$ , neste trabalho alcançou-se valores que variaram de  $2065\text{kg/m}^3$  a  $2132\text{kg/m}^3$  nas amostras contendo 33% de material leve em substituição ao agregado graúdo, sendo os referidos valores considerados concretos leves, uma vez que, representa uma redução da ordem de aproximadamente 12% da massa específica do concreto convencional nas amostras de referência ( $2338\text{kg/m}^3$  na média) previsto em norma.

Pode observar que quanto maior a quantidade de agregados leves substituídos na mistura, menor a resistência à compressão simples no corpo de prova. No entanto, com a utilização de Argila Expandida a perda máxima de resistência é de aproximadamente 35%, a mesma taxa de redução de peso.

Nos testes de absorção, utilizou-se as medidas de massa seca e massa úmida (saturado em água) dos corpos de prova. Os resultados foram obtidos com a aplicação da Fórmula 1 e estão expostos na Tabela 5.



**Tabela 5 – Índice de Absorção dos Corpos de Prova, após a pesagem dos corpos de prova com a massa seca e com a massa saturada em água.**

<b>ENSAIO DE ABSORÇÃO</b>				
<b>Traço</b>	<b>Amostra</b>	<b>Massa Seca</b>	<b>Massa Saturada</b>	<b>Teor de Absorção (%)</b>
<b>33% EPS</b>	1	3,218	3,291	2,268
	2	3,251	3,325	2,276
<b>66% EPS</b>	1	2,508	2,704	7,815
	2	2,433	2,636	8,344
<b>100 % EPS</b>	1	2,005	2,150	7,232
	2	1,938	2,084	7,534
<b>33% Argila Expandida</b>	1	3,159	3,208	1,551
	2	3,154	3,283	4,090
<b>66% Argila Expandida</b>	1	2,639	2,787	5,608
	2	2,701	2,853	5,628
<b>100% Argila Expandida</b>	1	2,158	2,336	8,248
	2	2,322	2,488	7,149
<b>33% Carvão Vegetal</b>	1	3,292	3,389	2,947
	2	3,336	3,443	3,207
<b>66% Carvão Vegetal</b>	1	2,890	3,036	5,052
	2	2,927	3,074	5,022
<b>100% Carvão Vegetal</b>	1	2,167	2,406	11,029
	2	2,300	2,528	9,913
<b>Referência</b>	1	3,620	3,721	2,790
	2	3,704	3,802	2,646

Compreende-se que o teor de absorção de água nos corpos de prova com a utilização de materiais leves aumenta conforme a quantidade substituída. Com o carvão vegetal o teor de absorção aumenta proporcionalmente com a quantidade de carvão vegetal utilizado na mistura, sendo que com a substituição de 100% dos agregados graúdos por carvão vegetal o teor de absorção é de até quatro vezes maior que os índices das outras misturas.

#### **4 CONCLUSÃO**

Notou-se que os corpos de prova em concreto leve com adição de EPS como agregado leve foram os que mostraram a maior redução na densidade, no entanto houve uma redução proporcional na resistência. Com a utilização de Argila Expandida e Carvão Vegetal os corpos de prova tiveram uma menor redução na densidade, no entanto a resistência teve uma menor queda.

Outro ponto de grande importância é que, mesmo não sendo o objetivo principal do trabalho, os corpos de prova com agregados leves obtiveram um maior índice de absorção de água, principalmente os com carvão vegetal, que apresentaram índices cerca de quatro vezes maior que as outras amostras. Assim, sugere-se futuros estudos sobre a utilização de concreto com carvão vegetal para ambientes externos, onde se deseja a absorção de água.

Portanto devido aos fatos relatados o trabalho realizado obteve êxito com base em seus objetivos pré-estabelecidos.



## REFERÊNCIAS

ABA ACÚSTICA. **Argila Expandida**. 2011. Disponível em: < <http://www.abaacustica.com.br/argila.pdf>> acesso em 28 de Julho de 2015 às 12:40 hrs.

BERLOFA, A. da S. **A viabilidade do uso do poliestireno expandido na indústria da construção civil**. 2009. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Faculdade de Tecnologia da Zona leste. São Paulo (São Paulo), 2009.

CINEXPAN. **Concreto leve**. 2013. Disponível em: < <http://www.cinexpan.com.br/argila-expandida/concreto-leve-estrutural.html>> acesso em 28 de Julho de 2015 às 13:00 hrs.

CORTESIA DO CONCRETO. **Engenharia do Concreto**. 2005. Disponível em: < <http://cortesiadoconcreto.com.br/assets/files/manual-do-concreto.pdf>> acesso em: 28 de Julho de 2015 às 13:10 hrs.

FERREIRA, C. N. G.; RIBEIRO, M. C. F. **Reutilização de Resíduos de EPS na Produção de Concreto Leve**. 2008. 43 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) –Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos (São Paulo), 2008.

HIRSCHFELD, H. **A Construção Civil e a Qualidade: informações e recomendações para Engenheiros, Arquitetos, Gerenciadores, Empresários e Colaboradores que atuam na Construção Civil**. São Paulo, Atlas, 1996.

ISOFÉRES. **Concreto Leve**. 2012. Disponível em: < <http://www.isoferes.com.br/imagens/ARQUIVOS%20PDF%20SITE/CONCRETO%20LEVE.pdf>> acesso em: 28 de Julho de 2015 às 14:00 hrs.

MEIRA, A.M. **Diagnóstico sócio-ambiental e tecnológico da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela**. 2002. 99f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 2002.

MELO, G. F. de. **Concreto celular polimérico: Influência da adição de resíduo de poliéster insaturado termofixo**. 2009. 83 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (Rio Grande do Norte), 2009.

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto**. 2014. Disponível em:< <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>> Acesso em: 05 de Agosto de 2015.

REDEMIX. **Tipos de Concreto**. S.D. Disponível em: < <http://www.redimix.com.br/tiposDeConcreto/>> acesso em 02 de Agosto de 2015 às 14:00 hrs.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré- fabricados esbeltos – dosagem, produção, propriedades e microestrutura**. 2003. 220 f. Tese (Doutorado) – Inter unidades EESC/IFSC/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos (São Paulo), 2003.

SOUZA, L. M. *et. al.* **Compósito a base de gesso e EPS para fabricação de casas populares**. 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMat), 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

STOCCO, W.; RODRIGUES, D.; CASTRO, A. P. de A. S. Concreto leve com uso de EPS. In: Congresso Brasileiro de Educação (COBENGE), 37., 2009. Recife (Pernambuco). **Anais...** Salto (São Paulo): Centro Educacional Nossa Senhora do Patrocínio (CEUNSP), 2009, 7 p.

WATALABE, P. S. **Concretos especiais – propriedades, materiais e aplicações**. Bauru (São Paulo): Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus Bauru. 2008. 201 p. (Relatório Final, 06/55978-1).