



**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**LIMITE DE LIQUIDEZ (LL) e LIMITE DE PLASTICIDADE (LP)**  
NBR-6459/16 e NBR-7180/16

Cliente: SYSTRA

Furo: **ST-17**

Amostra: 1

Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST)

Código: 015

Profundidade: 0.20 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 1

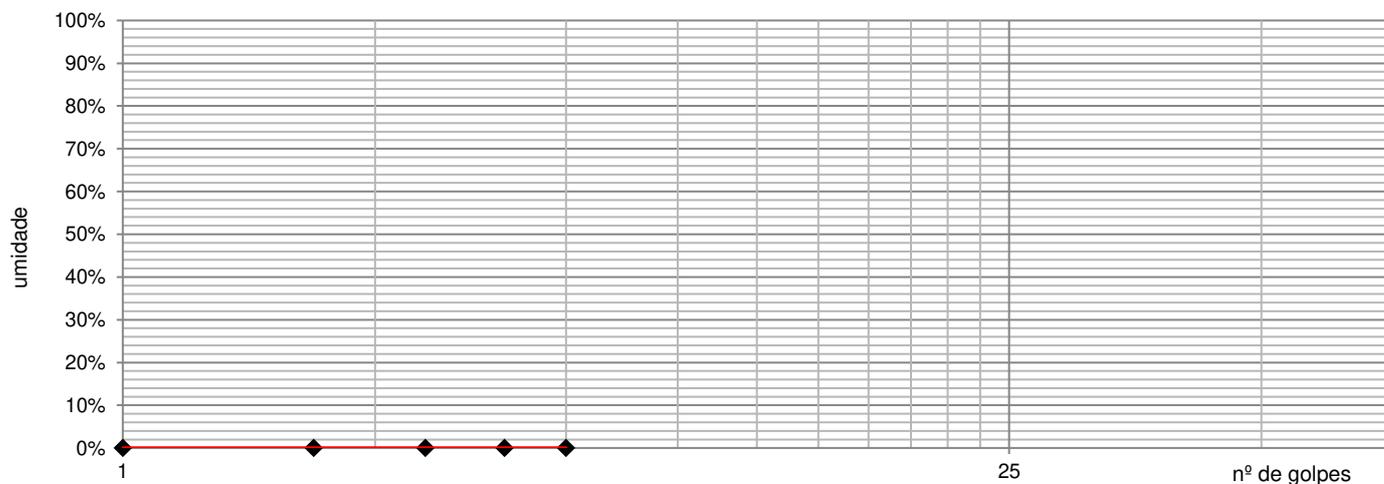
Material: Argila Siltosa, Cinza Clara

**DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ**  
**(ABNT NBR 6459:2016)**

com secagem prévia  
 sem secagem prévia

105/110° C  
 60/65° C

CAPSULA Nº					
Nº DE GOLPES					
PESO DA CÁPSULA + SOLO ÚMIDO (g)					
PESO DA CÁPSULA + SOLO SECO (g)					
PESO DA CÁPSULA (g)					
PESO DA ÁGUA (g)					
PESO DO SOLOS SECO (g)					
TEOR DE UMIDADE (%)					



**DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE**  
**(ABNT NBR 7180:2016)**

com secagem prévia  
 sem secagem prévia

105/110° C  
 60/65° C

CAPSULA Nº					
PESO DA CÁPSULA + SOLO ÚMIDO (g)					
PESO DA CÁPSULA + SOLO SECO (g)					
PESO DA CÁPSULA (g)					
PESO DA ÁGUA (g)					
PESO DO SOLOS SECO (g)					
TEOR DE UMIDADE (%)					

**RESULTADOS FINAIS**

LIMITE DE LIQUIDEZ (LL): NL %  
LIMITE DE PLASTICIDADE (LP): NP %  
ÍNDICE DE PLASTICIDADE (IP): NP %

São Paulo, 30 julho, 2021  
Contrato nº: 11529-21  
Revisão: R0

Laboratorista: Cláudia Scapelle  
Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Resp. Técnico: Engº Maurício Malanconi - CREA: 5063078630

**NOTA:** Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Cliente: SYSTRA

 Furo: **ST-17**

Amostra: 1

Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST)

Código: 015

Profundidade: 0.20 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 1

Material: Argila Siltosa, Cinza Clara

**CONSISTÊNCIA (AMOSTRA ÚMIDA)**
 Não Plástica

 Pouco Plástica

 Plástica

 Muito Plástica

**DETERMINAÇÃO DA CONTRAÇÃO**

Anéis		0°	120°	240°	Média
Contração (mm)	I	18,98	18,98	18,98	18,98
	II	18,98	18,98	18,98	18,98
	III	18,98	18,98	18,98	18,98

 Contração Diametral Média  $ct$  ( mm ) = **1,02**

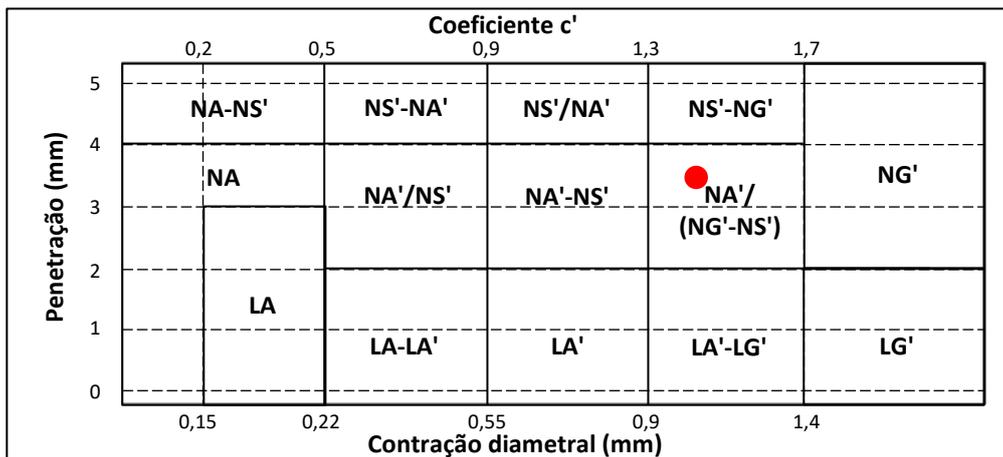
 Cálculo do Coeficiente  $c'$ :

$$ct = 0,1 \text{ a } 0,5 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad c' = (\log 10 ct + 1) / 0,904$$

$$ct > 0,6 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad c' = (\log 10 ct + 0,7) / 0,5$$

**Coeficiente  $c'$  =**
**1,42**
**DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO**

Anéis		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Média
Penetração (mm)	I	3,42	3,44	3,46	3,44
	II	3,44	3,46	3,48	3,46
	III	3,46	3,48	3,50	3,48

 Penetração Média ( mm ) = **3,46**

**CLASSIFICAÇÃO MCT**  
**(Preliminar)**
**NA' / (NG'-NS')**

São Paulo, 30 julho, 2021

Laboratorista: Claudia Scapelle

Contrato nº: 11529-21

Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Revisão: R0

**NOTA:** Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Resp. Técnico: Engº Maurício Malanconi - CREA: 5063078630



**RELATÓRIO DE ENSAIO**  
**COMPACTAÇÃO e ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)**  
 NBR-7182/16 e NBR-9895/16

Cliente: SYSTRA

Furo: **ST-17**

Amostra: 1

Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST)

Código: 015

Profundidade: 0.20 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 2

Material: Argila Siltosa, Cinza Clara

**ENSAIO DE COMPACTAÇÃO (ABNT NBR 7182:2016) - ENERGIA DO PROCTOR NORMAL**

CILINDRO Nº	143		13		104		1008		1003	
CILINDRO + SOLO ÚMIDO (g)	8788,69		8929,00		9233,60		9698,80		9616,54	
PESO DO CILINDRO (g)	4856,20		4793,00		4974,60		5451,40		5450,60	
PESO DO SOLO ÚMIDO (g)	3932,49		4136		4259		4247,4		4165,94	
VOLUME DO CILINDRO (cm³)	2051		2069		2060		2078		2087	
DENSIDADE APARENTE ÚMIDA (g/cm³)	1,918		1,999		2,067		2,044		1,996	
CAPSULA Nº	174	214	1535	1397	1472	1518	595	533	419	309
PESO DA CÁPSULA + SOLO ÚMIDO (g)	75,91	81,71	90,5	131,4	136,4	115,1	98,7	112,5	91,032	104,86
PESO DA CÁPSULA + SOLO SECO (g)	68,89	73,81	81,4	116,1	118,7	101,5	86,4	98,1	76,9	89,48
PESO DA CÁPSULA (g)	23,89	23,81	29	29,1	30,37	30,44	29,5	32	17,02	24,6
PESO DA ÁGUA (g)	7,02	7,90	9,10	15,30	17,70	13,60	12,30	14,40	14,13	15,38
PESO DO SOLO SECO (g)	45,00	50,00	52,40	87,00	88,33	71,06	56,90	66,10	59,88	64,88
TEOR DE UMIDADE (%)	15,6	15,8	17,4	17,6	20,0	19,1	21,6	21,8	23,6	23,7
TEOR DE UMIDADE MÉDIO (%)	15,7		17,5		19,6		21,7		23,7	
DENSIDADE APARENTE SECA (g/cm³)	1,658		1,702		1,729		1,680		1,614	

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - CBR (ABNT NBR 9895:2016)**

EXPANSÃO			Altura do CP (mm):		113,30		114,00		113,70		114,50		115,00	
DATA	HORA	TEMPO DECORRIDO (h)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)	Leitura (mm)	Expansão (%)
21/jul	07:00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-
22/jul	07:00	24	1,70	0,62	1,52	0,46	1,25	0,22	1,15	0,13	1,05	0,04	1,05	0,04
23/jul	07:00	48	1,75	0,66	1,55	0,48	1,27	0,24	1,17	0,15	1,07	0,06	1,07	0,06
24/jul	07:00	72	1,78	0,69	1,57	0,50	1,33	0,29	1,20	0,17	1,11	0,10	1,11	0,10
25/jul	07:00	96	1,81	0,71	1,63	0,55	1,35	0,31	1,23	0,20	1,13	0,11	1,13	0,11

PENETRAÇÃO			Dimensões do Pistão: diâmetro = 4,95 cm área = 19,24 cm²											
TEMPO (min)	PENETRAÇÃO		Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm²)	Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm²)	Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm²)	Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm²)	Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm²)	Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm²)
	(mm)	(pol)												
0,5	0,63	0,025	16,0	0,8	23,0	1,2	27,0	1,4	16,0	0,8	14,0	0,7	14,0	0,7
1,0	1,27	0,050	22,0	1,1	34,0	1,8	40,0	2,1	22,0	1,1	18,0	0,9	18,0	0,9
1,5	1,90	0,075	31,0	1,6	41,0	2,1	51,0	2,7	30,0	1,6	25,0	1,3	25,0	1,3
2,0	<b>2,54</b>	<b>0,100</b>	39,0	2,0	46,0	2,4	61,0	3,2	34,0	1,8	30,0	1,6	30,0	1,6
3,0	3,81	0,150	48,0	2,5	55,0	2,9	85,0	4,4	46,0	2,4	36,0	1,9	36,0	1,9
3,5	4,44	0,175	52,0	2,7	58,0	3,0	96,0	5,0	52,0	2,7	41,0	2,1	41,0	2,1
4,0	<b>5,08</b>	<b>0,200</b>	57,0	3,0	59,0	3,1	106,0	5,5	61,0	3,2	43,0	2,2	43,0	2,2
6,0	7,62	0,300	75,0	3,9	65,0	3,4	108,0	5,6	66,0	3,4	50,0	2,6	50,0	2,6
8,0	10,16	0,400	86,0	4,5	69,0	3,6	113,0	5,9	76,0	3,9	66,0	3,4	66,0	3,4
10,0	12,70	0,500	102,0	5,3	76,0	3,9	119,0	6,2	86,0	4,5	77,0	4,0	77,0	4,0
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA			Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)
CBR 0,1"			70,36 kgf/cm²	2,9	3,4	3,4	4,5	4,5	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,2
CBR 0,2"			105,54 kgf/cm²	2,8	2,9	2,9	5,2	5,2	3,0	3,0	2,1	2,1	2,1	2,1
CBR FINAL (%)				2,9	3,4	3,4	5,2	5,2	3,0	3,0	2,2	2,2	2,2	2,2

São Paulo, 30 julho, 2021  
 Contrato nº: 11529-21  
 Revisão: R0

Laboratorista: Samuel Calura  
 Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Resp. Técnico: Engº Maurício Malanconi - CREA: 5063078630

**NOTA:** Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Cliente: SYSTRA

 Furo: **ST-17**

Amostra: 1

Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST)

Código: 015

Profundidade: 0.20 a 3,00 m

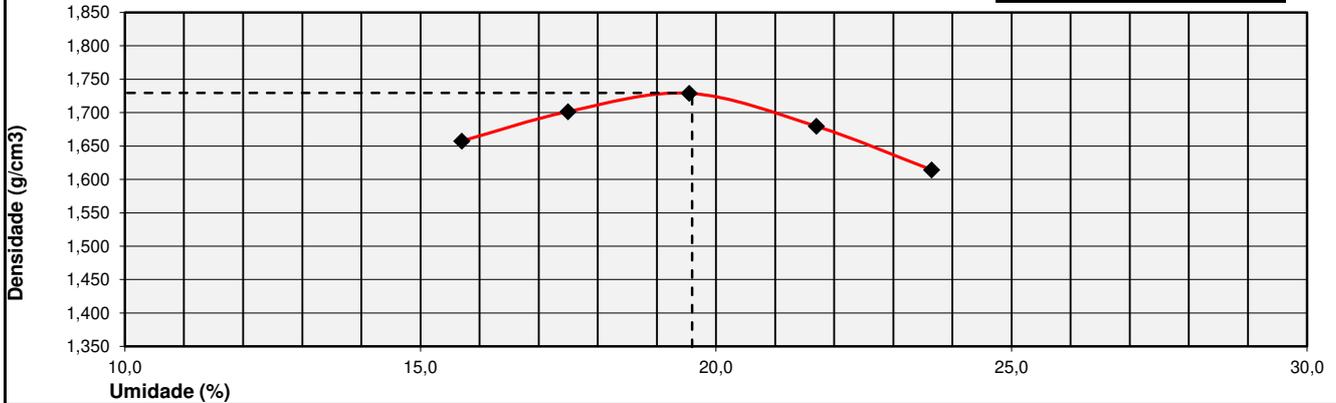
Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 2 / 2

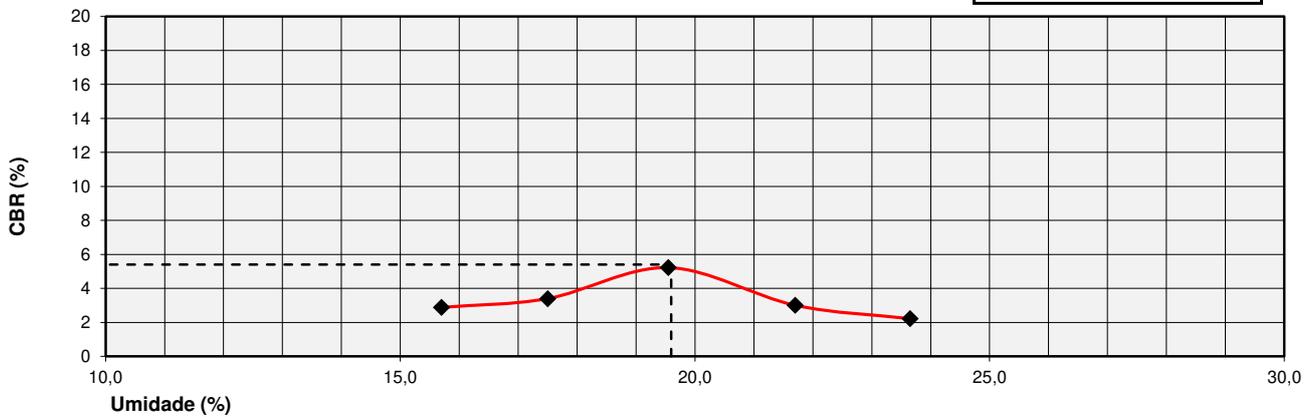
Material: Argila Siltosa, Cinza Clara

**ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - ENERGIA DO PROCTOR NORMAL**

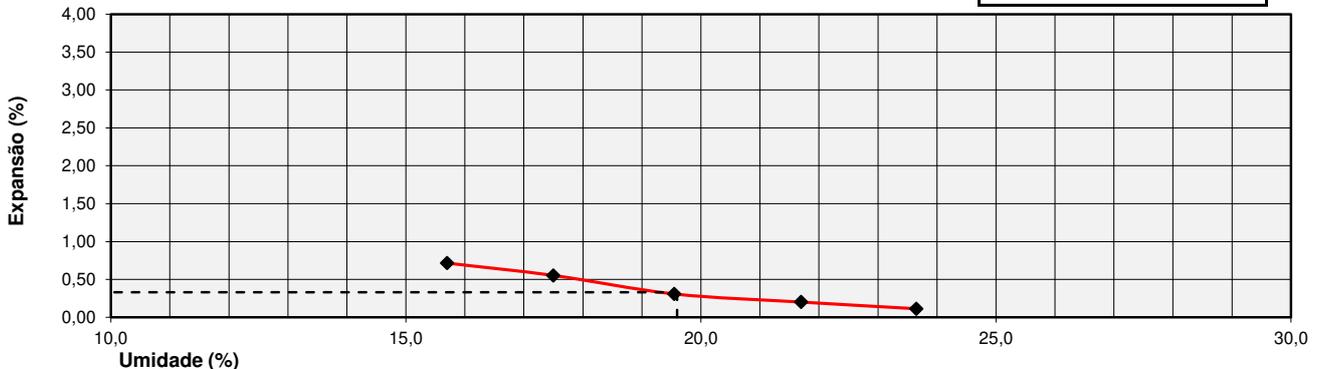
$\gamma_s$  máx = **1,730 g/cm<sup>3</sup>**  
 hot = **19,60 %**


**ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)**

CBR = **5,4 %**


**EXPANSÃO**

EXP = **0,33 %**



São Paulo, 30 julho, 2021

Laboratorista: Samuel Calura

Contrato nº: 11529-21

Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Revisão: R0



Resp. Técnico: Engº Maurício Malanconi - CREA: 5063078630

**NOTA:** Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Cliente: SYSTRA

 Furo: **ST-17**

Amostra: 1

Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST)

Código: 015

Profundidade: 0.20 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 2

Material: Argila Siltosa, Cinza Clara

PREPARAÇÃO DO MATERIAL (ABNT NBR 6457:2016)				PENEIRAMENTO GROSSO (# 10 - 2,00 mm) (ABNT NBR 7181:2016)					
CAPSULA Nº	104	1383	1508	PENEIRA (mm)	DIÂMETRO	PESO RETIDO (g)	PESO QUE PASSA (g)	% QUE PASSA DA AMOSTRA	
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO (g)	91,67	102,04	104,10						
CÁPSULA + SOLO SECO (g)	85,50	95,43	97,08	50	2"	0,00	1825,12	100,0%	
PESO DA CÁPSULA (g)	27,30	28,66	29,80	38	1 1/2"	0,00	1825,12	100,0%	
PESO DA ÁGUA (g)	6,17	6,61	7,02	25	1"	0,00	1825,12	100,0%	
PESO DO SOLOS SECO (g)	58,20	66,77	67,28	19	3/4"	0,00	1825,12	100,0%	
TEOR DE UMIDADE (%)	10,60%	9,90%	10,43%	9,5	3/8"	58,28	1766,84	96,8%	
TEOR MÉDIO (%)	10,31%			4,75	Nº 4	87,73	1737,39	95,2%	
<b>AMOSTRA TOTAL SECA</b>				2	Nº 10	129,16	1695,96	92,9%	
AMOSTRA TOTAL ÚMIDA (g)		2000,00		<b>PENEIRAMENTO FINO (# 200 - 0,075 mm) (ABNT NBR 7181:2016)</b>					
RETIDO NA PENEIRA (2mm) Nº 10 (g)		129,16		PENEIRA (mm)	DIÂMETRO	PESO RETIDO (g)	PESO QUE PASSA (g)	% QUE PASSA DA AMOSTRA PARCIAL	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL
PESO DO SOLO MIÚDO ÚMIDO (g)		1870,84							
PESO DO SOLO MIÚDO SECO (g)		1695,96							
PESO DA AMOSTRA SECA (g)		1825,12							
<b>AMOSTRA PARCIAL</b>				1,2	Nº 16	1,53	61,93	97,59%	90,7%
AMOSTRA ÚMIDA (g)		70,00		0,6	Nº 30	6,02	57,44	90,51%	84,1%
PESO DA AMOSTRA SECA (g)		63,46		0,42	Nº 40	8,57	54,89	86,49%	80,4%
<b>SEDIMENTAÇÃO (ABNT NBR 7181:2016)</b>				0,25	Nº 60	13,38	50,08	78,91%	73,3%
Densímetro Nº: INCOTERM - 21817/11				0,15	Nº 100	17,53	45,93	72,37%	67,3%
Densidade dos Grãos: 2,964 g/cm³				0,075	Nº 200	23,86	39,60	62,40%	58,0%
DATA	TEMPO DECORRIDO (min)	TEMPERATURA (Celsius)	LEITURA DENSÍMETRO (g/cm³)	CORREÇÃO (g/cm³)	LEITURA CORRIGIDA (g/cm³)	ALTURA DE QUEDA (cm)	DIÂMETRO PARTICULAS (mm)	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL	
27/jul	0,5	22,6	1,0280	-1,0047	0,0233	15,85	0,0684	51,5%	
27/jul	1	22,6	1,0220	-1,0047	0,0173	16,96	0,0500	38,3%	
27/jul	2	22,6	1,0190	-1,0047	0,0143	17,52	0,0360	31,7%	
27/jul	4	22,6	1,0160	-1,0047	0,0113	18,08	0,0258	25,0%	
27/jul	8	23,1	1,0140	-1,0045	0,0095	18,42	0,0183	20,9%	
27/jul	15	23,4	1,0120	-1,0044	0,0076	18,77	0,0135	16,7%	
27/jul	30	23,7	1,0100	-1,0044	0,0056	19,13	0,0096	12,5%	
27/jul	60	24,1	1,0090	-1,0042	0,0048	19,29	0,0068	10,5%	
27/jul	120	24,1	1,0090	-1,0042	0,0048	19,29	0,0048	10,5%	
27/jul	240	24,0	1,0080	-1,0043	0,0037	19,48	0,0034	8,3%	
27/jul	480	23,9	1,0070	-1,0043	0,0027	19,67	0,0024	6,0%	
28/jul	1440	23,9	1,0060	-1,0043	0,0017	19,86	0,0014	3,8%	

São Paulo, 30 julho, 2021

Laboratorista: Claudia Scapelle

Contrato nº: 11529-21

Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Revisão: R0

Resp. Técnico: Engº Maurício Malanconi - CREA: 5063078630

**NOTA:** Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Cliente: SYSTRA

 Furo: **ST-17**

Amostra: 1

Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST)

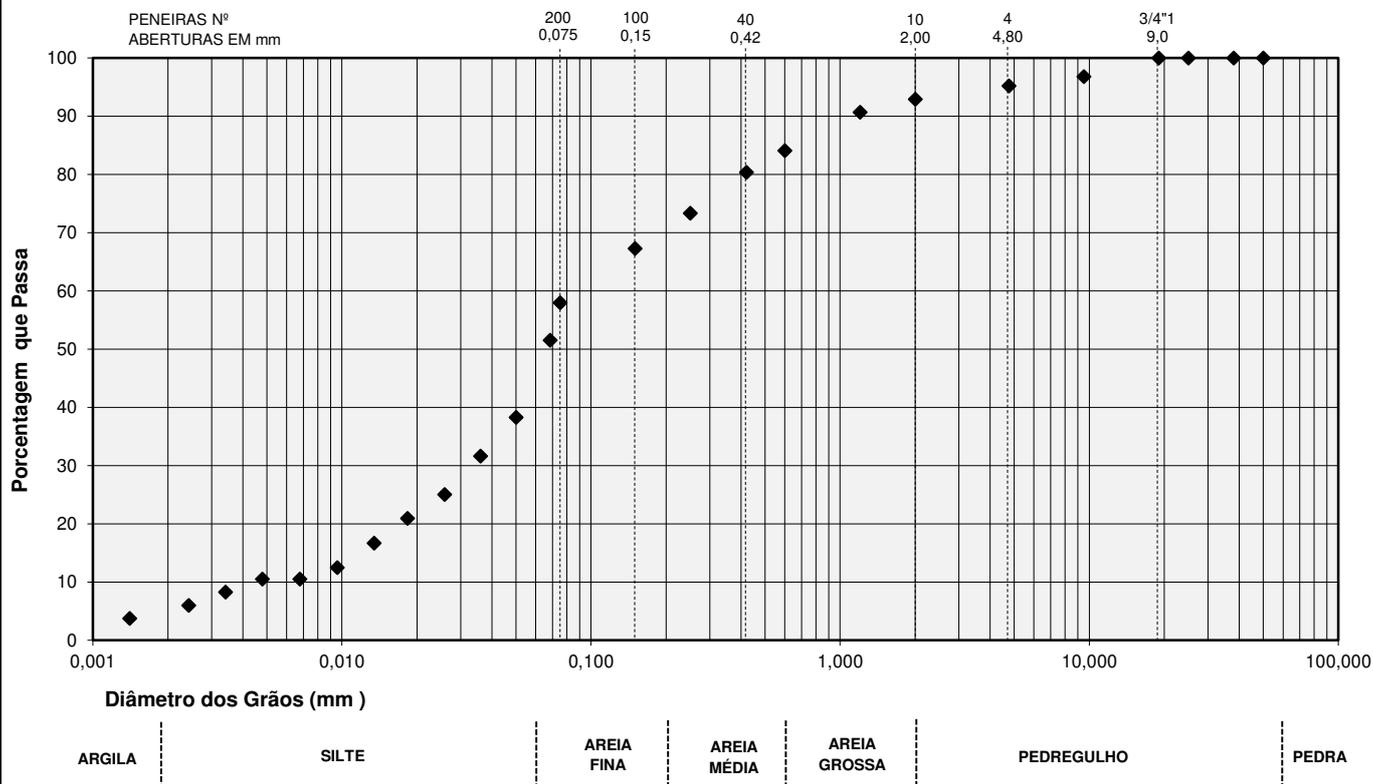
Código: 015

Profundidade: 0.20 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 2 / 2

Material: Argila Siltosa, Cinza Clara


**FAIXA GRANULOMÉTRICA (ABNT NBR 6502:95)**

ARGILA	SILTE	AREIA			PEDREGULHO
		AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	
5%	41%	24%	14%	9%	7%

**DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA - Dens. Real dos Grãos < # 4,8 mm (ABNT NBR 6458:2016)**

PICNÔMETRO Nº / SERIE	PICNÔMETRO + ÁGUA (g)	TEMPERATURA (CELSIUS)	PICNÔMETRO + SOLO + ÁGUA (g)	SOLO SECO (g)	ÁGUA DESLOC. (g)	$\rho$ (g/cm³)	$\rho$ MÉDIO
20 -	664,42	23,7	700,48	54,39	18,33	2,959	2,964
20 -	664,38	23,9	700,50	54,39	18,28	2,968	

**CLASSIFICAÇÃO HRB (Highway Research Board)**

 LIMITE DE LIQUIDEZ (LL) = NL %  
 LIMITE DE PLASTICIDADE (LP) = NP %  
 ÍNDICE DE PLASTICIDADE (IP) = NP %

 GRANULOMETRIA  
 % QUE PASSA

 Nº 4 (4,8 mm) = 95 %  
 Nº 10 (2,0 mm) = 93 %  
 Nº 40 (0,42 mm) = 80 %  
 Nº 200 (0,075 mm) = 58 %

**HRB-AASHTO (IG)**
**A-4 ( 4,6 )**

São Paulo, 30 julho, 2021

Laboratorista: Claudia Scapelle

**NOTA:** Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, após aprovação prévia e por escrito da empresa.

Contrato nº: 11529-21

Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Revisão: R0

Resp. Técnico: Engº Maurício Malanconi - CREA: 5063078630