



Laboratório de Geotecnia

Ensaio Laboratoriais de Caracterização do Agregado Leve LECA[®]

Ensaio Laboratoriais
de Caracterização
do Agregado Leve LECA

Relatório LABGEO - Out/2002

SUMÁRIO

O Laboratório de Geotecnia do Instituto Superior Técnico a pedido da LECA[®] PORTUGAL, Argilas Expandidas, S.A. apresenta os resultados dos ensaios laboratoriais de caracterização do agregado leve LECA[®] com granulometria 2/20 e 10/20.

Índice

Texto

pág.

1. Introdução	3
2. Resumo dos resultados	4

Anexo

1. Ensaio de identificação	7
2. Ensaio de compactação	21
3. Ensaio CBR	28

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Geotecnia do Instituto Superior Técnico a pedido da LECA[®] PORTUGAL, Argilas Expandidas, S.A. realizou um conjunto de ensaios laboratoriais para a caracterização do agregado leve LECA[®] com duas granulometrias: o material 2/20 e o material 10/20.

O programa proposto contempla a realização dos ensaios seguintes:

- densidade das partículas por diferentes métodos de ensaio;
- compactação com 3 energias (granulometria após ensaio);
- compactação com martelo vibrador (granulometria após ensaio);
- CBR imediato e com embebição;
- granulometria;
- absorção de água;
- fragmentabilidade;
- índice de vazios máximo (ou massa volúmica seca mínima);
- compressão uniaxial com teor em água natural*;
- compressão uniaxial com material saturado (granulometria após ensaio)*;
- triaxial de compressão (granulometria após ensaio)*.

O programa de ensaios foi ajustado ao longo do desenvolvimento dos estudos face aos resultados obtidos nos ensaios de identificação e de compactação. Verificou-se, efectivamente, que os materiais 2/20 e 10/20 depois de compactados exibem uma granulometria muito semelhante, pelo que se considerou ajustado manter os ensaios de caracterização mecânica apenas para o material 10/20.

Além disso, verificou-se uma alteração significativa da granulometria para a energia de compactação pesada (percentagem de finos após compactação superior a 20%). Deste modo, julgou-se adequado anular os ensaios de compactação com martelo vibrador.

Os ensaios de caracterização mecânica assinalados com o símbolo * são realizados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2. RESUMO DOS RESULTADOS

O Quadro 1 resume os resultados dos ensaios de identificação e de compactação realizados sobre os materiais 2/20 e 10/20, de acordo com as especificações E 239-1970 e E 197-1966 do LNEC. A percentagem de finos (material que passa no peneiro #200) após compactação permite identificar a fragmentabilidade dos materiais ensaiados, tendo-se obtido valores de cerca de 7%, 17% e 22%, para as energias de compactação leve, intermédia e pesada, respectivamente.

Os ensaios mostraram que o teor em água tem pouca influência na compactação e o material apresenta maior massa volúmica seca quando compactado no seu estado natural (sem adição de água).

Quadro1 - Resultados dos ensaios de identificação e de compactação

Material	Energia de compactação	Material seco ao ar	Material húmido	γ_h (g/cm ³)	w(%)	γ_d (g/cm ³)	% finos
Leca® (2/20)	Leve	×	—	0.40	≈ 0	0.40	2.7
Leca® (2/20)	Leve	—	×	0.52	37.5	0.38	6.8
Leca® (2/20)	Intermédia	×	—	0.55	≈ 0	0.55	17.3
Leca® (2/20)	Intermédia	—	×	0.69	37.4	0.50	16.7
Leca® (2/20)	Pesada	×	—	0.64	≈ 0	0.64	22.0
Leca® (2/20)	Pesada	—	×	0.79	35.3	0.58	22.2
Leca® (10/20)	Leve	×	—	0.41	≈ 0	0.41	6.4
Leca® (10/20)	Leve	—	×	0.51	35.5	0.37	6.8
Leca® (10/20)	Intermédia	×	—	0.56	≈ 0	0.56	16.6
Leca® (10/20)	Intermédia	—	×	0.69	36.9	0.50	15.8
Leca® (10/20)	Pesada	×	—	0.63	≈ 0	0.63	19.9
Leca® (10/20)	Pesada	—	×	0.79	33.9	0.59	21.7
Leca® (10/20)	Pesada	—	×	0.66	10.0	0.60	—

a) compactação leve - 3 camadas - 55 pancadas/camada - pilão leve
 b) compactação intermédia - 3 camadas - 55 pancadas/camada - pilão pesado
 c) compactação pesada - 5 camadas - 55 pancadas/camada - pilão pesado
 γ_h - massa volúmica húmida
 γ_d - massa volúmica seca
 w - teor em água

O Quadro 2 apresenta os resultados de alguns índices físicos com interesse para a caracterização do agregado leve.

Quadro 2 - Índices físicos (Material 10/20)

Ensaio	Resultado
Densidade das partículas (NP-83)	0.56
Massa volúmica das partículas secas (NP-581)	0.46 g/cm ³
Absorção de água (NP-581)	38%
Massa volúmica seca mínima (ASTM D4254-91)	0.26 g/cm ³

O Quadro 3 apresenta o resumo dos resultados dos ensaios CBR realizados sobre o material 10/20, de acordo com a especificação E 198-1967 do LNEC. Os valores indicados correspondem às forças corrigidas tendo em conta a concavidade das curvas força-penetração.

Quadro 3 - Ensaio CBR (Material 10/20)

Ensaio	CBR - imediato		CBR - Após embebição	
	2.5mm	5.0mm	2.5mm	5.0mm
Energia de compactação leve	20%	18%	16%	16%
Energia de compactação intermédia	34%	28%	37%	32%
Energia de compactação pesada	55%	46%	53%	45%

ANEXO

1. ENSAIOS DE IDENTIFICAÇÃO

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

Data

02.09.27

AMOSTRA: LECA® (10/20), amostra seca ao ar livre

Massa total da amostra

mt (g)= 548.60

Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)

m10 (g)= 547.60

Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)

m'10 (g)= 1.00

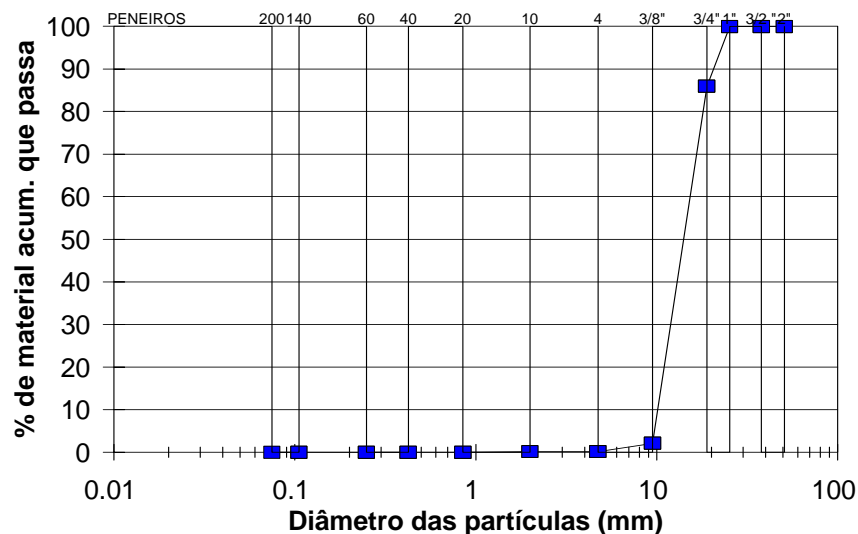
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	76.90	14.02	14.02	85.98
9.5 (3/8")	459.90	83.83	97.85	2.15
4.75 (# 4)	10.80	1.97	99.82	0.18
2.00 (# 10)	0.00	0.00	99.82	0.18

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 0.00		
		N''10=100 (m'10/mt) = 0.00		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00
140	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

Data

02.05.29

AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação leve, amostra seca ao ar livre

Massa total da amostra	mt (g)=	925.00
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m10 (g)=	770.69
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m'10 (g)=	154.31

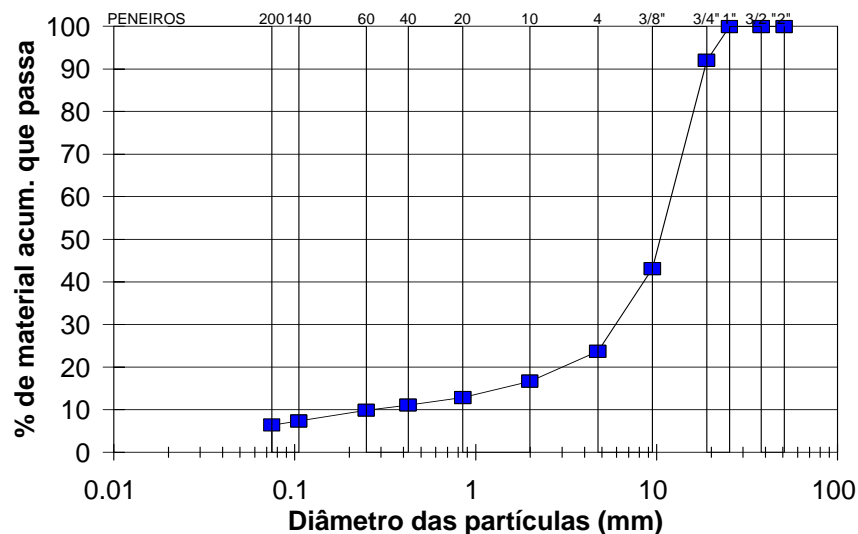
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	73.69	7.97	7.97	92.03
9.5 (3/8")	452.00	48.86	56.83	43.17
4.75 (# 4)	180.00	19.46	76.29	23.71
2.00 (# 10)	65.00	7.03	83.32	16.68

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 154.31		
		N''10=100 (m'10/mt) = 16.68		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	35.17	3.80	87.12	12.88
40	16.36	1.77	88.89	11.11
60	11.31	1.22	90.11	9.89
140	23.13	2.50	92.61	7.39
200	9.05	0.98	93.59	6.41

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

DATA:

02.07.29

AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação intermédia, amostra seca ao ar livre

Massa total da amostra mt (g)= 1146.40
 Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10) m10 (g)= 673.70
 Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10) m'10 (g)= 472.70

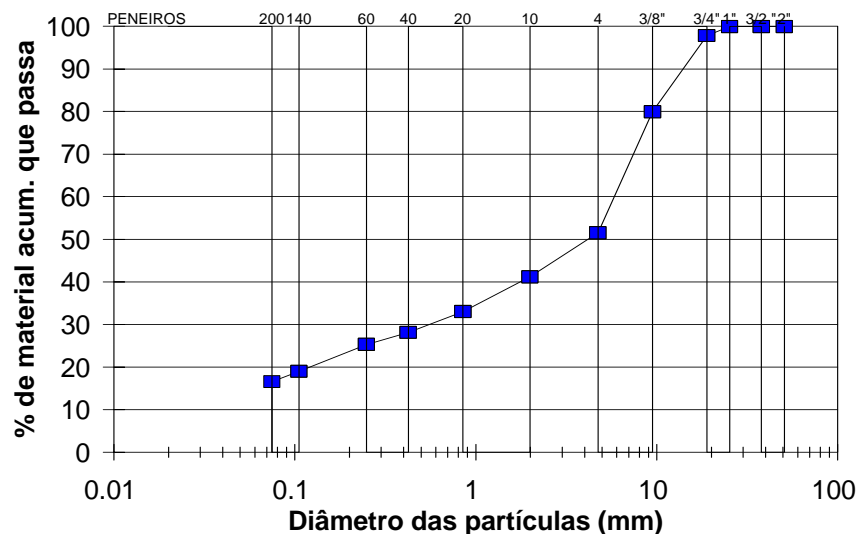
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	25.03	2.18	2.18	97.82
9.5 (3/8")	204.10	17.80	19.99	80.01
4.75 (# 4)	325.67	28.41	48.39	51.61
2.00 (# 10)	118.90	10.37	58.77	41.23

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 114.37		
		N''10=100 (m'10/mt) = 41.23		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	22.60	8.15	66.91	33.09
40	13.57	4.89	71.81	28.19
60	7.83	2.82	74.63	25.37
140	17.62	6.35	80.98	19.02
200	6.63	2.39	83.37	16.63

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

DATA:

02.05.29

AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação pesada, amostra seca ao ar livre

Massa total da amostra mt (g)= 1378.00
 Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10) m10 (g)= 664.07
 Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10) m'10 (g)= 713.93

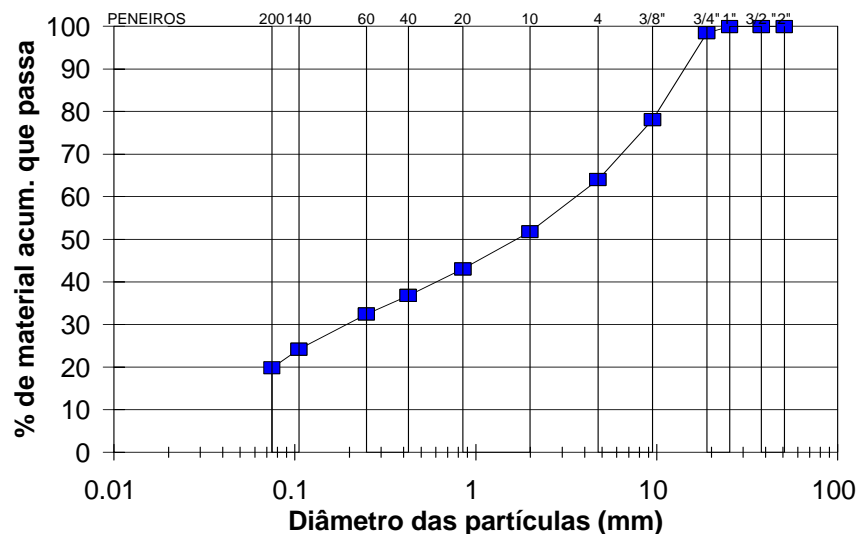
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	20.51	1.49	1.49	98.51
9.5 (3/8")	280.53	20.36	21.85	78.15
4.75 (# 4)	194.00	14.08	35.92	64.08
2.00 (# 10)	169.03	12.27	48.19	51.81

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 279.00		
		N''10=100 (m'10/mt) = 51.81		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	46.80	8.69	56.88	43.12
40	33.88	6.29	63.17	36.83
60	23.39	4.34	67.52	32.48
140	44.34	8.23	75.75	24.25
200	23.53	4.37	80.12	19.88

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

Data

02.07.30

AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação leve, amostra húmida

Massa total da amostra	mt (g)=	856.10
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m10 (g)=	697.90
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m'10 (g)=	158.20

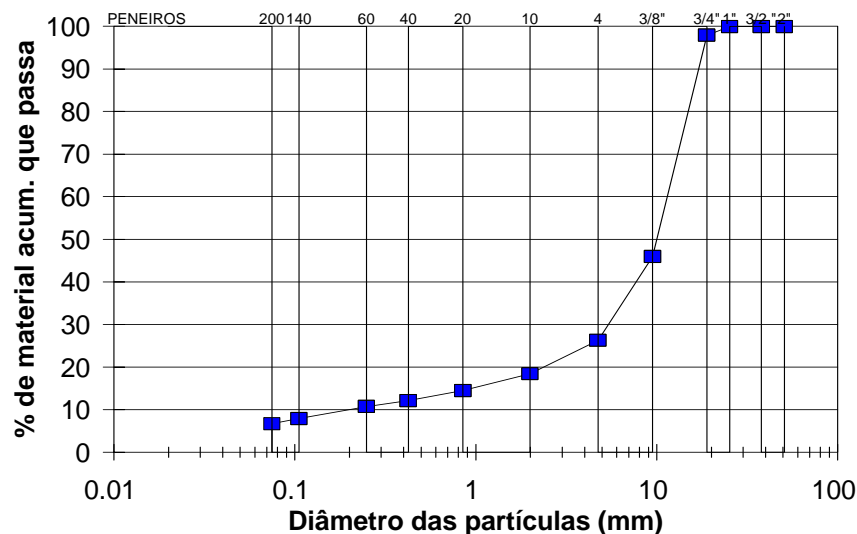
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	17.70	2.07	2.07	97.93
9.5 (3/8")	444.30	51.90	53.97	46.03
4.75 (# 4)	168.80	19.72	73.68	26.32
2.00 (# 10)	67.10	7.84	81.52	18.48

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)=		101.40
		N''10=100 (m'10/mt) =		18.48
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	21.52	3.92	85.44	14.56
40	13.07	2.38	87.82	12.18
60	7.49	1.36	89.19	10.81
140	15.66	2.85	92.04	7.96
200	6.61	1.20	93.25	6.75

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LTNEC - E 239

DATA:

02.07.30

AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação intermédia, amostra húmida

Massa total da amostra mt (g)= 752.90
 Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10) m₁₀ (g)= 448.50
 Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10) m'₁₀ (g)= 304.40

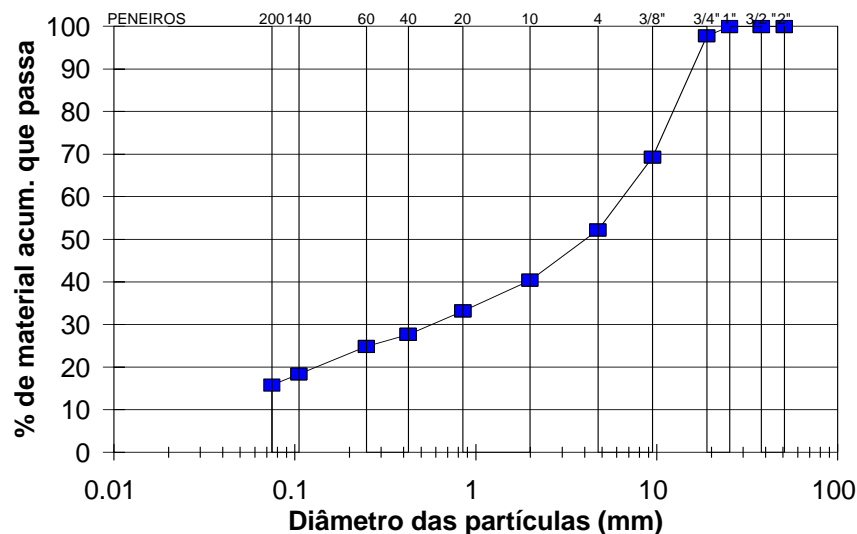
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	16.90	2.24	2.24	97.76
9.5 (3/8")	214.30	28.46	30.71	69.29
4.75 (# 4)	128.80	17.11	47.82	52.18
2.00 (# 10)	88.50	11.75	59.57	40.43

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 103.60		
		N''10=100 (m'10/mt) = 40.43		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	18.57	7.25	66.82	33.18
40	14.00	5.46	72.28	27.72
60	7.24	2.83	75.11	24.89
140	16.62	6.49	81.59	18.41
200	6.72	2.62	84.21	15.79

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

DATA:

02.05.31

AMOSTRA: LECA® (2/20), compactação leve, amostra seca ao ar livre

Massa total da amostra	mt (g)=	906.00
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m10 (g)=	778.52
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m'10 (g)=	127.48

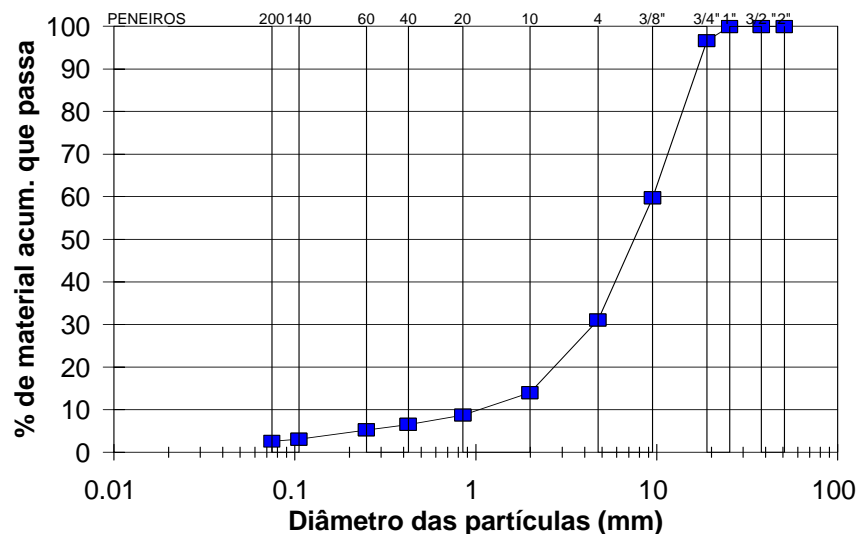
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	30.39	3.35	3.35	96.65
9.5 (3/8")	334.56	36.93	40.28	59.72
4.75 (# 4)	258.90	28.58	68.86	31.14
2.00 (# 10)	154.67	17.07	85.93	14.07

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)=		127.48
		N''10=100 (m'10/mt) =		14.07
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx= (mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	48.14	5.31	91.24	8.76
40	19.35	2.14	93.38	6.62
60	11.66	1.29	94.67	5.33
140	20.17	2.23	96.89	3.11
200	4.14	0.46	97.35	2.65

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

DATA:

02.07.29

AMOSTRA: LECA® (2/20), compactação intermédia, amostra seca ao ar livre

Massa total da amostra	mt (g)=	1192.75
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m10 (g)=	652.55
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m'10 (g)=	540.20

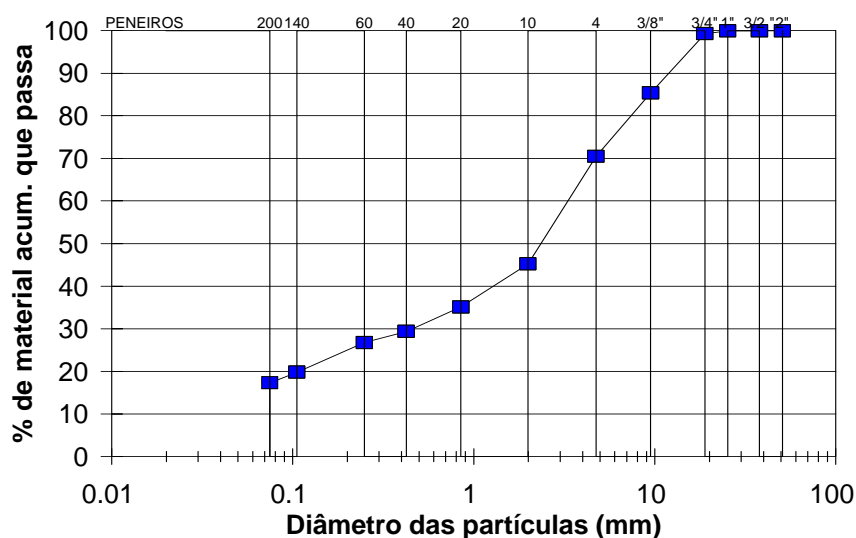
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	8.43	0.71	0.71	99.29
9.5 (3/8")	166.11	13.93	14.63	85.37
4.75 (# 4)	177.44	14.88	29.51	70.49
2.00 (# 10)	300.57	25.20	54.71	45.29

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)=		133.42	
		N''10=100 (m'10/mt) =		45.29	
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=(mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x	
20	29.88	10.14	64.85	35.15	
40	16.80	5.70	70.56	29.44	
60	7.79	2.64	73.20	26.80	
140	20.36	6.91	80.11	19.89	
200	7.51	2.55	82.66	17.34	

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

Data

02.07.30

AMOSTRA: LECA® (2/20), compactação leve, amostra húmida

Massa total da amostra	mt (g)=	677.70
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m10 (g)=	546.60
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m'10 (g)=	131.10

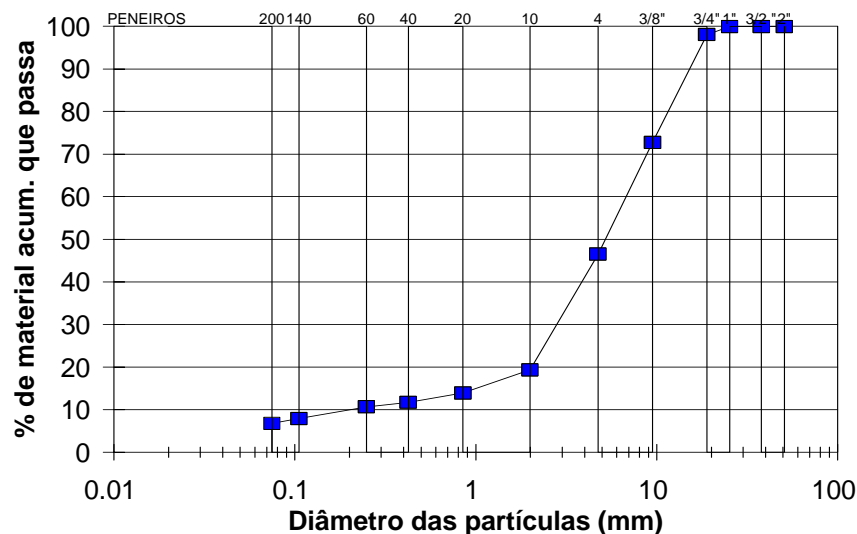
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	13.10	1.93	1.93	98.07
9.5 (3/8")	171.50	25.31	27.24	72.76
4.75 (# 4)	177.60	26.21	53.45	46.55
2.00 (# 10)	184.40	27.21	80.66	19.34

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 128.38		
		N''10=100 (m'10/mt) = 19.34		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=(mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	35.97	5.42	86.08	13.92
40	14.46	2.18	88.25	11.75
60	6.83	1.03	89.28	10.72
140	18.42	2.78	92.06	7.94
200	7.41	1.12	93.18	6.82

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

LNEC - E 239

DATA:

02.07.30

AMOSTRA: LECA® (2/20), compactação pesada, amostra húmida

Massa total da amostra	mt (g)=	952.20
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m10 (g)=	429.80
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (# 10)	m'10 (g)=	522.40

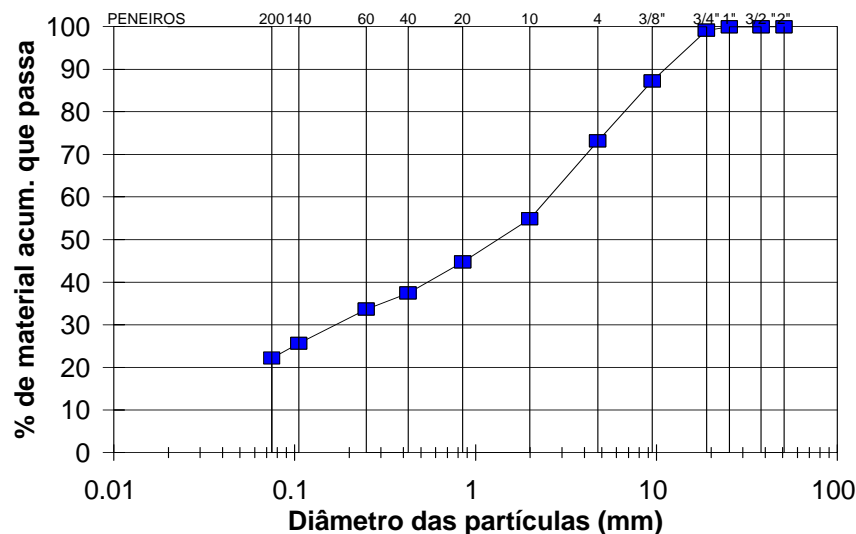
FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2.00 mm (# 10)

PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=100 mx / mt	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
50.0 (2")	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 (3/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
25.0 (1")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4")	8.40	0.88	0.88	99.12
9.5 (3/8")	112.80	11.85	12.73	87.27
4.75 (# 4)	134.10	14.08	26.81	73.19
2.00 (# 10)	174.50	18.33	45.14	54.86

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2.00mm (# 10)

Massa da amostra a ensaiar		ma (g)= 117.94		
		N''10=100 (m'10/mt) = 54.86		
PENEIROS	MASSA RETIDA (g) mx	% RETIDA Nx=(mx / ma) N''10	%ACU. RETIDA N'x	%ACU. PASSA N''x=100 - N'x
20	21.66	10.08	55.21	44.79
40	15.61	7.26	62.47	37.53
60	8.22	3.82	66.30	33.70
140	17.23	8.01	74.31	25.69
200	7.47	3.47	77.79	22.21

CURVA GRANULOMÉTRICA



ANEXO

2. ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

LNEC E-197 (1966)

AMOSTRA: LECA® (10/20)

DATA: 02.05.29

TIPO DE COMPACTAÇÃO:	Leve		
PESO DO PILÃO (kg):	2.49	Nº DE PANCADAS/CAMADA:	55
ALTURA DE QUEDA (mm):	305		
Nº DE CAMADAS:	3		

	ÁGUA MISTURADA (cm³)	seco ao ar	húmido						
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	5955	5955						
V	VOLUME DO MOLDE (cm³)	2132	2132						
Pt	M. DO MOLDE+SOLO HÚMIDO (g)	6830	7032						
P=Pt-Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	875	1077						
$\gamma_h=P/V$	M. VOLÚMICA HÚMIDA (g/cm³)	0.41	0.51						
	NÚMERO DA CÁPSULA		13						
m1	MASSA DA CÁPSULA (g)		253.45						
m2	M. DA CÁPS. + SOLO HÚMIDO (g)		1413.1						
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)		1109.5						
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)		856.05						
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)		303.6						
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)								
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)		35.5						
γ_s	MASSA VOLÚMICA SECA (g/cm³)		0.37						

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

LNEC E-197 (1966)

AMOSTRA: LECA® (10/20)

DATA: 02.05.29

TIPO DE COMPACTAÇÃO:	Intermédia		
PESO DO PILÃO (kg):	4.54	Nº DE PANCADAS/CAMADA:	55
ALTURA DE QUEDA (mm):	457		
Nº DE CAMADAS:	3		

	ÁGUA MISTURADA (cm³)	seco ao ar	húmido						
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	5955	5955						
V	VOLUME DO MOLDE (cm³)	2132	2132						
Pt	M. DO MOLDE+SOLO HÚMIDO (g)	7150	7418						
P=Pt-Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1195	1463						
$\gamma_h=P/V$	M. VOLÚMICA HÚMIDA (g/cm³)	0.56	0.69						
	NÚMERO DA CÁPSULA		17						
m1	MASSA DA CÁPSULA (g)		240.6						
m2	M. DA CÁPS. + SOLO HÚMIDO (g)		1271.4						
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)		993.5						
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)		752.9						
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)		277.9						
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)								
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)		36.9						
γ_s	MASSA VOLÚMICA SECA (g/cm³)		0.50						

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

LNEC E-197 (1966)

AMOSTRA: LECA® (10/20)

DATA: 02.05.29

TIPO DE COMPACTAÇÃO:	Pesada		
PESO DO PILÃO (kg):	4.54	Nº DE PANCADAS/CAMADA:	55
ALTURA DE QUEDA (mm):	457		
Nº DE CAMADAS:	5		

	ÁGUA MISTURADA (cm³)	seco ao ar	húmido	húmido				
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	5955	5955	5955				
V	VOLUME DO MOLDE (cm³)	2132	2132	2132				
Pt	M. DO MOLDE+SOLO HÚMIDO (g)	7305	7633	7363				
P=Pt-Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1350	1678	1408				
$\gamma_h=P/V$	M. VOLÚMICA HÚMIDA (g/cm³)	0.63	0.79	0.66				
	NÚMERO DA CÁPSULA		21					
m1	MASSA DA CÁPSULA (g)		378.1	378.2				
m2	M. DA CÁPS. + SOLO HÚMIDO (g)		1522.2	1349.3				
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)		1232.3	1261.2				
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)		854.2	883				
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)		289.9	88.1				
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)							
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)		33.9	10.0				
γ_s	MASSA VOLÚMICA SECA (g/cm³)		0.59	0.60				

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

LNEC E-197 (1966)

AMOSTRA: LECA® (2/20)

DATA: 02.05.31

TIPO DE COMPACTAÇÃO:	Leve		
PESO DO PILÃO (kg):	2.49	Nº DE PANCADAS/CAMADA:	55
ALTURA DE QUEDA (mm):	305		
Nº DE CAMADAS:	3		

	ÁGUA MISTURADA (cm³)	seco ao ar	húmido						
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	5955	5955						
V	VOLUME DO MOLDE (cm³)	2132	2132						
Pt	M. DO MOLDE+SOLO HÚMIDO (g)	6803	7068						
P=Pt-Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	848	1113						
$\gamma_h=P/V$	M. VOLÚMICA HÚMIDA (g/cm³)	0.40	0.52						
	NÚMERO DA CÁPSULA		8						
m1	MASSA DA CÁPSULA (g)		258.8						
m2	M. DA CÁPS. + SOLO HÚMIDO (g)		1190.3						
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)		936.5						
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)		677.7						
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)		253.8						
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)								
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)		37.5						
γ_s	MASSA VOLÚMICA SECA (g/cm³)		0.38						

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

LNEC E-197 (1966)

AMOSTRA: LECA® (2/20)

DATA: 02.05.31

TIPO DE COMPACTAÇÃO:	Intermédia		
PESO DO PILÃO (kg):	4.54	Nº DE PANCADAS/CAMADA:	55
ALTURA DE QUEDA (mm):	457		
Nº DE CAMADAS:	3		

	ÁGUA MISTURADA (cm³)	seco ao ar	húmido						
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	5955	5955						
V	VOLUME DO MOLDE (cm³)	2132	2132						
Pt	M. DO MOLDE+SOLO HÚMIDO (g)	7123	7422						
P=Pt-Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1168	1467						
$\gamma_h = P/V$	M. VOLÚMICA HÚMIDA (g/cm³)	0.55	0.69						
	NÚMERO DA CÁPSULA		3						
m1	MASSA DA CÁPSULA (g)		367.1						
m2	M. DA CÁPS. + SOLO HÚMIDO (g)		1496.1						
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)		1188.8						
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)		821.7						
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)		307.3						
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)								
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)		37.4						
γ_s	MASSA VOLÚMICA SECA (g/cm³)		0.50						

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

LNEC E-197 (1966)

AMOSTRA: LECA® (2/20)

DATA: 02.05.31

TIPO DE COMPACTAÇÃO:	Pesada		
PESO DO PILÃO (kg):	4.54	Nº DE PANCADAS/CAMADA:	55
ALTURA DE QUEDA (mm):	457		
Nº DE CAMADAS:	5		

	ÁGUA MISTURADA (cm³)	seco ao ar	húmido						
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	5955	5955						
V	VOLUME DO MOLDE (cm³)	2132	2132						
Pt	M. DO MOLDE+SOLO HÚMIDO (g)	7312	7630						
P=Pt-Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1357	1675						
$\gamma_h=P/V$	M. VOLÚMICA HÚMIDA (g/cm³)	0.64	0.79						
	NÚMERO DA CÁPSULA		1						
m1	MASSA DA CÁPSULA (g)		375.9						
m2	M. DA CÁPS. + SOLO HÚMIDO (g)		1664.9						
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)		1328.1						
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)		952.2						
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)		336.8						
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)								
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)		35.4						
γ_s	MASSA VOLÚMICA SECA (g/cm³)		0.58						

ANEXO

3. ENSAIOS CBR

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO CBR (IMEDIATO)

LNEC E-198 (1967)

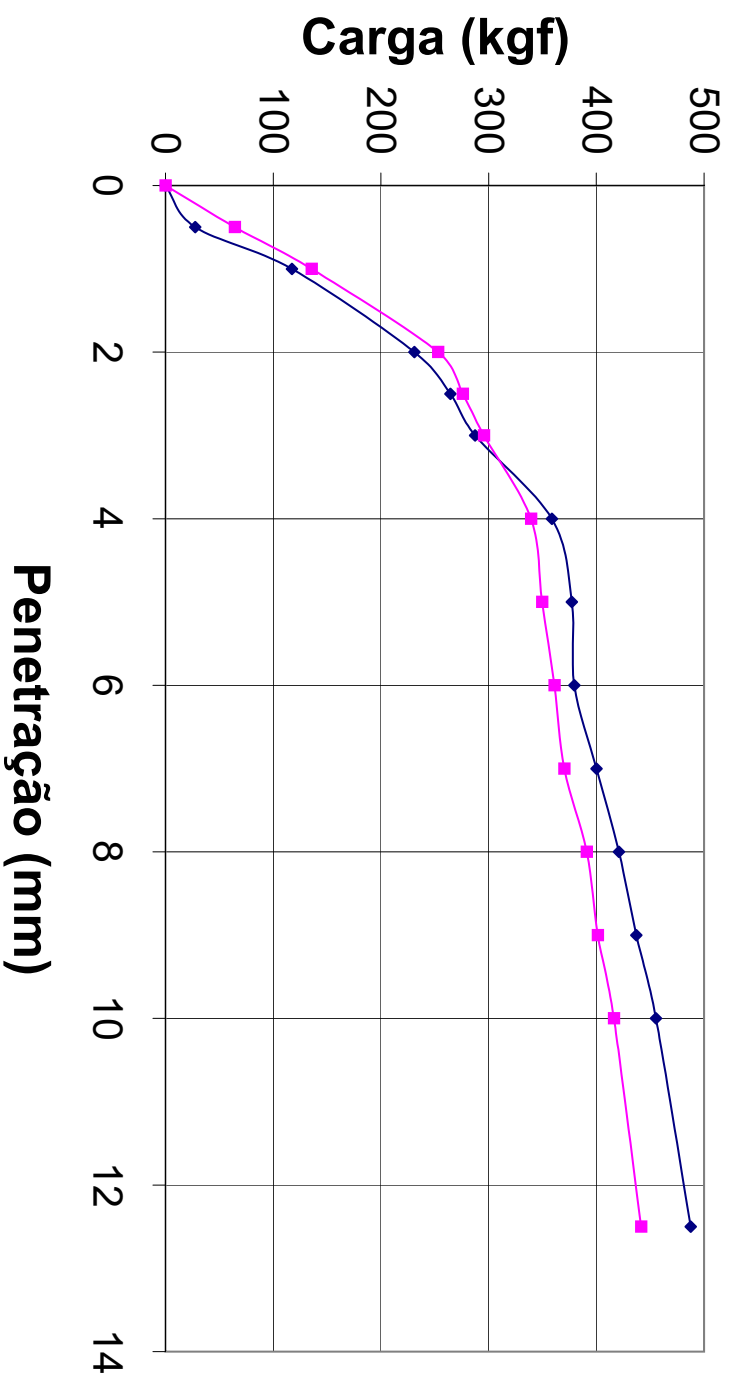
AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação leve, amostra seca ao ar livre

DATA: 04-09-2002

NÚMERO DO MOLDE		1		4			
NÚMERO DE PACADAS / CAMADA		55		55			
A	ÁREA DO MOLDE (cm ²)	182.8		182.8			
H	ALTURA DO SOLO NO MOLDE (cm)	11.665		11.665			
V = A x H	VOLUME DO SOLO (cm ³)	2132		2132			
P _m	MASSA DO MOLDE (g)	7941.0		7974.0			
P _t	MASSA DO MOLDE + SOLO HÚMIDO (g)	8801.0		8830.0			
P = P _t - P _m	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	860.0		856.0			
γ _h = P / V	BARIDADE HÚMIDA (g)	0.40		0.40			
		COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO	COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO	COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO
NÚMERO DA CÁPSULA							
m ₁	MASSA DA CÁPS. (g)						
m ₂	MASSA DA CÁPS. + SOLO HÚM. (g)						
m ₃	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)						
W _s =m ₃ -m ₁	MASSA DO SOLO SECO (g)						
W _w =m ₂ -m ₃	MASSA DA ÁGUA (g)						
W _w /W _s X100	TEOR EM ÁGUA (%)						
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)						
γ _d = 100 γ _h /(100+w)	BARIDADE SECA (g/cm ³)						
γ _d máx	BARIDADE SECA MÁXIMA (g/cm ³)						
γ _d / γ _d máx	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)						
EMBEBIÇÃO		PENETRAÇÃO				APÓS EMBEBIÇÃO	
		NÚMERO DO MOLDE					
		PENE-TRAÇÃO	1	4			
DATA	LEITURAS		LEITURAS NO ANEL		CARGAS		NÚMERO DO MOLDE MASSA DO MOLDE + SOLO (P _t) MASSA DE ÁGUA ABSORVIDA (P _t - P _t) BARIDADE HÚMIDA ((P _t - P _m)/V) EXPANSÃO L/H
HORA	(mm)	(mm)	(div.)		(kg)		
		0	0.0	0	0.0	0.0	
		0.5	28.0	12	64.4	27.6	
		1	59.0	51	135.7	117.3	
		2	110.0	101	253.0	231.2	
		2.5	120.0	115	276.0	264.5	
		3	128.5	125	295.6	287.5	
		4	147.5	150	339.3	345.0	
		5	152.0	164	349.6	377.2	
		6	157.0	165	361.1	379.5	
		7	161.0	174	370.3	400.2	
		8	170.0	183	391.0	420.9	
		9	174.5	190	401.4	437.0	
		10	181.0	198	416.3	455.4	
		12.5	192.0	212	441.6	487.6	
		L - DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS INICIAL E FINAL DA EMBEBIÇÃO					
		SOBRECARGA: _____ g					
		ANEL: _____					
ENSAIOU:		CALCULOU:				VERIFICOU:	

CBR (IMEDIATO)

Leca[®] (10/20), compactação leve, amostra seca ao ar



**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO CBR (IMEDIATO)

LNEC E-198 (1967)

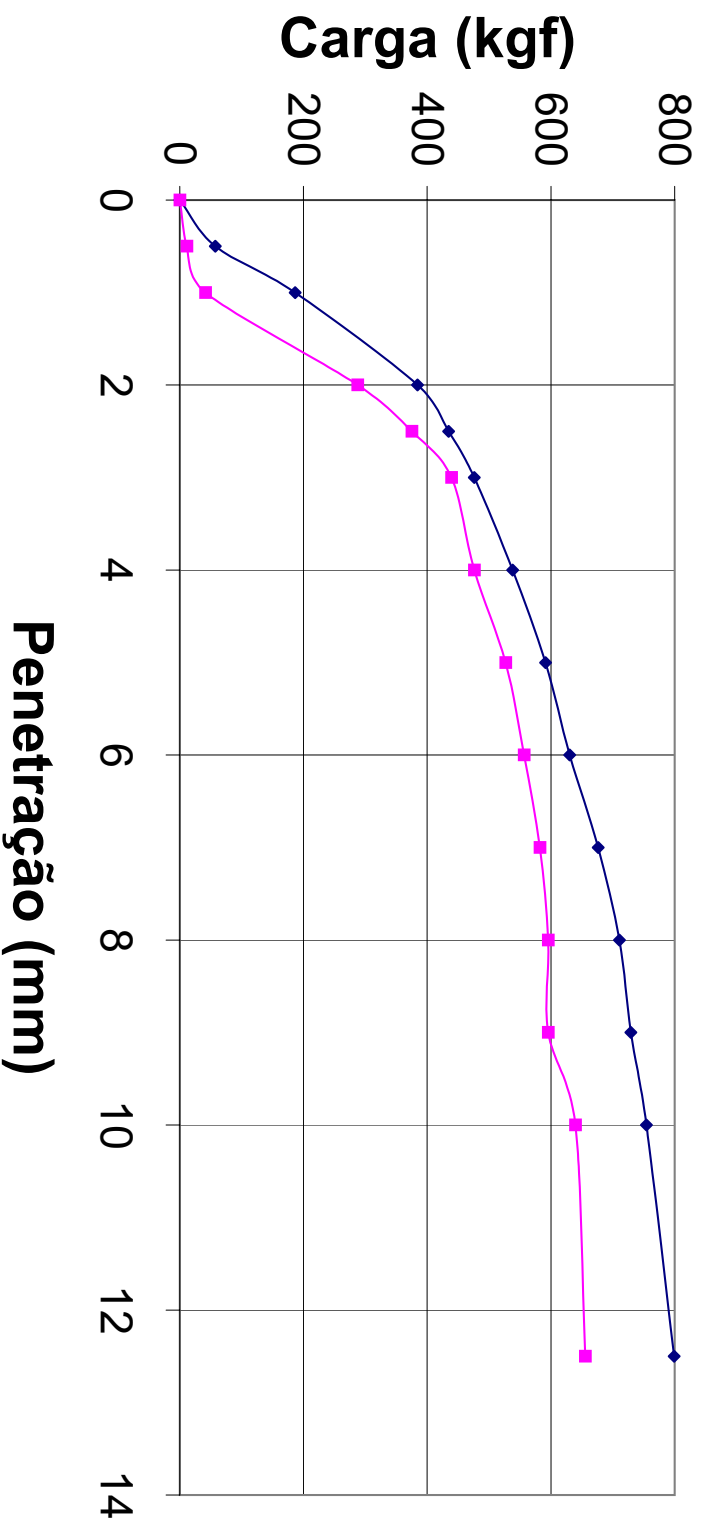
AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação intermédia, amostra seca ao ar livre

DATA: 04-09-2002

NÚMERO DO MOLDE		1	4			
NÚMERO DE PACADAS / CAMADA		55	55			
A	ÁREA DO MOLDE (cm ²)	182.8	182.8			
H	ALTURA DO SOLO NO MOLDE (cm)	11.665	11.665			
V = A x H	VOLUME DO SOLO (cm ³)	2132	2132			
P _m	MASSA DO MOLDE (g)	7941.0	7974.0			
P _t	MASSA DO MOLDE + SOLO HÚMIDO (g)	9037.0	9082.0			
P = P _t - P _m	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1096.0	1108.0			
$\gamma_h = P / V$	BARIDADE HÚMIDA (g)	0.51	0.52			
		COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO	COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO	
NÚMERO DA CÁPSULA						
m ₁	MASSA DA CÁPS. (g)					
m ₂	MASSA DA CÁPS. + SOLO HÚM. (g)					
m ₃	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)					
W _s =m ₃ -m ₁	MASSA DO SOLO SECO (g)					
W _w =m ₂ -m ₃	MASSA DA ÁGUA (g)					
W _w /W _s X100	TEOR EM ÁGUA (%)					
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)					
$\gamma_d = 100 \gamma_h / (100+w)$	BARIDADE SECA (g/cm ³)					
$\gamma_{d\text{máx}}$	BARIDADE SECA MÁXIMA (g/cm ³)					
$\gamma_d / \gamma_{d\text{máx}}$	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)					
EMBEBIÇÃO		PENETRAÇÃO			APÓS EMBEBIÇÃO	
		NÚMERO DO MOLDE				
		PENE-TRAÇÃO (mm)	1	4		
DATA	LEITURAS (mm)		LEITURAS NO ANEL (div.)		CARGAS (kg)	
HORA						
		0	0.0	0	0.0	0.0
		0.5	5.0	25	11.5	57.5
		1	18.0	81	41.4	186.3
		2	125.0	167	287.5	384.1
		2.5	163.0	189	374.9	434.7
		3	191.0	207	439.3	476.1
		4	207.0	234	476.1	538.2
		5	229.0	257	526.7	591.1
		6	242.0	274	556.6	630.2
		7	253.0	294	581.9	676.2
		8	259.0	309	595.7	710.7
		9	259.0	317	595.7	729.1
		10	278.0	328	639.4	754.4
		12.5	285.0	348	655.5	800.4
					L - DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS INICIAL E FINAL DA EMBEBIÇÃO	
					SOBRECARGA: _____ g	
					ANEL: _____	
ENSAIOU:		CALCULOU:			VERIFICOU:	

CBR (IMEDIATO)

Leca[®] (10/20), compactação intermédia, amostra seca ao ar



**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO CBR (IMEDIATO)

LNEC E-198 (1967)

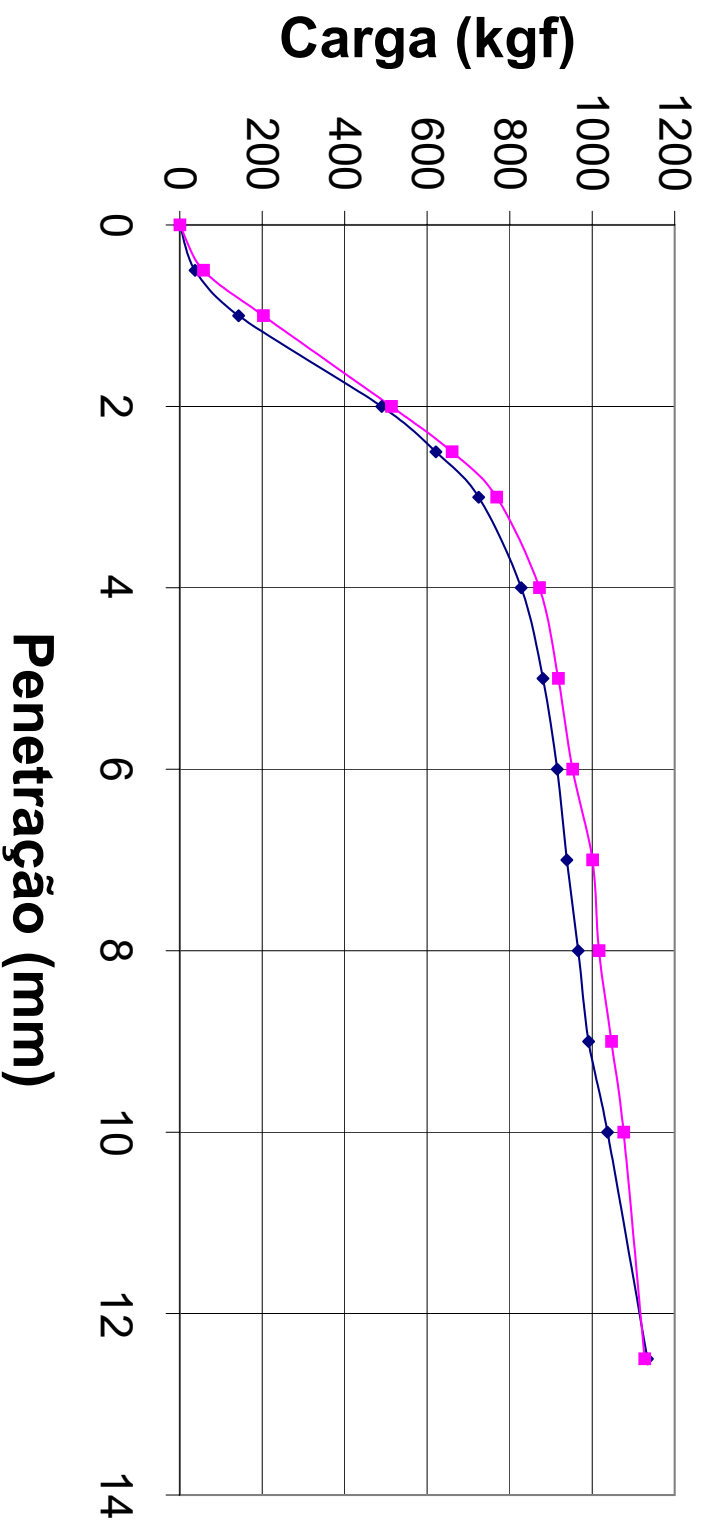
AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação pesada, amostra seca ao ar livre

DATA: 04-09-2002

NÚMERO DO MOLDE		1	4			
NÚMERO DE PACADAS / CAMADA		55	55			
A	ÁREA DO MOLDE (cm ²)	182.8	182.8			
H	ALTURA DO SOLO NO MOLDE (cm)	11.665	11.665			
V = A x H	VOLUME DO SOLO (cm ³)	2132	2132			
P _m	MASSA DO MOLDE (g)	7941.0	7974.0			
P _t	MASSA DO MOLDE + SOLO HÚMIDO (g)	9257.0	9279.0			
P = P _t - P _m	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1316.0	1305.0			
γ _h = P / V	BARIDADE HÚMIDA (g)	0.62	0.61			
		COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO	COMPACTAÇÃO	AP. PENETRAÇÃO	
NÚMERO DA CÁPSULA						
m ₁	MASSA DA CÁPS. (g)					
m ₂	MASSA DA CÁPS. + SOLO HÚM. (g)					
m ₃	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)					
W _s = m ₃ - m ₁	MASSA DO SOLO SECO (g)					
W _w = m ₂ - m ₃	MASSA DA ÁGUA (g)					
W _w / W _s x 100	TEOR EM ÁGUA (%)					
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)					
γ _d = 100 γ _h / (100 + w)	BARIDADE SECA (g/cm ³)					
γ _d máx	BARIDADE SECA MÁXIMA (g/cm ³)					
γ _d / γ _d máx	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)					
EMBEBIÇÃO		PENETRAÇÃO			APÓS EMBEBIÇÃO	
		NÚMERO DO MOLDE				
		PENE-TRAÇÃO	1	4		
DATA	LEITURAS		LEITURAS NO ANEL		CARGAS	
HORA	(mm)	(mm)	(div.)		(kg)	
		0	0.0	0	0.0	0.0
		0.5	25.0	16	57.5	36.8
		1	88.0	62	202.4	142.6
		2	223.0	213	512.9	489.9
		2.5	287.0	270	660.1	621.0
		3	334.0	315	768.2	724.5
		4	379.0	360	871.7	828.0
		5	399.0	383	917.7	880.9
		6	414.0	398	952.2	915.4
		7	435.0	408	1000.5	938.4
		8	442.0	420	1016.6	966.0
		9	455.0	431	1046.5	991.3
		10	468.0	451	1076.4	1037.3
		12.5	490.0	493	1127.0	1133.9
					L - DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS INICIAL E FINAL DA EMBEBIÇÃO	
					SOBRECARGA: _____ g	
					ANEL: _____	
ENSAIOU:		CALCULOU:			VERIFICOU:	

CBR (IMEDIATO)

Leca[®] (10/20), compactação pesada, amostra seca ao ar



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
 INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO CBR

LNEC E-198 (1967)

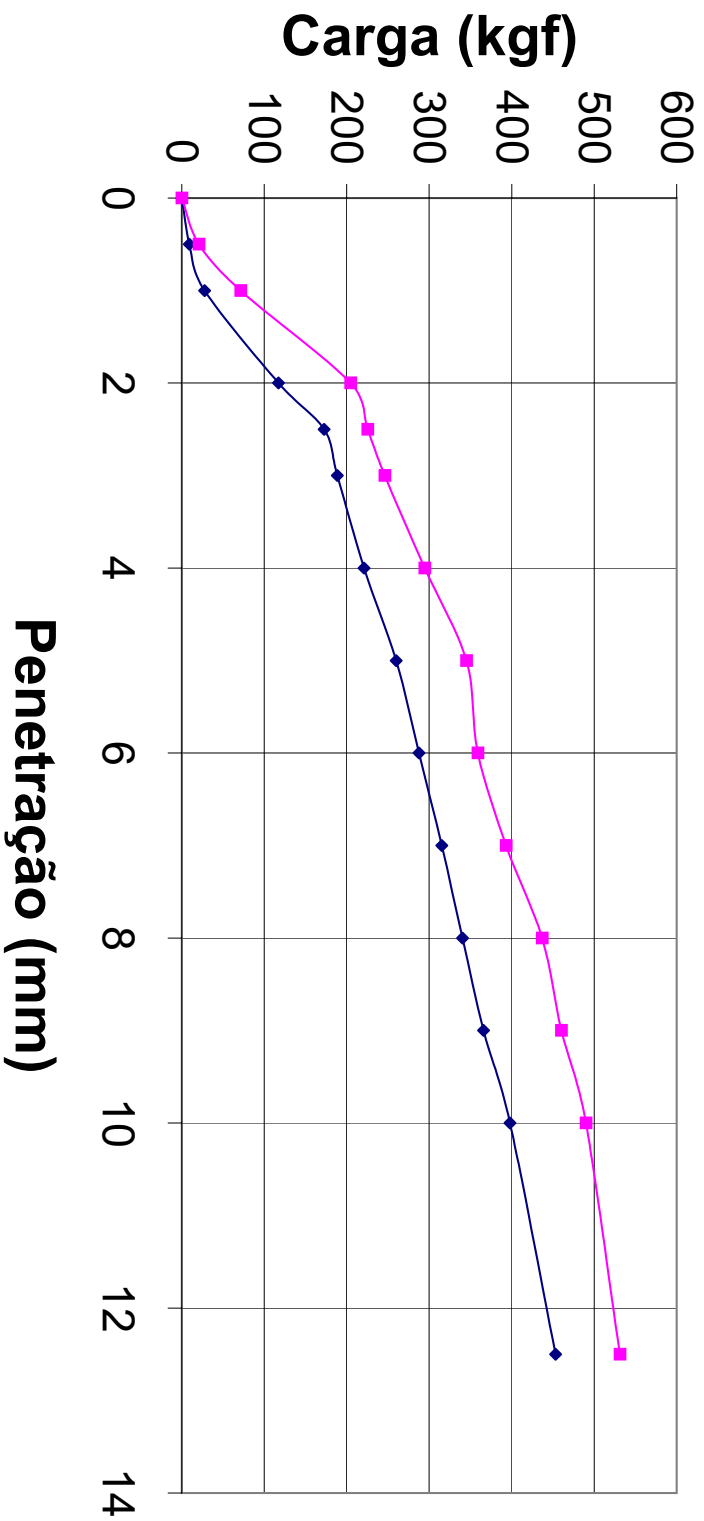
AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação leve, amostra seca ao ar livre

DATA: 04-09-2002

NÚMERO DO MOLDE		4		4										
NÚMERO DE PACADAS / CAMADA		55		55										
A	ÁREA DO MOLDE (cm ²)	182.8		182.8										
H	ALTURA DO SOLO NO MOLDE (cm)	11.665		11.665										
V = A x H	VOLUME DO SOLO (cm ³)	2132		2132										
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	7923.0		7923.0										
Pt	MASSA DO MOLDE + SOLO HÚMIDO (g)	8776.0		8788.0										
P = Pt - Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	853		865										
$\gamma_h = P / V$	BARIDADE HÚMIDA (g)	0.40		0.41										
		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO		COMPACTAÇÃO								
		AP. PENETRAÇÃO		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO								
NÚMERO DA CÁPSULA		4		4										
m1	MASSA DA CÁPS. (g)	7923		7923										
m2	MASSA DA CÁPS. + SOLO HÚM. (g)	9280		9265										
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)	8776		8788										
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)	853		865										
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)	504		477										
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)	59.1		55.1										
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)													
$\gamma_d = 100 \gamma_h / (100+w)$	BARIDADE SECA (g/cm ³)													
$\gamma_{dm\acute{a}x}$	BARIDADE SECA MÁXIMA (g/cm ³)													
$\gamma_d / \gamma_{dm\acute{a}x}$	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)													
EMBEBIÇÃO				PENETRAÇÃO				APÓS EMBEBIÇÃO						
NÚMERO DO MOLDE														
4			4					NÚMERO DO MOLDE	MASSA DO MOLDE + SOLO (Pt)	MASSA DE ÁGUA ABSORVIDA (Pt - P _t)	BARIDADE HÚMIDA ((Pt - P _m)/V)	EXPANSÃO L/H		
DATA		LEITURAS		PENE-TRAÇÃO (mm)	LEITURAS NO ANEL (div.)		CARGAS (kg)							
HORA		(mm)												
05-Set		2.000		0	0.0	0	0.0						0.0	0.0
10:30				0.5	9.0	4							20.7	9.2
05-Set		2.000		1	31.0	12							71.3	27.6
10:40				2	89.0	51							204.7	117.3
09-Set		2.000		2.5	98.0	75							225.4	172.5
14:30				3	107.0	82							246.1	188.6
				4	128.0	96							294.4	220.8
				5	150.0	113							345.0	259.9
				6	156.0	125							358.8	287.5
				7	171.0	137							393.3	315.1
				8	190.0	148		437.0	340.4					
				9	200.0	159		460.0	365.7					
				10	213.0	173		489.9	397.9					
				12.5	231.0	197		531.3	453.1					
								L - DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS INICIAL E FINAL DA EMBEBIÇÃO						
								SOBRECARGA: _____ g						
								ANEL: _____						
ENSAIOU:				CALCULOU:				VERIFICOU:						

CBR

Leca® (10/20), compactação leve, amostra seca ao ar



**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO CBR

LNEC E-198 (1967)

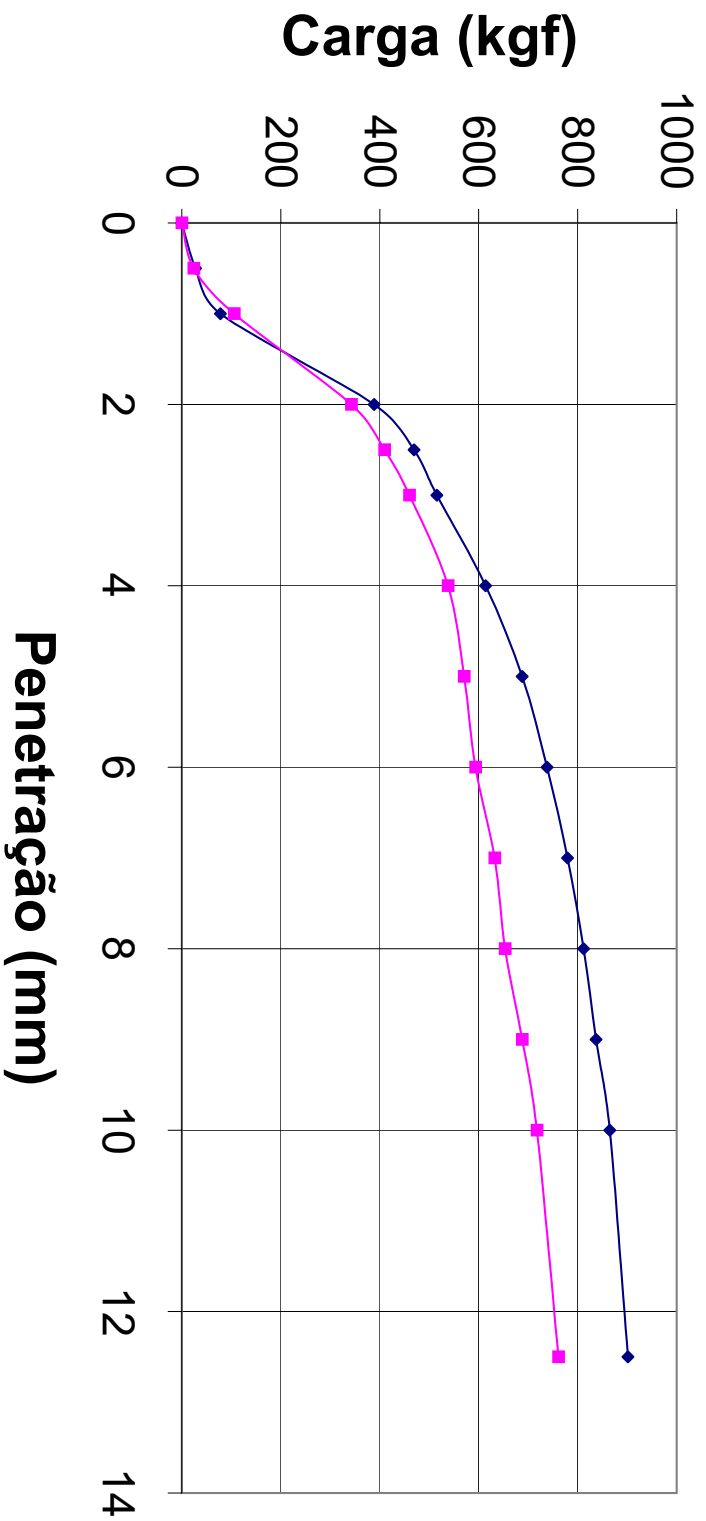
AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação intermédia, amostra seca ao ar livre

DATA: 04-09-2002

NÚMERO DO MOLDE		3			3								
NÚMERO DE PACADAS / CAMADA		55			55								
A	ÁREA DO MOLDE (cm ²)	182.8			182.8								
H	ALTURA DO SOLO NO MOLDE (cm)	11.665			11.665								
V = A x H	VOLUME DO SOLO (cm ³)	2132			2132								
Pm	MASSA DO MOLDE (g)	7674.0			7674.0								
Pt	MASSA DO MOLDE + SOLO HÚMIDO (g)	8785.0			8800.0								
P = Pt - Pm	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1111			1126								
$\gamma_h = P / V$	BARIDADE HÚMIDA (g)	0.52			0.53								
		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO	
NÚMERO DA CÁPSULA		3			3								
m1	MASSA DA CÁPS. (g)	7674			7674								
m2	MASSA DA CÁPS. + SOLO HÚM. (g)	9400			9413								
m3	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)	8785			8800								
Ws=m3-m1	MASSA DO SOLO SECO (g)	1111			1126								
Ww=m2-m3	MASSA DA ÁGUA (g)	615			613								
Ww/WsX100	TEOR EM ÁGUA (%)	55.4			54.4								
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)												
$\gamma_d = 100 \gamma_h / (100+w)$	BARIDADE SECA (g/cm ³)												
$\gamma_{dm\acute{a}x}$	BARIDADE SECA MÁXIMA (g/cm ³)												
$\gamma_d / \gamma_{dm\acute{a}x}$	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)												
EMBEBIÇÃO				PENETRAÇÃO				APÓS EMBEBIÇÃO					
NÚMERO DO MOLDE													
3		3		PENE-TRAÇÃO		3		3		NÚMERO DO MOLDE			
DATA		LEITURAS		LEITURAS NO ANEL		CARGAS				MASSA DO MOLDE + SOLO (Pt)		MASSA DE ÁGUA ABSORVIDA (Pt - Pt)	
HORA		(mm)		(div.)		(kg)				BARIDADE HÚMIDA ((Pt - Pm)/V)		EXPANSÃO L/H	
05-Set		8.000		0	0.0	0	0.0	0					
10:30				0.5	10.5	12	24.2	27.6					
05-Set		8.000		1	46.0	34	105.8	78.2					
10:40				2	149.0	169	342.7	389					
09-Set		8.000		2.5	178.0	204	409.4	469					
14:30				3	200.0	224	460.0	515					
				4	234.0	267	538.2	614					
				5	248.0	299	570.4	688					
				6	258.0	321	593.4	738					
				7	275.0	339	632.5	780					
				8	284.0	353	653.2	812					
				9	299.0	364	687.7	837					
				10	312.0	376	717.6	865					
				12.5	331.0	392	761.3	902					
										L - DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS INICIAL E FINAL DA EMBEBIÇÃO			
										SOBRECARGA: _____ g			
										ANEL: _____			
ENSAIOU:				CALCULOU:				VERIFICOU:					

CBR

Leca[®] (10/20), compactação intermédia, amostra seca ao ar



**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

ENSAIO CBR

LNEC E-198 (1967)

AMOSTRA: LECA® (10/20), compactação pesada, amostra seca ao ar livre

DATA: 04-09-2002

NÚMERO DO MOLDE		1				1					
NÚMERO DE PACADAS / CAMADA		55				55					
A	ÁREA DO MOLDE (cm ²)	182.8				182.8					
H	ALTURA DO SOLO NO MOLDE (cm)	11.665				11.665					
V = A x H	VOLUME DO SOLO (cm ³)	2132				2132					
P _m	MASSA DO MOLDE (g)	7972.0				7972.0					
P _t	MASSA DO MOLDE + SOLO HÚMIDO (g)	9286.0				9280.0					
P = P _t - P _m	MASSA DO SOLO HÚMIDO (g)	1314.0				1308.0					
γ _h = P / V	BARIDADE HÚMIDA (g)	0.62				0.61					
		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO		COMPACTAÇÃO		AP. PENETRAÇÃO			
NÚMERO DA CÁPSULA		1				1					
m ₁	MASSA DA CÁPS. (g)	7972				7972					
m ₂	MASSA DA CÁPS. + SOLO HÚM. (g)	9958				9908					
m ₃	MASSA DA CÁPS. + SOLO SECO (g)	9286				9280					
W _s =m ₃ -m ₁	MASSA DO SOLO SECO (g)	1314				1308					
W _w =m ₂ -m ₃	MASSA DA ÁGUA (g)	672				628					
W _w /W _s X100	TEOR EM ÁGUA (%)	51.1				48.0					
w	TEOR EM ÁGUA MÉDIO (%)										
γ _d = 100 γ _h / (100+w)	BARIDADE SECA (g/cm ³)										
γ _d máx	BARIDADE SECA MÁXIMA (g/cm ³)										
γ _d / γ _d máx	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)										
EMBEBIÇÃO				PENETRAÇÃO				APÓS EMBEBIÇÃO			
NÚMERO DO MOLDE											
1		1		PENE-TRAÇÃO (mm)	1	1					
DATA		LEITURAS (mm)		LEITURAS NO ANEL (div.)			CARGAS (kg)				
HORA											
05-Set		14.00		0	0.0	0	0.0	0.0			
10:30				0.5	14.0	18	32.2	41.4			
05-Set		14.00		1	38.0	63	87.4	144.9			
10:40				2	129.0	230	296.7	529.0			
09-Set		14.00		2.5	206.0	305	473.8	701.5			
14:30				3	265.0	345	609.5	793.5			
				4	324.0	398	745.2	915.4			
				5	359.0	423	825.7	972.9			
				6	374.0	441	860.2	1014.3			
				7	391.0	457	899.3	1051.1			
				8	400.0	480	920.0	1104.0			
				9	407.0	474	936.1	1090.2			
				10	420.0	489	966.0	1124.7			
				12.5	455.0	528	1046.5	1214.4			
L - DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS INICIAL E FINAL DA EMBEBIÇÃO											
SOBRECARGA: _____ g											
ANEL: _____											
ENSAIOU:				CALCULOU:				VERIFICOU:			

CBR

Leca[®] (10/20), compactação pesada, amostra seca ao ar

