

CONCRETO ULTRALEVE® COM PÉROLAS DE EPS: CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL E ESTUDO DE SUA APLICAÇÃO EM LAJES

Thiago Catoia¹ & Libânio Miranda Pinheiro²

Resumo

A ampla utilização do concreto leve deve-se especialmente aos benefícios promovidos pela redução da massa específica do material, como a diminuição dos esforços nas estruturas dos edifícios, a economia com fôrmas e cimbramentos, bem como a diminuição dos custos com transporte e montagem de construções pré-fabricadas. Este trabalho tem como objetivo determinar as principais características do Concreto Ultraleve® Estrutural com pérolas de EPS, características essas necessárias para projetar elementos estruturais com esse novo material. Mais especificamente, pretende-se determinar características mecânicas, tais como: resistência à compressão, módulo de elasticidade, resistência à tração na compressão diametral e na flexão. Pretende-se, também, determinar a massa específica e avaliar sua relação com as características mecânicas, além de analisar o comportamento de modelos de lajes unidirecionais produzidas com esse concreto.

Palavras-chave: Concreto leve. Concreto Ultraleve®. EPS. Características. Lajes.

ULTRALIGHT CONCRETE WITH EPS PEARLS: MATERIAL CHARACTERIZATION AND STUDY OF ITS USE IN SLABS

Abstract

The extensive use of lightweight concrete is primarily due to the benefits promoted by reducing the density of the material, such as decreasing efforts in the building structures, the economy with molds and scaffolding, as well as reducing transportation and mounting costs of prefabricated constructions. This study aims to determine the main characteristics of the Ultralight Structural Concrete with EPS pearls, characteristics needed to design structural members with this new material. More specifically intends to determine mechanical properties such as compressive strength, modulus of elasticity, splitting and flexural tensile strength. To determine the density and estimate its relationship with the mechanical characteristics are also intended, besides to analyze the behavior of unidirectional slab models produced with this concrete.

Keywords: Lightweight concrete. Ultralight concrete. EPS. Characteristics. Slabs.

Linha de pesquisa: Materiais e Mecânica dos Materiais.

1 INTRODUÇÃO

Nas obras de concreto, o peso próprio representa uma grande parcela da carga total atuante na estrutura, e a redução da massa específica do concreto torna-se de grande interesse.

Assim, o concreto leve é apresentado atualmente como um material de construção utilizado em todo mundo, com aplicação em diversas áreas da construção civil, inclusive em elementos pré-moldados.

¹ Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, tcatoia@sc.usp.br

² Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, libanio@sc.usp.br



De acordo com Kerbaux (2011), denomina-se *Concreto Ultraleve*[®] Estrutural, ou *Concreflex*[®], o concreto contendo poliestireno expandido - EPS, que atua como agregado leve e ao mesmo tempo como incorporador de ar, destinado para fins estruturais e não estruturais, com massa específica variando entre 400 kg/m³ e 1300 kg/m³, inferior à massa específica usualmente apresentada pelo Concreto Leve Estrutural.

O EPS é produzido pela expansão da resina de poliestireno - PS, no seu processo de produção, por meio do emprego de um agente químico, um gás de expansão, normalmente o pentano. Nesse processo de expansão, são gerados gases voláteis, formando assim as pérolas de EPS.

O poliestireno caracteriza-se por sua elevada dureza, rigidez e baixo custo. Apresenta valores elevados de resistência à tração, amolecendo em temperaturas situadas entre 90°C e 95°C. Pode ser conformado por injeção, extrusão ou moldagem por compressão. É um material inodoro e atóxico, possuindo pequena absorção de umidade, e não é autoextinguível. Apresenta resistência aos álcalis e é solúvel em ésteres, hidrocarbonetos aromáticos e clorados (Andrade, 2010).

O PS é um material normalmente derivado do petróleo, mais conhecido no Brasil na sua forma expandida (EPS), pelos nomes comerciais Isopor[®] ou Estyropor[®]. Os produtos finais obtidos a partir desse material possuem caráter ecológico, visto que não contaminam o solo, água ou ar e são 100% reaproveitáveis e recicláveis, podendo voltar à condição de matéria-prima.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a caracterização do concreto em estudo foi a indicada pelas respectivas normas: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, de acordo com a NBR 7223:1992; da massa específica no estado fresco, segundo a NBR 9833:1987; ensaios de corpos de prova cilíndricos (100 mm x 200 mm) para determinação da resistência à compressão simples, módulo de elasticidade e resistência à tração por compressão diametral, respectivamente, conforme as normas NBR 5739:1994, NBR 8522:1984 e NBR 7222:1994; e ensaios de corpos de prova prismáticos (seção transversal quadrada de 150 mm e comprimento de 500 mm) para determinação da resistência à tração na flexão, seguindo as especificações da NBR 12142:1991.

3 DESENVOLVIMENTO

Para os modelos de lajes unidirecionais, foram realizados ensaios de "quatro pontos", como pode ser observado na Figura 1. As lajes apoiavam-se sobre vigas de madeira, chanfradas junto à face superior, sobre a qual foram colocadas tiras de borracha rígida de 4 cm de largura. Sob as vigas de madeira, havia perfis metálicos, fixados no piso do laboratório.

O carregamento foi aplicado por um único macaco hidráulico, através de uma célula de carga, num perfil metálico tipo caixão, que transferia a força para dois trilhos metálicos, com 10 cm de largura, que aplicavam o carregamento nas lajes, ao longo de duas faixas equidistantes dos apoios. Entre os trilhos e a laje, havia tiras de borracha rígida.

Para cada laje, foram feitos ensaios de flexão, com forças nos terços do vão (a 60 cm dos eixos dos apoios), e de cisalhamento, com forças a 2,5 h (20 cm) dos eixos dos apoios.

Os transdutores de deslocamento (LVDTs) foram posicionados sobre a face superior da laje, para evitar que fossem danificados, por ocasião da ruína.

Nos ensaios de flexão, para que as lajes não fossem muito danificadas, de modo que fosse possível realizar os ensaios de cisalhamento, depois de atingida a carga máxima, o carregamento foi interrompido quando a abertura máxima das fissuras atingiu valores da ordem de 0,3 mm a 0,4 mm.

Nos ensaios de cisalhamento, nos quais se esperava que a solicitação crítica correspondesse à força cortante, o carregamento foi aplicado até a ruptura das lajes. Todas elas romperam nesses ensaios e, em geral, a solicitação crítica foi o momento fletor.

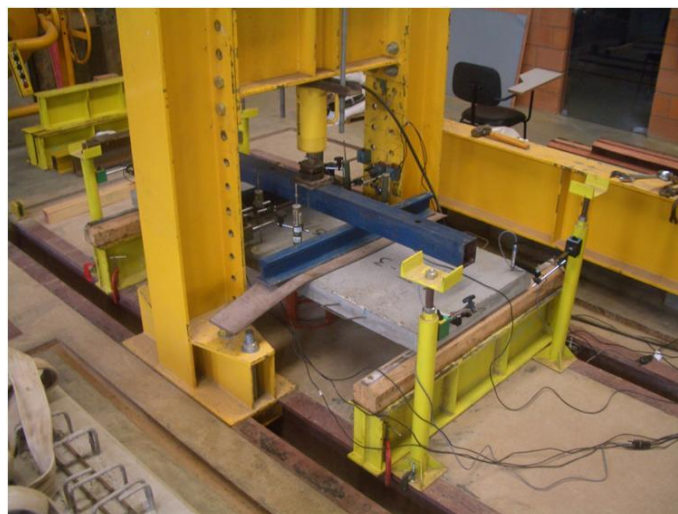


Figura 1 – Ensaio de flexão de laje unidirecional.

4 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta resumidamente os resultados dos ensaios de caracterização do Concreto Ultraleve®, referentes à idade de 28 dias.

Tabela 1 – Resumo da caracterização do Concreto Ultraleve®

γ_m (kg/m ³)	f_{cm} (MPa)	f_{ck} (MPa)	E_{ci} (GPa)	E_{cs} (GPa)	$f_{ctm,sp}$ (MPa) diametral	$f_{ctk,sp}$ (MPa) diametral	$f_{ctm,f}$ (MPa) flexão	$f_{ctk,f}$ (MPa) flexão
1279	15,88	14,38	11,36	10,08	1,11	0,89	1,39	1,14

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios dos modelos de lajes e dos ensaios de caracterização do concreto de cada modelo, realizados aos 28 dias. Nessa tabela, g_1 refere-se às cargas permanentes, exceto o peso próprio; q à carga variável e p_{ad} à carga adicional ao peso próprio.

Tabela 2 – Resumo dos resultados dos ensaios relativos às lajes unidirecionais

Lajes	Armadura	γ_m (kg/m ³)	f_c (MPa)	$f_{ct,sp}$ (MPa)	$f_{ct,f}$ (MPa)	E_{ci} (GPa)	E_{cs} (GPa)	Carga Ruptura (kN)	$p_{ad} = g_1 + q$	
									(kN/m)	(kN/m ²)
L I-1	7ø5 c/10	1226	12,20	1,01	1,15	9,80	8,67	12,85	9,51	13,59
L I-2	7ø5 c/10	1239	12,43	1,01	1,17	10,42	9,08	13,50	9,99	14,27
L II-1	6ø5 c/12	1226	14,49	1,01	1,38	10,31	9,25	11,18	8,27	11,81
L II-2	6ø5 c/12	1195	13,77	1,03	1,27	9,72	8,75	9,21	6,82	9,74
L III-1	7ø4,2 c/10	1303	17,01	0,96	1,24	11,13	10,10	5,81	4,30	6,14
L III-2	7ø4,2 c/10	1333	18,68	1,08	1,24	13,33	11,46	9,03	6,68	9,54

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

O *Concreto Ultraleve*[®] ora estudado, com aproximadamente metade da massa específica dos concretos convencionais, apresentou valores de resistência mecânica compatível para a produção de lajes.

Os modelos de lajes unidirecionais ensaiados apresentaram comportamento representativo do comportamento de lajes, com acréscimo da carga de ruptura coerente com o aumento da armadura, como esperado para o comportamento de elementos com os esforços predominantes de flexão.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Eng^o. Milton José Kerbauy, pelo fornecimento dos corpos de prova e dos modelos para o programa experimental.

À FAPESP, pela bolsa de doutorado e pelos demais auxílios concedidos.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. O. (2010). Propriedades dos Polímeros. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. v.2, p.1323-1350. ISBN: 978-85-98576-15-2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 7222: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. São Paulo, 1994.

_____. **NBR 7223: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 8522: Concreto – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão-deformação**. São Paulo, 1984.

_____. **NBR 9833: Concreto fresco – Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico**. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro, 1991.

KERBAUY, M. J. (2011). **Concreto estrutural ultraleve com desmoldagem rápida destinado à fabricação de placas, painéis e lajes**. Patente depositada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI (PI-1004268-7).