

Boletim de Ensaio

Estudo da secagem de provetes de betão Leve

Leca Portugal – Argilas Expandidas, S. A.

ESTUDO DA SECAGEM DE PROVETES DE BETÃO LEVE



Leca Portugal – Argilas Expandidas, S. A.

1 OBJECTO

Na sequência da solicitação da “Leca Portugal – Argilas Expandidas, S. A.”, elaborou-se o presente relatório que visa estudar o processo de secagem de provetes de betão leve.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Física das Construções – LFC, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

2 DESCRIÇÃO DO ENSAIO

2.1 INTRODUÇÃO

O ensaio consiste em determinar a variação de massa, em função do tempo, de provetes de betão leve, submetidos a diferentes condições de temperatura e humidade relativa.

Os ensaios foram realizados em duas fases. Na primeira fase, prepararam-se 12 provetes de duas composições de betão leve, que foram colocadas a uma temperatura de 20 °C e a uma humidade relativa de 50 %. Na segunda fase, colocaram-se outros 12 provetes, com as mesmas composições, a uma temperatura de 15 °C e a uma humidade relativa de 85 %.

Prepararam-se provetes com espessuras de 5 cm e de 10 cm.

Determinou-se também o perfil aproximado do teor de humidade dos provetes com a profundidade.

2.2 EQUIPAMENTO

O equipamento utilizado foi o seguinte:

- Betoneira;
- Câmara climática *walk-in* com controlo de temperatura e humidade relativa;
- Balança;
- Estufa ventilada.

2.3 COMPOSIÇÕES

Foram ensaiadas duas composições de betão leve, uma pré-doseada, *Leca[®]Mix* (Figura 1), e outra com inertes de poliestireno expandido (EPS). A primeira composição foi preparada com 1 saco de 50 litros de *Leca[®]Mix* e 3,5 litros de água enquanto que a segunda foi preparada com 40 litros de EPS, 12 kg de cimento e 6 litros de água.



Figura 1 — Embalagens do betão leve pré-doseado *Leca[®]Mix*.

2.4 PROVETES

Foram preparados no LFC, pela “Leca Portugal – Argilas Expandidas, S. A.”, 12 provetes de betão leve em cada fase (Figura 2), com as dimensões e composições apresentadas no Quadro 1.



Figura 2 — Provetes de betão leve no interior da câmara climática.

Quadro 1 — Dimensões e composições dos provetes de betão leve.

Provete	Composição	Espessura	Provete	Composição	Espessura
LMP05A LMP05B LMP05C	Leca [®] Mix	5 cm	LMP10A LMP10B LMP10C	Leca [®] Mix	10 cm
EPS05A EPS05B EPS05C	EPS		EPS10A EPS10B EPS10C	EPS	

A massa volúmica aparente da composição pré-doseada *Leca[®]Mix* é aproximadamente (480 ± 72) kg/m³.

3 RESULTADOS DOS ENSAIOS

3.1 SECAGEM A 20 °C E 50 % DE HUMIDADE RELATIVA

3.1.1 Secagem

A primeira fase do processo de secagem foi acompanhada através de pesagens periódicas, cujos resultados se apresentam no Quadro 2.

Quadro 2 — Valores das pesagens dos provetes de betão leve (20 °C e 50 % HR).

Provete	26-Mar 17:00	29-Mar 17:15	30-Mar 17:15	31-Mar 17:30	01-Abr 17:10	02-Abr 16:55	05-Abr 17:00	06-Abr 17:30	07-Abr 17:15	13-Abr 17:20	14-Abr 17:25	20-Abr 17:40	26-Abr 17:25
LMP05A	1687 g	1552 g	1544 g	1537 g	1532 g	1529 g	1524 g	1523 g	1523 g	1522 g	1523 g	1523 g	1524 g
LMP05B	1654 g	1523 g	1515 g	1508 g	1503 g	1499 g	1494 g	1494 g	1493 g	1493 g	1493 g	1494 g	1494 g
LMP05C	1750 g	1619 g	1610 g	1602 g	1596 g	1591 g	1583 g	1582 g	1582 g	1581 g	1581 g	1581 g	1582 g
LMP10A	3325 g	3144 g	3133 g	3124 g	3117 g	3110 g	3095 g	3090 g	3086 g	3066 g	3063 g	3048 g	3036 g
LMP10B	3347 g	3199 g	3183 g	3171 g	3162 g	3155 g	3135 g	3130 g	3125 g	3099 g	3096 g	3076 g	3063 g
LMP10C	3302 g	3145 g	3131 g	3120 g	3112 g	3105 g	3088 g	3082 g	3078 g	3052 g	3048 g	3031 g	3020 g
EPS05A	2080 g	1929 g	1920 g	1913 g	1908 g	1903 g	1891 g	1888 g	1885 g	1869 g	1866 g	1854 g	1845 g
EPS05B	1787 g	1632 g	1623 g	1616 g	1610 g	1605 g	1593 g	1590 g	1587 g	1571 g	1569 g	1558 g	1550 g
EPS05C	2142 g	1977 g	1968 g	1961 g	1955 g	1951 g	1939 g	1936 g	1933 g	1917 g	1915 g	1903 g	1893 g
EPS10A	2995 g	2839 g	2829 g	2821 g	2814 g	2808 g	2793 g	2789 g	2785 g	2765 g	2762 g	2747 g	2733 g
EPS10B	3156 g	2984 g	2975 g	2967 g	2961 g	2956 g	2941 g	2937 g	2933 g	2915 g	2912 g	2897 g	2884 g
EPS10C	3516 g	3346 g	3334 g	3326 g	3320 g	3314 g	3300 g	3295 g	3292 g	3272 g	3270 g	3255 g	3242 g
Temp.	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C
HR	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

3.1.2 Perfil do teor de humidade em função da profundidade

Foi também medido o teor de humidade de quatro provetes em função da profundidade (entenda-se espessura) após a conclusão do ensaio de secagem cuja duração foi de 30 dias, obtendo-se os resultados apresentados no Quadro 3.

Os provetes foram secos em estufa a uma temperatura de 70 °C até obterem massa constante, e determinaram-se os valores do teor de humidade através da expressão seguinte:

$$W = \frac{m_h - m_s}{m_s - m_v} \times 100$$

em que:

W — Teor em água, expresso em %;

m_h — Massa do provete, expressa em kg;

m_s — Massa do provete seco, expressa em kg;

m_v — Massa da cápsula (tara), expressa em kg.

Quadro 3 — Resultados dos teores de humidade em função da profundidade.

Provetes	LMP05	EPS05
Camada superior	1,7 %	10,6 %
Camada inferior	4,0 %	18,5 %

Provetes	LMP10	EPS10
Camada superior	1,7 %	13,9 %
Camada intermédia	2,8 %	23,6 %
Camada inferior	3,7 %	25,8 %

Na figura seguinte pode observar-se a representação gráfica dos perfis do teor de humidade.

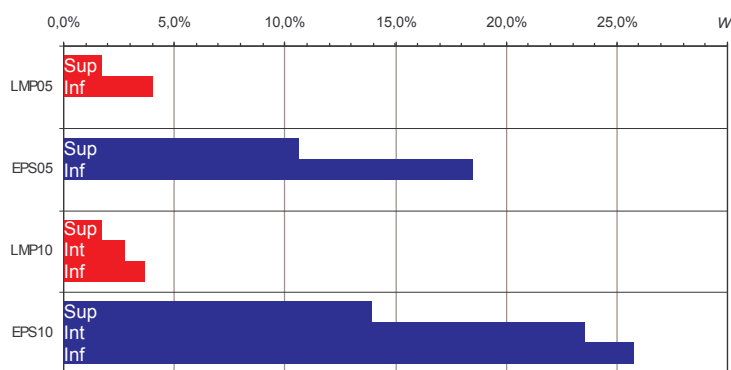


Figura 3 — Representação gráfica dos teores de humidade em função da profundidade.

3.2 SECAGEM A 15 °C E 85 % DE HUMIDADE RELATIVA

3.2.1 Secagem

A segunda fase do processo de secagem foi acompanhada através de pesagens periódicas, cujos resultados se apresentam no Quadro 4.

Quadro 4 — Valores das pesagens dos provetes de betão leve (15 °C e 85 % HR).

Provete	14-Mai	17-Mai	17-Mai	18-Mai	18-Mai	19-Mai	24-Mai	25-Mai	31-Mai	03-Jun	09-Jun	15-Jun	21-Jun
	15:15	10:30	16:05	10:00	17:15	16:10	16:50	11:00	15:00	16:10	11:45	9:45	10:25
LMP05A	1630 g	1567 g	1564 g	1558 g	1556 g	1552 g	1539 g	1538 g	1532 g	1531 g	1530 g	1531 g	1532 g
LMP05B	1654 g	1593 g	1589 g	1583 g	1580 g	1576 g	1563 g	1562 g	1556 g	1554 g	1553 g	1554 g	1554 g
LMP05C	1698 g	1632 g	1628 g	1621 g	1619 g	1615 g	1602 g	1601 g	1595 g	1594 g	1593 g	1594 g	1595 g
LMP10A	3137 g	3077 g	3074 g	3064 g	3061 g	3053 g	3030 g	3027 g	3015 g	3011 g	3005 g	2999 g	2995 g
LMP10B	3153 g	3092 g	3088 g	3078 g	3075 g	3066 g	3042 g	3040 g	3027 g	3023 g	3017 g	3011 g	3007 g
LMP10C	3079 g	3010 g	3006 g	2996 g	2992 g	2985 g	2963 g	2961 g	2950 g	2945 g	2940 g	2934 g	2930 g
EPS05A	1820 g	1737 g	1734 g	1729 g	1728 g	1724 g	1715 g	1714 g	1710 g	1709 g	1707 g	1706 g	1704 g
EPS05B	1978 g	1895 g	1892 g	1886 g	1884 g	1880 g	1870 g	1869 g	1864 g	1863 g	1861 g	1859 g	1858 g
EPS05C	1973 g	1886 g	1883 g	1876 g	1874 g	1870 g	1860 g	1859 g	1855 g	1853 g	1851 g	1849 g	1848 g
EPS10A	3284 g	3200 g	3198 g	3191 g	3189 g	3185 g	3173 g	3172 g	3167 g	3165 g	3162 g	3159 g	3157 g
EPS10B	3279 g	3188 g	3186 g	3179 g	3177 g	3172 g	3161 g	3160 g	3154 g	3152 g	3150 g	3147 g	3145 g
EPS10C	3451 g	3352 g	3349 g	3342 g	3341 g	3336 g	3325 g	3324 g	3318 g	3316 g	3314 g	3311 g	3309 g
Temp.	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C
HR	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%

3.2.2 Perfil do teor de humidade em função da profundidade

Foi também medido o teor de humidade de quatro provetes em função da profundidade após a conclusão do ensaio de secagem cuja duração foi de 38 dias, obtendo-se os resultados apresentados no Quadro 5.

Os provetes foram secos em estufa a uma temperatura de 70 °C até obterem massa constante, e determinaram-se os valores do teor de humidade através da expressão indicada no ponto 3.1.2.

Quadro 5 — Resultados dos teores de humidade em função da profundidade.

Provetes	LMP05	EPS05
Camada superior	3,1 %	18,4 %
Camada inferior	3,9 %	22,3 %

Provetes	LMP10	EPS10
Camada superior	3,8 %	21,0 %
Camada intermédia	7,2 %	26,3 %
Camada inferior	8,6 %	26,8 %

Na Figura 4 pode observar-se a representação gráfica dos perfis do teor de humidade.

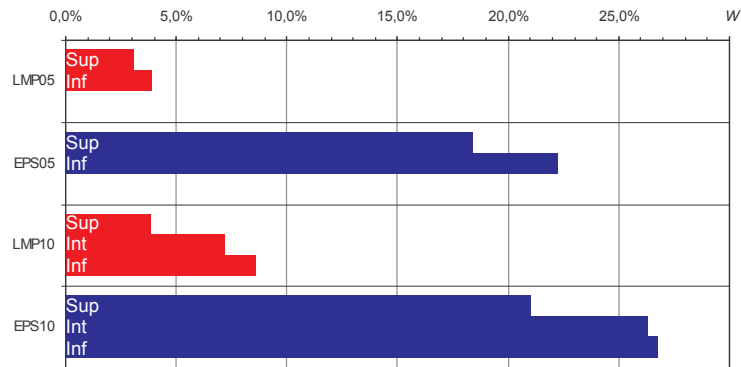


Figura 4 — Representação gráfica dos teores de humidade em função da profundidade.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A secagem de provetes de betão leve é um processo lento até que o provete atinja o seu equilíbrio higroscópico. Esse tempo depende das condições de temperatura e de humidade relativa dos ambientes.

Na Figura 5 e Figura 6 representa-se a variação de massa em relação à massa inicial dos vários provetes nos diferentes pontos de pesagem.

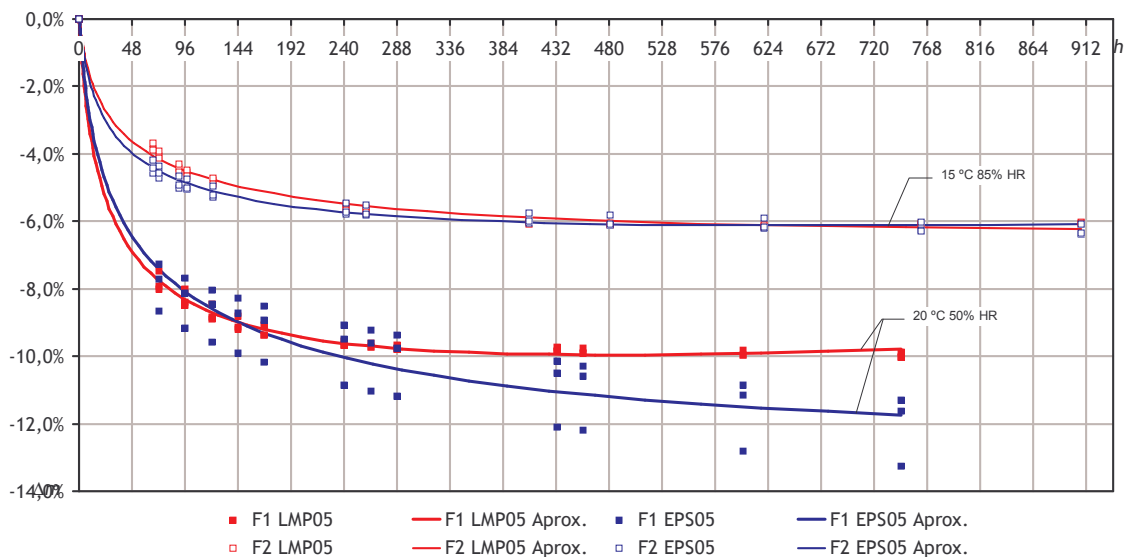


Figura 5 — Variação do teor de humidade, ao longo do tempo, dos provetes com 5 cm de espessura.

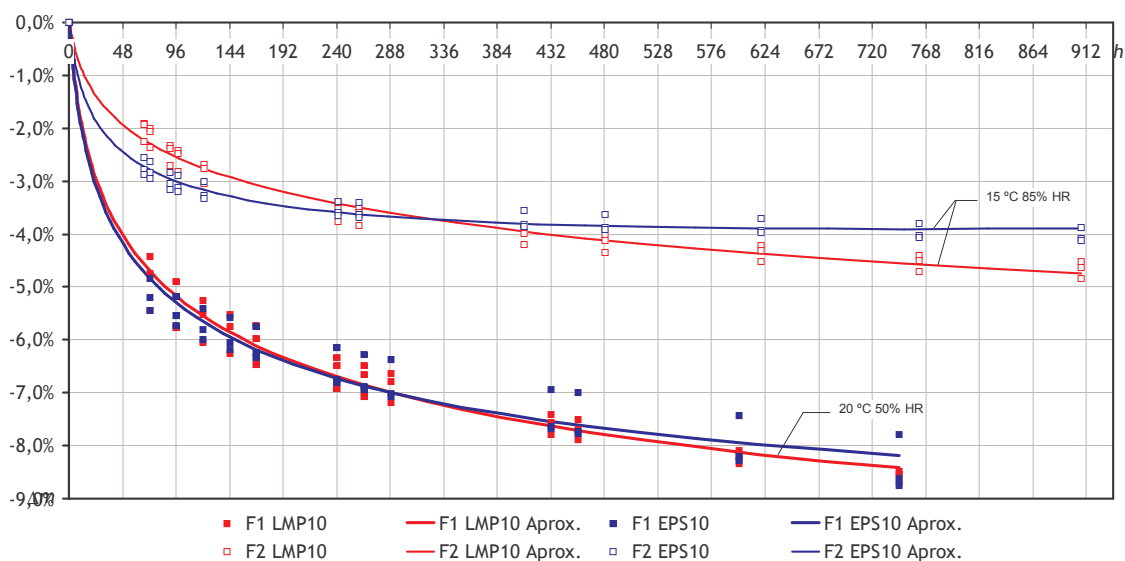


Figura 6 — Variação do teor de humidade, ao longo do tempo, dos provetes com 10 cm de espessura.

O teor de humidade dos provetes da fase 1 após secagem em laboratório à temperatura de 20 °C e 50 % de humidade relativa durante 27 dias está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 — Teor de humidade correspondente dos provetes após secagem em laboratório.

Provetes	m_h (g)	m_s (g)	W (%)
LMP05B	1324,3	1312,4	0,9%
LMP05C	1415,4	1402,0	1,0%
EPS05B	1684,3	1515,1	11,2%
EPS05C	1352,3	1233,9	9,6%
LMP10B	2823,4	2759,0	2,3%
LMP10C	2784,9	2722,7	2,3%
EPS10B	2627,0	2243,1	17,1%
EPS10C	2989,2	2523,2	18,5%

4 CONCLUSÕES

As principais conclusões dos ensaios realizados são as seguintes:

- O teor de humidade em função da profundidade é mais elevado nos provetes com EPS do que nos provetes com *Leca[®]Mix*, para as mesmas condições de secagem;
- O tempo de secagem é dependente das condições de temperatura e humidade relativa dos ambientes;
- Consideramos fundamental efectuar um estudo complementar para determinar a curva higroscópica dos dois materiais.

Autores:

Prof. Vasco Peixoto de Freitas
Director do Lab. de Física das Construções

Eng.º Nuno Mendes Machado
Colaborador do Lab. de Física das Construções

Porto, Julho de 2004