



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

Cliente: SYSTRA

Furo: **ST-01**

Amostra: 1

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

Código: 04

Profundidade: 0,50 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 1

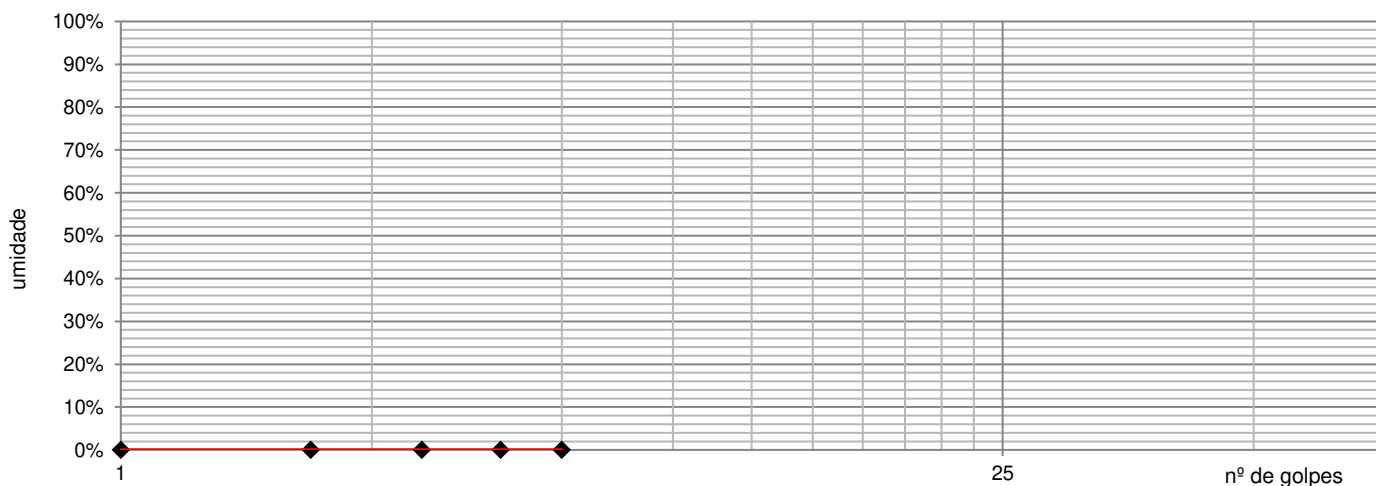
Material: Silte Areno-Argiloso, Marrom Amarelado Escuro

**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 %  
INDICE 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-01**

Amostra: 1

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

Código: 04

Profundidade: 0,50 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 1

Material: Silte Areno-Argiloso, Marrom Amarelado Escuro

**CONSISTÊNCIA (AMOSTRA ÚMIDA)**
 Não Plástica

 Pouco Plástica

 Plástica

 Muito Plástica

**DETERMINAÇÃO DA CONTRAÇÃO**

Anéis		0°	120°	240°	Média
Contração (mm)	I	19,52	19,52	19,52	19,52
	II	19,52	19,52	19,52	19,52
	III	19,52	19,52	19,52	19,52

 Contração Diametral Média  $c_t$  ( mm ) = **0,48**

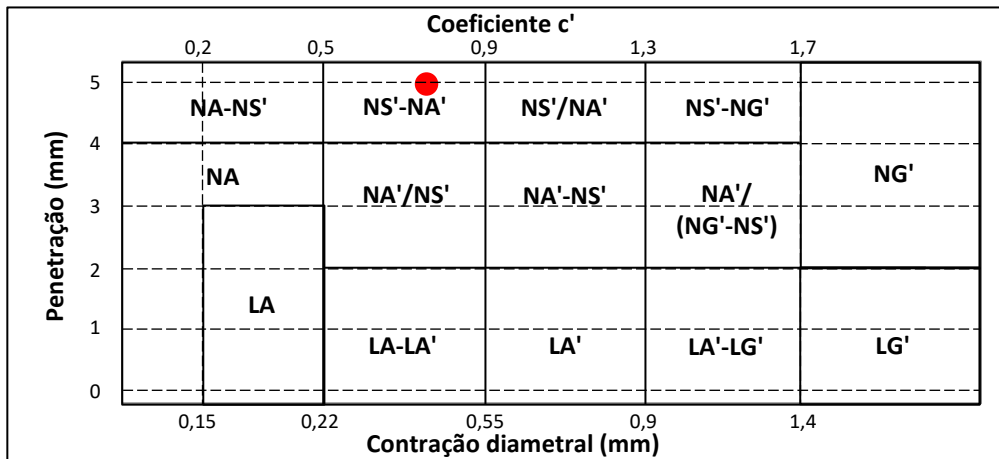
 Cálculo do Coeficiente  $c'$ :

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

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

**Coeficiente  $c'$  = 0,75**
**DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO**

Anéis		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Média
Penetração (mm)	I	4,99	5,00	5,00	5,00
	II	4,88	4,90	5,00	4,93
	III	5,00	4,95	5,00	4,98

 Penetração Média ( mm ) = **4,97**

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

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

Cliente: SYSTRA Furo: **ST-01** Amostra: 1  
 Obra: Projeto do Rodoanel - Contorno de BH (ST) Código: 04 Profundidade: 0,50 a 3,00 m  
 Local: Belo Horizonte/MG Folha: 1 / 2  
 Material: Silte Areno-Argiloso, Marrom Amarelado Escuro

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

CILINDRO Nº	28		1116		1050		1169		118	
CILINDRO + SOLO ÚMIDO (g)	8196,55		8666,00		8935,80		8570,40		8334,12	
PESO DO CILINDRO (g)	4867,20		5203,00		5258,40		4941,60		4833,20	
PESO DO SOLO ÚMIDO (g)	3329,35		3463		3677,4		3628,8		3500,92	
VOLUME DO CILINDRO (cm³)	2082		2087		2088		2103		2077	
DENSIDADE APARENTE ÚMIDA (g/cm³)	1,599		1,660		1,761		1,725		1,686	
CAPSULA Nº	135	231	1436	1475	1127	1311	1467	1394	318	411
PESO DA CÁPSULA + SOLO ÚMIDO (g)	74,91	76,27	104,6	86,1	85	87,2	103,1	104,6	94,726	91,8
PESO DA CÁPSULA + SOLO SECO (g)	68,43	68,89	92,6	77,5	75,2	77,4	89,7	90,6	81,28	77,07
PESO DA CÁPSULA (g)	28,43	23,89	28,58	29,52	27,16	29,02	30,38	28,55	26,4	17,19
PESO DA ÁGUA (g)	6,48	7,38	12,00	8,60	9,80	9,80	13,40	14,00	13,45	14,73
PESO DO SOLO SECO (g)	40,00	45,00	64,02	47,98	48,04	48,38	59,32	62,05	54,88	59,88
TEOR DE UMIDADE (%)	16,2	16,4	18,7	17,9	20,4	20,3	22,6	22,6	24,5	24,6
TEOR DE UMIDADE MÉDIO (%)	16,3		18,3		20,4		22,6		24,6	
DENSIDADE APARENTE SECA (g/cm³)	1,375		1,403		1,464		1,407		1,353	

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

EXPANSÃO			Altura do CP (mm): 114,00		115,00		114,90		115,00		114,00	
DATA	HORA	TEMPO DECORRIDO (h)	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	-
22/jul	07:00	24	7,36	5,58	7,11	5,31	7,01	5,23	6,68	4,94	6,29	4,64
23/jul	07:00	48	7,42	5,63	7,15	5,35	7,11	5,32	6,74	4,99	6,38	4,72
24/jul	07:00	72	7,48	5,68	7,25	5,43	7,15	5,35	6,81	5,05	6,42	4,75
25/jul	07:00	96	7,57	5,76	7,30	5,48	7,20	5,40	6,84	5,08	6,48	4,81

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)
	(mm)	(pol)										
0,5	0,63	0,025	12,0	0,6	17,0	0,9	23,0	1,2	15,0	0,8	13,0	0,7
1,0	1,27	0,050	17,0	0,9	23,0	1,2	28,0	1,5	21,0	1,1	17,0	0,9
1,5	1,90	0,075	23,0	1,2	29,0	1,5	42,0	2,2	29,0	1,5	24,0	1,2
2,0	<b>2,54</b>	<b>0,100</b>	28,0	1,5	42,0	2,2	54,0	2,8	34,0	1,8	30,0	1,6
3,0	3,81	0,150	37,0	1,9	56,0	2,9	82,0	4,3	46,0	2,4	39,0	2,0
3,5	4,44	0,175	40,0	2,1	64,0	3,3	93,0	4,8	52,0	2,7	42,0	2,2
4,0	<b>5,08</b>	<b>0,200</b>	47,0	2,4	71,0	3,7	110,0	5,7	59,0	3,1	49,0	2,5
6,0	7,62	0,300	62,0	3,2	91,0	4,7	162,0	8,4	70,0	3,6	64,0	3,3
8,0	10,16	0,400	70,0	3,6	111,0	5,8	184,0	9,6	92,0	4,8	73,0	3,8
10,0	12,70	0,500	83,0	4,3	125,0	6,5	205,0	10,7	108,0	5,6	87,0	4,5
ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA			Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)	Pressão Corrigida	CBR (%)
CBR 0,1"			70,36 kgf/cm²	2,1	3,1	4,0	2,5	2,2				
CBR 0,2"			105,54 kgf/cm²	2,3	3,5	5,4	2,9	2,4				
CBR FINAL (%)			2,3		3,5		5,4		2,9		2,4	

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-01**

Amostra: 1

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

Código: 04

Profundidade: 0,50 a 3,00 m

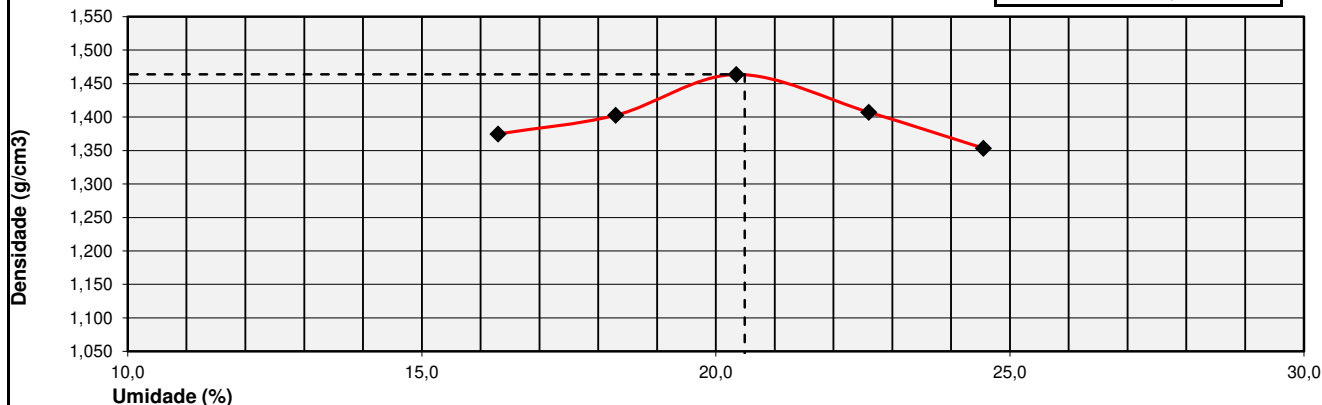
Local: Belo Horizonte/MG

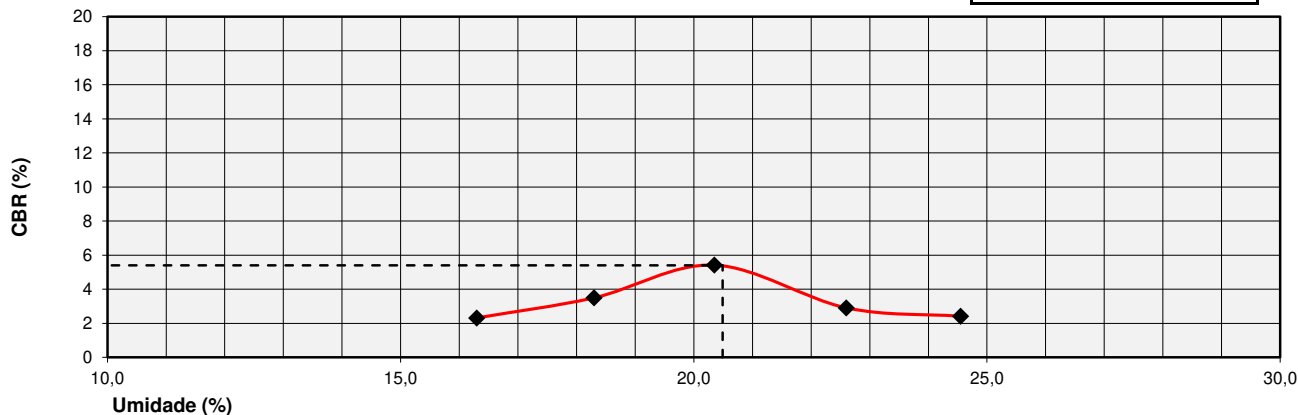
Folha: 2 / 2

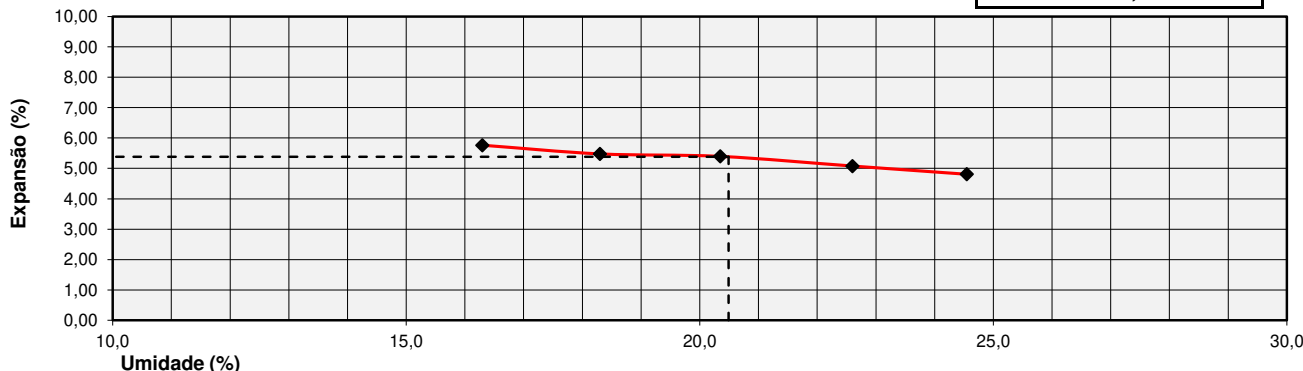
Material: Silte Areno-Argiloso, Marrom Amarelado Escuro

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

$\gamma_s$  máx = **1,464 g/cm<sup>3</sup>**  
 hot = **20,49 %**


**ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)**

 CBR = **5,4 %**

**EXPANSÃO**

 EXP = **5,38 %**


São Paulo, 30 julho, 2021

Laboratorista: Samuel Calura

Contrato nº: 11529-21

Verificação: Geol. Daniel Guilhem Barbosa

Revisão: R0

 Resp. Técnico: Eng<sup>o</sup> 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-01**

Amostra: 1

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

Código: 04

Profundidade: 0,50 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 1 / 2

Material: Silte Arenoso-Argiloso, Marrom Amarelado Escuro

PREPARAÇÃO DO MATERIAL (ABNT NBR 6457:2016)				PENEIRAMENTO GROSSO (# 10 - 2,00 mm) (ABNT NBR 7181:2016)					
CAPSULA Nº	1493	1410	1453	PENEIRA (mm)	DIÂMETRO	PESO RETIDO (g)	PESO QUE PASSA (g)	% QUE PASSA DA AMOSTRA	
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO (g)	83,55	94,80	89,63						
CÁPSULA + SOLO SECO (g)	80,56	91,15	86,40	50	2"	0,00	1890,19	100,0%	
PESO DA CÁPSULA (g)	29,65	29,54	29,04	38	1 1/2"	0,00	1890,19	100,0%	
PESO DA ÁGUA (g)	2,99	3,65	3,23	25	1"	0,00	1890,19	100,0%	
PESO DO SOLOS SECO (g)	50,91	61,61	57,36	19	3/4"	0,00	1890,19	100,0%	
TEOR DE UMIDADE (%)	5,87%	5,92%	5,63%	9,5	3/8"	0,00	1890,19	100,0%	
TEOR MÉDIO (%)	5,81%			4,75	Nº 4	0,00	1890,19	100,0%	
<b>AMOSTRA TOTAL SECA</b>				2	Nº 10	0,00	1890,19	100,0%	
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)		0,00		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)		2000,00							
PESO DO SOLO MIÚDO SECO (g)		1890,19		1,2	Nº 16	0,08	66,08	99,88%	99,9%
PESO DA AMOSTRA SECA (g)		1890,19							
<b>AMOSTRA PARCIAL</b>				0,6	Nº 30	0,39	65,77	99,41%	99,4%
AMOSTRA ÚMIDA (g)		70,00		0,42	Nº 40	0,62	65,54	99,06%	99,1%
PESO DA AMOSTRA SECA (g)		66,16		0,25	Nº 60	1,85	64,31	97,20%	97,2%
<b>SEDIMENTAÇÃO (ABNT NBR 7181:2016)</b>									
Densímetro Nº: INCOTERM - 21817/11									
Densidade dos Grãos: 2,853 g/cm³				0,15	Nº 100	4,16	62,00	93,71%	93,7%
				0,075	Nº 200	6,10	60,06	90,78%	90,8%
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	
26/jul	0,5	21,5	1,0410	-1,0050	0,0360	13,50	0,0659	83,8%	
26/jul	1	21,5	1,0380	-1,0050	0,0330	14,06	0,0475	76,8%	
26/jul	2	21,5	1,0330	-1,0050	0,0280	14,98	0,0347	65,2%	
26/jul	4	21,5	1,0290	-1,0050	0,0240	15,72	0,0251	55,9%	
26/jul	8	22,9	1,0250	-1,0046	0,0204	16,39	0,0178	47,5%	
26/jul	15	23,8	1,0210	-1,0043	0,0167	17,08	0,0132	38,8%	
26/jul	30	25,4	1,0160	-1,0038	0,0122	17,92	0,0093	28,3%	
26/jul	60	25,5	1,0120	-1,0038	0,0082	18,66	0,0067	19,1%	
26/jul	120	24,6	1,0100	-1,0041	0,0059	19,08	0,0049	13,8%	
26/jul	240	24,3	1,0080	-1,0042	0,0038	19,47	0,0035	8,9%	
26/jul	480	24,2	1,0060	-1,0042	0,0018	19,84	0,0025	4,2%	
27/jul	1440	24,2	1,0050	-1,0042	0,0008	20,03	0,0014	1,8%	

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

Cliente: SYSTRA

 Furo: **ST-01**

Amostra: 1

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

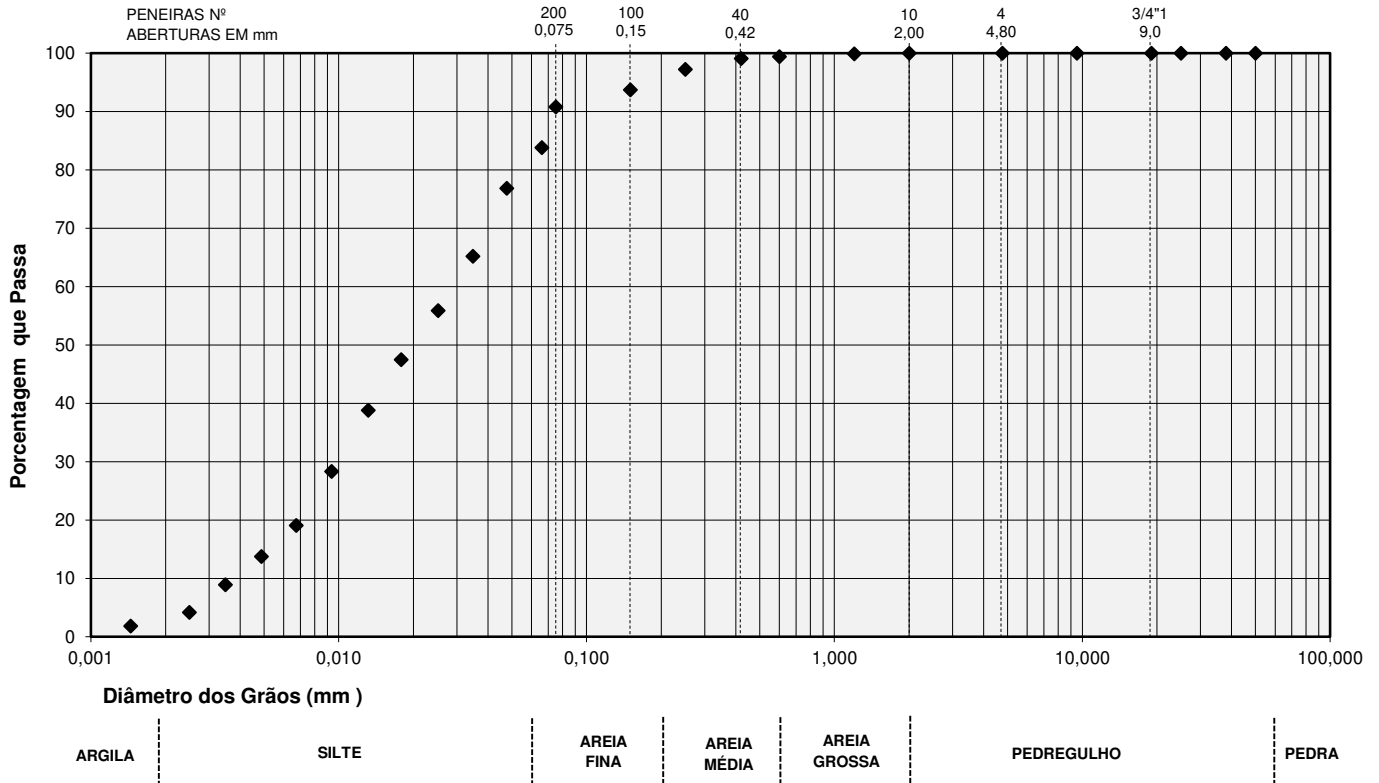
Código: 04

Profundidade: 0,50 a 3,00 m

Local: Belo Horizonte/MG

Folha: 2 / 2

Material: Silte Areno-Argiloso, Marrom Amarelado Escuro


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

ARGILA	SILTE	AREIA			PEDREGULHO
		AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	
3%	78%	14%	4%	1%	0%

**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 -	664,56	22,9	701,41	56,71	19,85	2,849	2,853
20 -	664,52	23,1	701,43	56,71	19,80	2,857	

**CLASSIFICAÇÃO HRB (Highway Research Board)**

LIMITE DE LIQUIDEZ (LL) = NL %	GRANULOMETRIA % QUE PASSA	Nº 4 (4,8 mm) = 100 %	<b>HRB-AASHTO (IG)</b>  <b>A-4 ( 8,0 )</b>
LIMITE DE PLASTICIDADE (LP) = NP %		Nº 10 (2,0 mm) = 100 %	
INDICE DE PLASTICIDADE (IP) = NP %		Nº40 (0,42 mm) = 99 %	
	Nº 200 (0,075 mm) = 91 %		

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