



## 9. ESTUDO HIDROLÓGICO

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

## ESTUDO HIDROLÓGICO




O estudo hidrológico foi desenvolvido com o objetivo de determinar o volume afluente ao boqueirão onde se dará a intervenção e conseqüentemente proporcionar um dimensionamento do barramento quanto ao fornecimento de água e seus efeitos na bacia hidrográfica. Adotamos para estudos hidrológicos as fórmulas contidas no Livro "Roteiro para Projetos de Pequenos Açudes" publicado pelo DNOCs. A bacia hidrográfica foi copiada da carta da SUDENE, esc: 1:100.000, que após planimetrada nos forneceu uma área de 45,63 km<sup>2</sup>.

A precipitação média anual no município de Ibicuitinga é de 974,4 mm.

O volume médio anual escoado  $V_{esc} = 6.346.338,28 \text{ m}^3$ .

Escolheu-se a cota 49,00 m para cota da soleira do sangradouro, que conforme o gráfico - COTA x ÁREA x VOLUME permite uma acumulação de 516.892,44 m<sup>3</sup> e bacia hidráulica de 52,72 hectares.

A vazão máxima da cheia de projeto, usada para dimensionamento do sangradouro é de 122,748 m<sup>3</sup>/s.

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D



**10. ESTUDO GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICO**

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D


## ESTUDO GEOLÓGICO



### 10.1 METODOLOGIA ADOTADA

A realização das Sondagens (SPP) no campo foram realizadas com a ajuda de uma Retroescavadeira. As sondagens são regidas pela regulamentação normativa da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) a seguir relacionadas:

- NBR 6484/2001 – Solos – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio;
- NBR 6502/1995 – Rochas e Solos;
- NBR 7250/1982 – Identificação e Descrição de Amostras de Solos obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimentos dos Solos;
- NBR 9603/1986 – Sondagens a Trado.

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

## ESTUDO GEOTÉCNICO



Os estudos geotécnicos basearam-se na realização de ensaios em laboratório\* dos materiais a serem utilizados na construção da barragem, e na determinação do perfil do subsolo no local da barragem e do sangradouro, através de sondagens com a ajuda de uma Retroescavadeira.

Os resultados dos estudos geotécnicos são apresentados adiante, assim divididos:

- Análise dos materiais a serem empregados na construção da barragem;
- Perfil do subsolo – Solo no local da barragem e sangradouro.

### 10.2 ANÁLISE DOS MATERIAIS

A análise dos materiais procedeu-se numa 1ª etapa, com uma verificação tato-visual dos materiais mais próximos ao local da construção da barragem. Após a identificação de prováveis jazidas, foram feitas as sondagens retroescavadeira executada nos vértices de uma malha quadrada cobrindo toda área de material silico-argiloso, conforme disposição na Representação Gráfica 07/08.

As jazidas apresentaram as seguintes características médias:

CARACTERÍSTICA	JAZIDA	
	J1	
EXPURGO (m)	0,20	
ESPESSURA ÚTIL (m)	0,60	
ÁREA (m <sup>2</sup> )	60.000,00	
VOLUME SONDADO (m <sup>3</sup> )	36.000,00	
VOLUME ÚTIL (m <sup>3</sup> )	33.307,62	
DISTÂNCIA (km)	1,40	

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

Dos materiais colhidos nas sondagens foram realizados os seguintes ensaios apresentados no Item 11 – ESTUDO GEOTÉCNICO:

- 10.2.1 Granulometria;
- 10.2.2 Compactação;
- 10.2.3 L.L. (Limite de Liquidez);
- 10.2.4 L.P. (limite de plasticidade);
- 10.2.5 I.P. (Índice de Plasticidade);
- 10.2.6 Ensaio de Permeabilidade.

De acordo com o resultado do ensaio, o solo da jazida 1 é do tipo “SC” e apresenta a seguinte característica:

- 10.2.7 Impermeável;
- 10.2.8 Alta Resistência à Erosão;
- 10.2.9 Boa Plasticidade; e,
- 10.2.10 Boa Trabalhabilidade.

As características acima citadas são importantes para obra que tem controle de umidade e densidade. O resultado médio de massa específica seca máxima ( $\gamma_{SM}$ ) e da umidade ótima ( $h_{ot}$ ) transcrito dos ensaios de laboratório são:

JAZIDA	
Média	Resumo
$\gamma_{SM}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,850
$h_{ot}$ (%)	13,16

PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

Com a finalidade de obtermos uma visualização do local de construção da barragem e do sangradouro, foram feitos 19 (dezenove) furos de sondagem a retroescavadeira, indicando o desenvolvimento provável das camadas do subsolo (anexo). Tal estudo nos possibilitará determinar a profundidade da fundação da barragem e procedimentos para evitar voçorocas no sangradouro e o conseqüente rebaixamento da cota da soleira.




## QUADRO RESUMO

INTERESSADO: PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA

OBRA: CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM DE TERRA BARBADA

LOCALIDADE: BARBADA - IBICUITINGA - CE

FURO		F3 - J1	F4 - J1
PROF. (m):		0,90	0,95
% QUE PASSA	3 1/2"	100,0	100,0
	3"	100,0	100,0
	2 1/2"	100,0	100,0
	2"	100,0	100,0
	1 1/2"	100,0	100,0
	1"	100,0	100,0
	3/4"	100,0	100,0
	1/2"	100,0	100,0
	3/8"	99,5	100,0
	Nº 4	98,2	99,0
	Nº 10	93,6	94,0
	Nº 16	89,9	88,3
	Nº 30	83,5	83,6
	Nº 40	75,9	79,5
	Nº 50	68,3	74,4
Nº 100	54,1	61,3	
Nº 200	45,0	51,4	
LL	26%	31%	
LP	17%	17%	
IP	9%	14%	
(g/cm <sup>3</sup> )	1,840	1,860	
h ótma	12,82%	13,50%	
U.S.C	SC	SC	

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA 7812-D



**ANALISE GRANULOMETRICA POR SEDIMENTAÇÃO**  
Com dispersor e Com defloculante

INTERESSADO: PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA

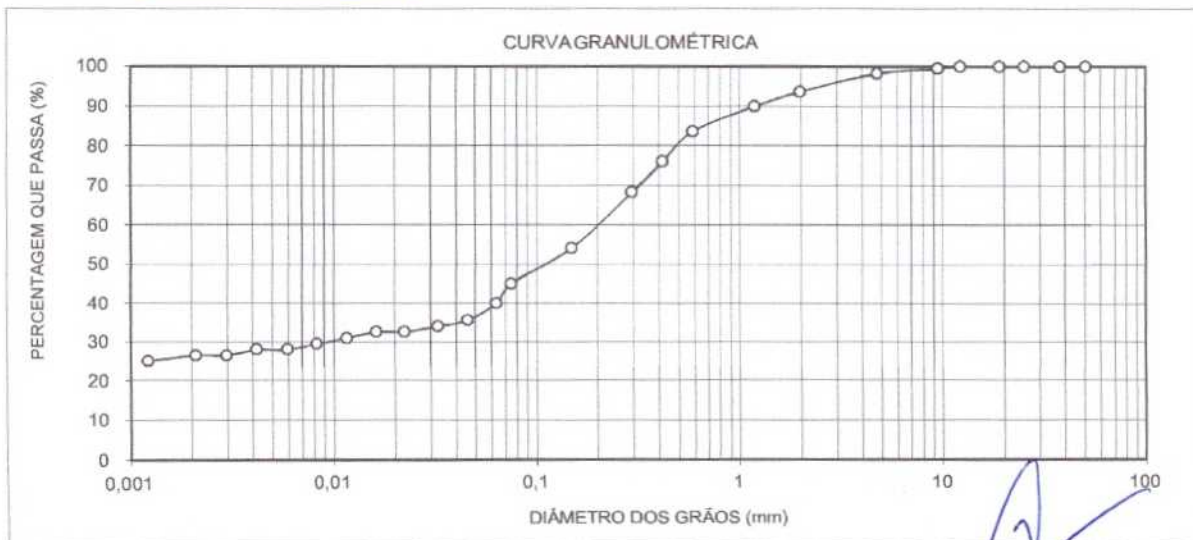
DATA 28/06/23

UMIDADE DA SEDIMENTAÇÃO		RESUMO DA SEDIMENTAÇÃO			
CAPSULA No.	10	PEDREGULHO	ACIMA DE 4,8	mm	2
PESO BRUTO UMIDO(g)	40,00	AREIA GROSSA	4,8 - 2,00	mm	5
PESO BRUTO SECO(g)	40,00	AREIA MÉDIA	2,00 - 0,42	mm	18
PESO DA CAPSULA(g)	13,11	AREIA FINA	0,42 - 0,074	mm	31
PESO DA AGUA(g)	0,00	SILTE	0,074 - 0,005	mm	17
PESO DO SOLO SECO(g)	26,89	ARGILA	ABAIXO DE 0,005	mm	28
UMIDADE(%)	0,00	ARGILA COLOIDAL	ABAIXO DE 0,001	mm	xxx

	AMOSTRA SECA		PENEIRA		PESO(g) RETIDO	PESO(g) PASSA	% PASSA AM. TOTAL
	AM.TOTAL	AM.PARC.	POLEG.	mm			
CAPSULA No.	1	2	2"	50.80	0,00	1500,00	100
PESO SOLO UMIDO(g)	1500,00	100,00	1 1/2"	38.10	0,00	1500,00	100
PESO PEDREG.(g)	96,14		1"	25.40	0,00	1500,00	100
P.S. MIUDO UMIDO(g)	1403,86	-	3/4"	19.10	0,00	1500,00	100
P.S. MIUDO SECO(g)	1403,86	-	1/2"	12.27	0,00	1500,00	100
P. AMOSTRA SECA(g)	1500,00	100,00	3/8"	9.52	8,23	1491,77	99
CTE. DO FATOR K	-	1,503	No. 4	4.76	18,94	1472,83	98
DENSIDADE A 20° C		2,65	No. 10	2.00	68,97	1403,86	94

PENEIRAMENTO DO SOLO MIUDO					
POLEGADA	PENEIRA		PESO(g) RETIDO	PESO(g) PASSA	% PASSA AM. TOTAL
	mm				
No. 16	1.19		3,95	96,05	90
No. 30	0.590		6,78	89,27	84
No. 40	0.420		8,13	81,14	76
No. 50	0.297		8,20	72,94	68
No. 100	0.149		15,12	57,82	54
No. 200	0.075		9,75	48,07	45

DENSIMETRO No.: 1					PROVETA No.: 1			
TEMPO DECORRIDO s	LEITURA TEMPERAT. (L)	CORREC. (o C)	CORREC. MEIO DISPERSOR	LEITURA CORRIGIDA	ALT. DE QUEDA (cm)	LEIT. COR. FINAL	"d" DOS GRAOS (mm)	% <d AM. TOTAL(Q)
30	27,00	28,00	1,62	25,38	13,33	26,58	0,0636	40
60	24,00	28,00	1,62	22,38	13,85	23,58	0,0458	35
120	23,00	28,00	1,62	21,38	14,02	22,58	0,0326	34
240	22,00	28,00	1,62	20,38	13,28	21,58	0,0224	32
460	22,00	28,00	1,62	20,38	13,28	21,58	0,0162	32
900	21,00	28,00	1,62	19,38	13,45	20,58	0,0117	31
1800	20,00	28,00	1,62	18,38	13,63	19,58	0,0083	29
3600	19,00	28,00	1,62	17,38	13,80	18,58	0,0059	28
7200	19,00	28,00	1,62	17,38	13,80	18,58	0,0042	28
14400	18,00	28,00	1,62	16,38	13,97	17,58	0,0030	26
28800	18,00	28,00	1,62	16,38	13,97	17,58	0,0021	26
86400	17,00	28,00	1,62	15,38	14,14	16,58	0,0012	25



**PAULO JOSÉ M. DE LIMA**  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D





**ANALISE GRANULOMETRICA POR SEDIMENTAÇÃO**  
Com dispersor e Com defloculante

INTERESSADO: PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA

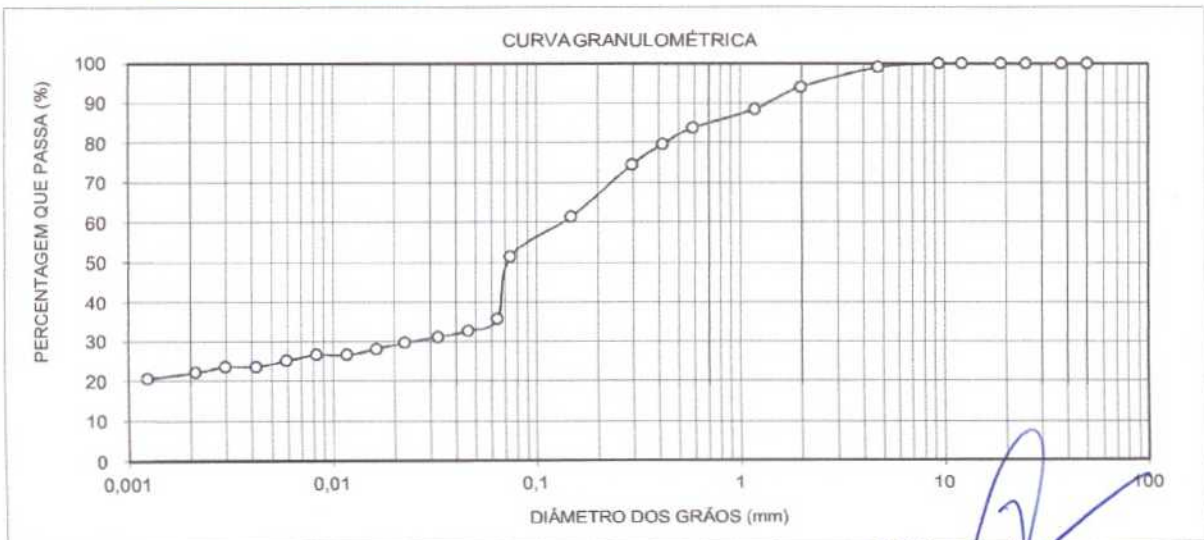
DATA: 28/06/23

UMIDADE DA SEDIMENTAÇÃO		RESUMO DA SEDIMENTAÇÃO (%)			
CAPSULA No.	56	PEDREGULHO	ACIMA DE 4,8	mm	1
PESO BRUTO UMIDO(g)	56,69	AREIA GROSSA	4,8 - 2,00	mm	5
PESO BRUTO SECO(g)	56,65	AREIA MÉDIA	2,00 - 0,42	mm	14
PESO DA CAPSULA(g)	13,11	AREIA FINA	0,42 - 0,074	mm	28
PESO DA AGUA(g)	0,04	SILTE	0,074 - 0,005	mm	28
PESO DO SOLO SECO(g)	43,54	ARGILA	ABAIXO DE 0,005	mm	24
UMIDADE(%)	0,09	ARGILA COLOIDAL	ABAIXO DE 0,001	mm	xxx

	AMOSTRA SECA		PENEIRA		PESO(g)	PESO(g)	% PASSA
	AM.TOTAL	AM.PARC.	POLEG.	mm			
CAPSULA No.	1	2	2"	50.80	0,00	1498,71	100
PESO SOLO UMIDO(g)	1500,00	100,00	1 1/2"	38.10	0,00	1498,71	100
PESO PEDREG.(g)	90,39		1"	25.40	0,00	1498,71	100
P.S.MIUDO UMIDO(g)	1409,61	-	3/4"	19.10	0,00	1498,71	100
P.S. MIUDO SECO(g)	1408,32	-	1/2"	12.27	0,00	1498,71	100
P. AMOSTRA SECA(g)	1498,71	99,91	3/8"	9.52	0,00	1498,71	100
CTE. DO FATOR K	-	1,511	No. 4	4.76	15,88	1482,83	99
DENSIDADE A 20° C		2,65	No. 10	2.00	74,51	1408,32	94

PENEIRAMENTO DO SOLO MIUDO					
PENEIRA	POLEGADA	mm	PESO(g)		% PASSA
			RETIDO	PASSA	
No. 16		1.19	5,99	93,92	88
No. 30		0.590	5,00	88,92	84
No. 40		0.420	4,38	84,54	80
No. 50		0.297	5,45	79,09	74
No. 100		0.149	13,88	65,21	61
No. 200		0.075	10,57	54,64	51

DENSIMETRO No.: 1				PROVETA No.: 1				
TEMPO DECORRIDO	LEITURA TEMPERAT. (L)	LEITURA TEMPERAT. (o C)	CORREC. MEIO DISPERSOR	LEITURA CORRIGIDA	ALT. DE QUEDA (cm)	LEIT. COR. FINAL	"d" DOS GRAOS (mm)	% <d AM. TOTAL(Q)
30	24,00	28,00	1,62	22,38	13,85	23,58	0,0648	36
60	22,00	28,00	1,62	20,38	14,19	21,58	0,0464	33
120	21,00	28,00	1,62	19,38	14,37	20,58	0,0330	31
240	20,00	28,00	1,62	18,38	13,63	19,58	0,0227	30
460	19,00	28,00	1,62	17,38	13,80	18,58	0,0165	28
900	18,00	28,00	1,62	16,38	13,97	17,58	0,0119	27
1800	18,00	28,00	1,62	16,38	13,97	17,58	0,0084	27
3600	17,00	28,00	1,62	15,38	14,14	16,58	0,0060	25
7200	16,00	28,00	1,62	14,38	14,32	15,58	0,0043	24
14400	16,00	28,00	1,62	14,38	14,32	15,58	0,0030	24
28800	15,00	28,00	1,62	13,38	14,49	14,58	0,0021	22
86400	14,00	28,00	1,62	12,38	14,66	13,58	0,0012	21



**PAULO JOSÉ M. DE LIMA**  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D



ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR NORMAL							
PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA					AMOSTRA		
28/06/2023							
<b>RESULTADOS:</b>							
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA:					<b>1,840</b> g/cm <sup>3</sup>		
UMIDADE ÓTIMA:					<b>14,7</b> %		
CILINDRO No.	<b>A</b>	VOLUME	997	cm <sup>3</sup>	PESO	2121	g
No. DE GOLPES	26	P.DA AMOSTRA	3000	g			
P. DA AMOSTRA + CILINDRO (g)			3973	4099	4223	4169	3997
PESO DA AMOSTRA (g)			1852	1978	2102	2048	1876
MASSA ESPECÍFICA ÚMIDA (g/cm <sup>3</sup> )			1,858	1,984	2,108	2,054	1,882
CÁPSULA No.			36	41	44	54	30
P.BRUTO ÚMIDO (g)			54,94	57,79	71,68	70,45	65,64
P. BRUTO SECO (g)			50,75	52,83	64,18	62,04	57,40
P.DA CÁPSULA (g)			12,82	13,22	13,24	12,16	11,87
ÁGUA (g)			4,19	4,96	7,50	8,41	8,24
SOLO (g)			37,93	39,61	50,94	49,88	45,53
UMIDADE ( % )			11,05	12,52	14,72	16,86	18,10
MASSA ESP. SECA (g/cm <sup>3</sup> )			1,673	1,763	1,838	1,758	1,593

UMIDADE (%)	M. ESPECÍFICA SECA (g/cm <sup>3</sup> )
11,05	1,673
12,52	1,763
14,72	1,838
16,86	1,758
18,10	1,593

**PAULO JOSÉ M. DE LIMA**  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D



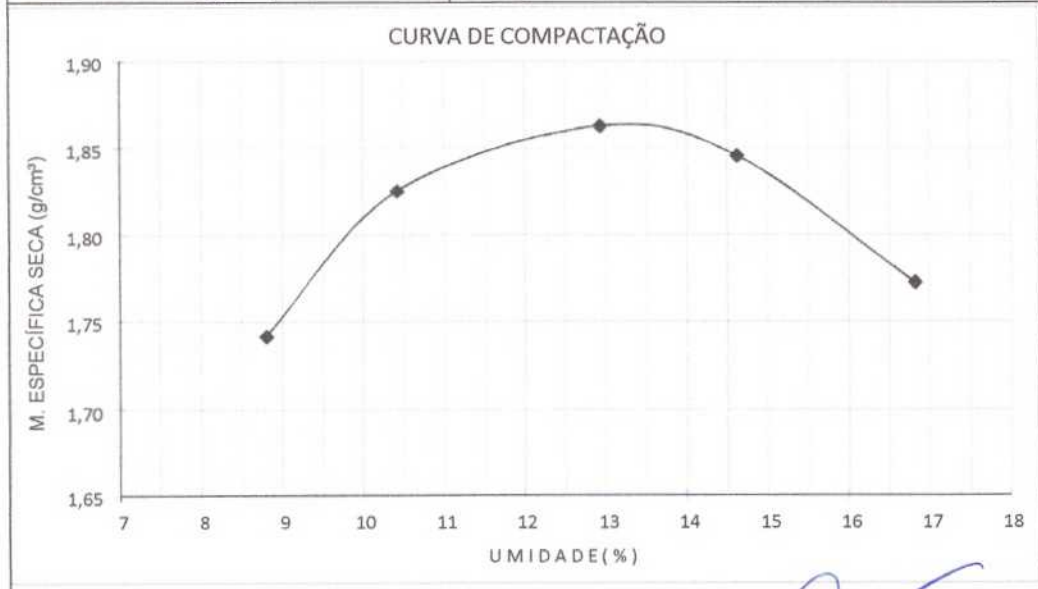
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR NORMAL	
PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA	AMOSTRA
28/06/23	

**RESULTADOS:**

MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA: **1,860** g/cm<sup>3</sup>

UMIDADE ÓTIMA: **13,5** %

CILINDRO No.	A	VOLUME	997	cm <sup>3</sup>	PESO	2121	g
No. DE GOLPES	26	P.DA AMOSTRA	3000	g			
P. DA AMOSTRA + CILINDRO (g)	4010	4130	4218	4230	4185		
PESO DA AMOSTRA (g)	1889	2009	2097	2109	2064		
MASSA ESPECÍFICA ÚMIDA (g/cm <sup>3</sup> )	1,895	2,015	2,103	2,115	2,070		
CÁPSULA No.	36	41	44	54	30		
P.BRUTO ÚMIDO (g)	72,60	115,85	89,79	78,29	117,67		
P. BRUTO SECO (g)	67,83	106,23	81,02	70,06	102,48		
P.DA CÁPSULA (g)	13,65	13,92	13,20	13,79	12,16		
ÁGUA (g)	4,77	9,62	8,77	8,23	15,19		
SOLO (g)	54,18	92,31	67,82	56,27	90,32		
UMIDADE ( % )	8,80	10,42	12,93	14,63	16,82		
MASSA ESP. SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1,741	1,825	1,862	1,845	1,772		



  
**PAULO JOSÉ M. DE LIMA**  
 Engenheiro Civil  
 CREA: 7812-D

DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO



INTERESSADO:  
PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA

AMOSTRA:

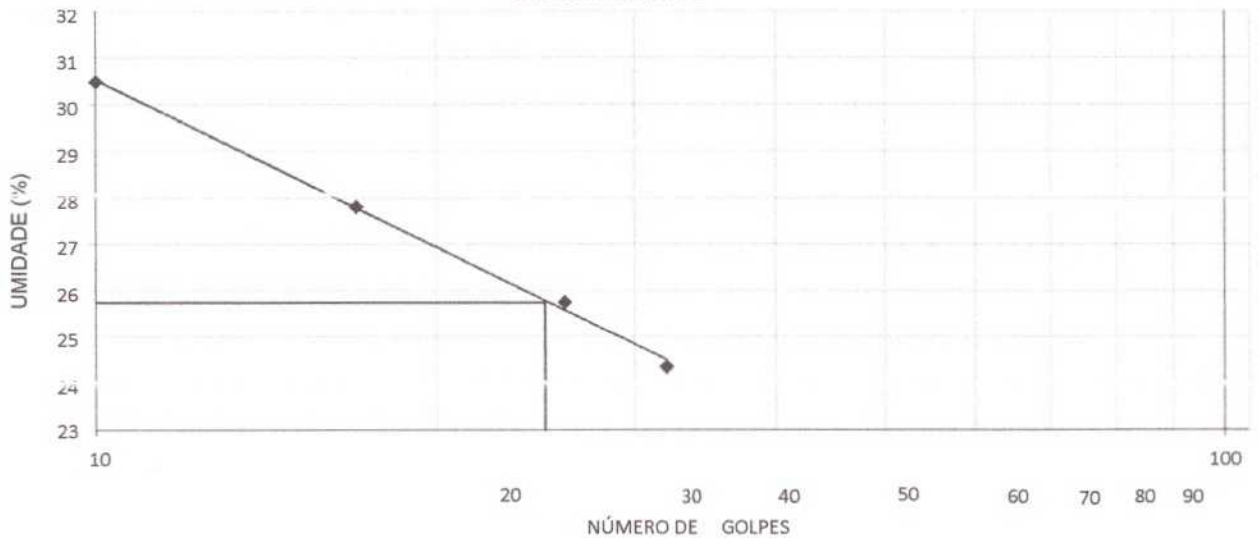
OBRA: BARRAGEM BARBADA

DATA: 28/06/2023

LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE			
No. DE GOLPES	10	17	26	32	xxx	xxx	xxx	xxx
No. CÁPSULA	62	48	61	9	51	62	48	20
SOLO+TARA+AGUA (g)	35,70	31,40	31,09	32,11	16,79	14,65	17,63	22,44
SOLO+TARA (g)	30,14	27,71	27,53	28,28	16,33	14,24	17,16	20,95
TARA (g)	11,89	14,43	13,69	12,53	13,72	11,90	14,45	12,25
ÁGUA (g)	5,56	3,69	3,56	3,83	0,46	0,41	0,47	1,49
SOLO (g)	18,25	13,28	13,84	15,75	2,61	2,34	2,71	8,70
UMIDADE (%)	30,47	27,79	25,72	24,32	17,62	17,52	17,34	17,13

LIMITE DE LIQUIDEZ (LL): 26 %  
 LIMITE DE PLASTICIDADE (LP): 17 %  
 ÍNDICE DE PLASTICIDADE (IP): 9 %

GRÁFICO DE LIQUIDEZ



PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
 Engenheiro Civil  
 CREA 7812-D

DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO



INTERESSADO:  
PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA

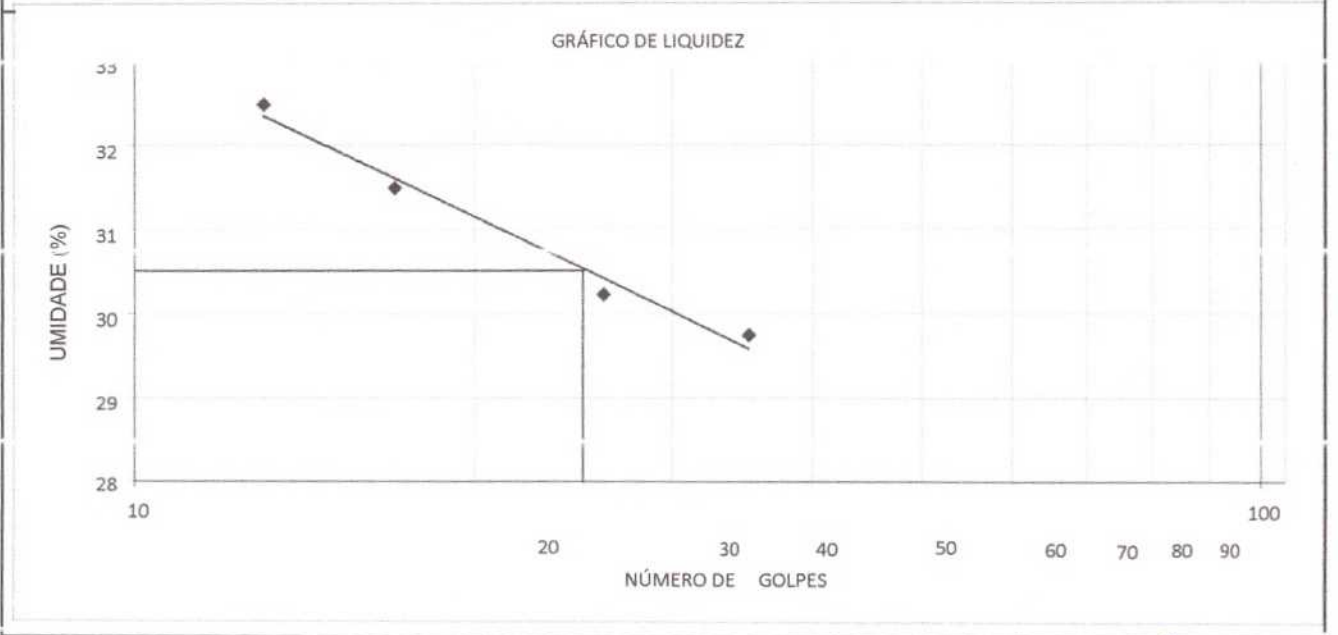
AMOSTRA:

OBRA: BARRAGEM BARBADA

DATA: 28/06/2023

LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
No. DE GOLPES	35	26	17	13	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
No. CÁPSULA	510	110	105	54	7	19	2	5	5
SOLO+TARA+AGUA (g)	15,00	17,32	15,93	16,45	7,97	7,81	7,83	7,87	7,87
SOLO+TARA (g)	12,90	14,73	13,72	14,02	7,74	7,58	7,62	7,64	7,64
TARA (g)	5,84	6,16	6,70	6,54	6,34	6,21	6,38	6,25	6,25
ÁGUA (g)	2,10	2,59	2,21	2,43	0,23	0,23	0,21	0,23	0,23
SOLO (g)	7,06	8,57	7,02	7,48	1,40	1,33	1,24	1,39	1,39
UMIDADE (%)	29,75	30,22	31,48	32,49	16,43	17,29	16,94	16,55	16,55

LIMITE DE LIQUIDEZ (LL): 31 %  
 LIMITE DE PLASTICIDADE (LP): 17 %  
 ÍNDICE DE PLASTICIDADE (IP): 14 %



PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
 Engenheiro Civil  
 CREA: 7812-D

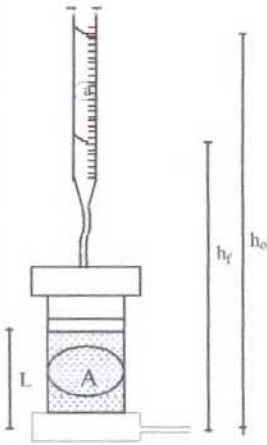
ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

INTERESSADO: PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA



OBRA: BARRAGEM BARBADA

28/06/2023



$\rho_s$ - PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO (g/cm <sup>3</sup> )	1,84
w - UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO (%)	14,7
M - MASSA ÚMIDA DO CORPO DE PROVA (g)	1600
L - ESPESSURA DO CORPO DE PROVA (cm)	4,3
A - ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROVA	180,44
$\rho_s$ - PESO ESPECÍFICO SECO DO CORPO DE PROVA (g/cm <sup>3</sup> )	1,807
G - GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)	98
a - ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DA BURETA (cm <sup>2</sup> )	5,62
CÁLCULO DA	
UMIDADE DE COMPACTAÇÃO DO CORPO DE PROVA	TARA
	P.B.H
	P.B.S.
	UMIDADE (%)
	11,43
	86,5
	77,20
	14,14

T - TEMPERATURA DO ENSAIO (°C)  
 Fc - FATOR DE CORREÇÃO (20°C)  
 h<sub>0</sub> - ALTURA INICIAL DO NÍVEL D'ÁGUA (cm)  
 h<sub>f</sub> - ALTURA FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA (cm)  
 t - TEMPO DECORRIDO DO ENSAIO (s)

SULTADO: K<sub>20</sub> = 2,3E-06 cm/s

LEITURA	TEMPERATURA (°C)	FATOR DE CORREÇÃO	h <sub>0</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	t (seg)	K <sub>20</sub> (cm/s)	LEITURA DA BURETA (cm <sup>3</sup> )	Δ h (cm)
01	28	0,811	146	140	1800	2,5E-06	6,0	6,0
02	28	0,811	146	141	1.800	2,1E-06	5,0	5,0
03	28	0,811	146	140	1.800	2,5E-06	6,0	6,0
04	28	0,811	146	141	1.800	2,1E-06	5,0	5,0

$$K_{20} = 2,3 \cdot \frac{aL}{At} \cdot \log \frac{h_0}{h_f} \cdot F_c$$

PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
 Engenheiro Civil  
 CREA: 7812-D

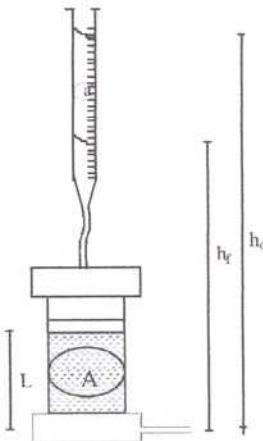
ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM CARGA VARIÁVEL

INTERESSADO: PREFEITURA MUNICIPAL DE IBICUITINGA



OBRA: BARRAGEM BARBADA

28/06/2023



$\rho_s$ - PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO (g/cm <sup>3</sup> )	1,86
w - UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO (%)	13,5
M - MASSA ÚMIDA DO CORPO DE PROVA (g)	1720
L - ESPESSURA DO CORPO DE PROVA (cm)	4,6
A - ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO CORPO DE PROV	180,44
$\rho_s$ - PESO ESPECÍFICO SECO DO CORPO DE PROVA (g/cm <sup>3</sup> )	1,835
G - GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)	99
a - ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DA BURETA (cm <sup>2</sup> )	5,62
CÁLCULO DA	
UMIDADE DE TARA	12,67
COMPACTAÇÃO P.B.H	77,44
O DO CORPO P.B.S.	70,07
DE PROVA UMIDADE (%)	12,94

- T - TEMPERATURA DO ENSAIO (°C)
- Fc - FATOR DE CORREÇÃO (20°C)
- h<sub>0</sub> - ALTURA INICIAL DO NÍVEL D'ÁGUA (cm)
- h<sub>f</sub> - ALTURA FINAL DO NÍVEL D'ÁGUA (cm)
- t - TEMPO DECORRIDO DO ENSAIO (s)

ULTADO: K<sub>20</sub> = 3,1E-06 cm/s


LEITURA	TEMPERATURA (°C)	FATOR DE CORREÇÃO	h <sub>0</sub> (cm)	h <sub>f</sub> (cm)	t (seg)	K <sub>20</sub> (cm/s)	LEITURA DA BURETA (cm <sup>3</sup> )	Δ h (cm)
01	28	0,811	146	144	600	2,9E-06	2,2	2,2
02	28	0,811	146	143	900	3,1E-06	3,5	3,5
03	28	0,811	146	139	1.800	3,1E-06	6,8	6,8
04	28	0,811	146	132	3.600	3,2E-06	14,0	14,0

$$K_{20} = 2,3 \cdot \frac{aL}{At} \cdot \log \frac{h_0}{h_f} \cdot F_c$$

PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D



**11. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESPECÍFICAS**

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D



## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESPECÍFICAS



### 11.1. OBJETIVO

O presente Memorial Descritivo e Especificações Técnicas têm por finalidade estabelecer os critérios que deverão ser obedecidos durante a execução dos serviços de obras de terra, com o intuito de que fique garantido o comportamento do maciço executado. Além de estabelecer critérios para o emprego dos materiais.

### 11.2. DISPOSIÇÕES GERAIS

Além do que preceituam as normas da ABNT e toda legislação pertinente em vigor, os trabalhos deverão seguir a orientação da FISCALIZAÇÃO, estas Especificações e o Projeto.

A mão-de-obra será de 1ª qualidade e os serviços serão executados dentro da melhor técnica possível. Todo trabalho executado, que for impugnado pela FISCALIZAÇÃO, será reconstruído sem ônus para o contratante.

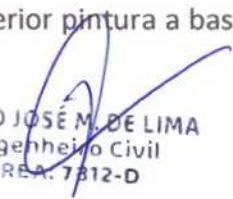
Todo acidente que ocorrer durante a execução dos serviços, (ocasional ou provocado) será de responsabilidade exclusiva do Contratado.

### 11.3. SERVIÇOS PRELIMINARES

#### 11.3.1. Placa da Obra

Na obra, em local visível, será obrigatória a colocação de uma placa conforme padrão da Prefeitura Municipal de Ibicuitinga nas dimensões (3,0 m x 4,0 m) contendo o nome e endereço da empresa contratada, e o nome completo e registro no CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da região sob a qual esteja jurisdicionada a obra, do responsável técnico pela empresa CONTRATADA. O local onde ela será instalada deverá ser definido junto à FISCALIZAÇÃO, a qual deverá aprova-la antes de sua instalação.

A placa a ser instalada será estruturada em madeira, com chapa de aço galvanizado na superfície externa, pintura com sulfato a pistola e posterior pintura a base de esmalte sintético para fundo e ietra.

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D



### 11.3.2. Marcação do Local de Construção

A locação da obra deve ser concluída antes do início da execução da obra com a finalidade de evitar limpezas de solo desnecessárias e a perda de estacas e de marcos de referência.

Caso as estacas do levantamento original sejam removidas do local, o eixo da barragem deverá ser restabelecido com estacas adicionais e em número substancial.

Durante a execução da obra, um topógrafo deverá fazer o acompanhamento para garantir a execução plena do projeto. Para a execução dos maciços serão aceitas apenas pequenas variações. Caso haja grandes variações, deverão ser com o intuito de suavizar os taludes.

No controle Geométrico do maciço só serão aceitas variações para maior e sempre no sentido de suavizar os taludes.

## 11.4. SERVIÇOS AUXILIARES

11.4.1 Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras.

Para a execução desse serviço toda a área onde vai ser construída a barragem deve ser desmatada, toda a madeira aproveitável deve ser recuperada e deverão ser retirados todos os galhos, troncos e tocos para fora da área, a fim de evitar que permaneça qualquer matéria orgânica no local da barragem.

Devido aos elevados custos para a realização do serviço com auxílio de um trator e considerando a importância desse serviço, pode ser considerada a utilização do trator de esteira ou mão-de-obra local.

Antes do início das operações de desmatamento é necessário observar os fatores condicionantes de manejo ambiental de modo que as operações de desmatamento não atinjam elementos de proteção ambiental.

A FISCALIZAÇÃO deve assinalar, as árvores que devem ser preservadas, e as toras que pretende reservar para posterior aproveitamento. As toras, destinadas para posterior aproveitamento, devem ser transportadas para locais indicados.

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7912-D



## 11.5 FUNDAÇÃO DA BARRAGEM

### 11.5.1 Escavação da Fundação da Barragem (Cut-Off)

A escavação das trincheiras das fundações deverá ser realizada nos locais indicados nas representações gráficas desse projeto, ou seja, até atingir o terreno impermeável de boa qualidade com resistência adequada às cargas impostas pela barragem tal como argila ou rocha sólida. Se for encontrada rocha e de boa qualidade, é necessário encher as fissuras com argila compactada, para que evitem a formação de canais de infiltração.

A escavação será realizada em taludamento para a zona não escavada. A inclinação dos taludes deverá ser de acordo com o terreno, evitando-se desmoronamentos. A execução de inclinações maiores que 1:1 dificultam a compactação com a utilização de rolos junto aos taludes.

A FISCALIZAÇÃO deverá determinar o local para que o material escavado seja transportado para o lançamento e espalhamento. Quando se permitir, esse material poderá ser utilizado na execução da jusante da barragem.

Durante as escavações as profundidades indicadas no projeto poderão ser ultrapassadas com a finalidade de encontrar o material com características adequadas à fundação da barragem ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

## 11.6 BARRAGEM

PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

### 11.6.1 Aterro da Trincheira De Vedação

A área de apoio para a base das trincheiras de vedação sobre os materiais rochosos deverá merecer cuidadosa limpeza a jato de ar e/ou água, quando serão removidos os elementos fraturados ou facilmente deslocáveis. Os pontos constantes de cavidades ou irregularidades que venham tornar difícil ou prejudicar uma boa compactação da primeira camada de terra deverão ser preenchidos por malho ou soquetes mecânicos.

Toda a área, antes de receber a primeira camada de terra, deverá ser encharcada, quando então se procederá a uma pintura de material argiloso.

Quando houver necessidade de algum desmonte de saliências, na área das trincheiras, estes deverão ser executados a frio, com escarificadores, cunhas hidráulicas, etc.

A região em que foi realizada a escavação manual deverá ser preenchida manualmente por meio de camadas fixas de, no máximo, 10 cm, e molhadas para uma compactação com malho.

Após a execução dos serviços manuais, espalha-se o material para executar a compactação do material da primeira camada. Essa camada e as seguintes deverão ser de, no



máximo, 20 cm de espessura e deverão estar com umidade ótima e serem compactadas até atingir o grau de compactação a 100% do proctor normal.

Em áreas de difícil acesso, regiões mais profundas, deverão ser empregadas a utilização de sapos mecânicos ou malhos de madeira, com ponta circular e com diâmetro máximo de 10 cm, com comprimento médio de 1,5 m.

Os serviços aceitos serão medidos em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), conforme estabelecido e explicitado na Planilha orçamentária.

#### 11.6.2 Compactação Mecânica a 100% PN - Construção do Maciço

Quando o aterro da trincheira de vedação estiver nivelado com as superfícies circunvizinhas, deve-se iniciar a execução do maciço.

O procedimento de transporte, descarga e espalhamento do material de empréstimo é similar ao adotado na execução do aterro de trincheira de vedação. O material deve ser transportado até o local dos serviços, preferencialmente, pelo montante.

A execução desse serviço deve obedecer aos critérios estabelecidos nas representações gráficas desse projeto.

Quando o maciço atinge a cota de soleira do sangradouro, deve-se subir o maciço somente até o local previsto para a ligação do sangradouro com o maciço. Procurando, assim, deixar a região que será construída o muro de proteção lateral livre.

O trator deverá aprofundar ao máximo a represa no pé da parede, constituindo, assim, a caixa ou porão. Sendo, assim, a última reserva de água para os peixes, para os animais e outros usos.

O lançamento do material para a constituição dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas, em toda a largura da seção transversal, e em extensões tais que permitam o adequado trabalho de compactação. Para o corpo dos aterros, a espessura de uma camada compactada não deverá ultrapassar 0,30 m e nas três últimas camadas não devem ultrapassar 0,20 m de espessura.

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA. 7812-D

Todas as camadas de aterro devem ser adequadamente compactadas, a umidade ótima  $\pm 2\%$ , até atingir o grau de compactação especificado.

Os aterros de trechos localizados, em áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, poderão ser compactados mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, sapos mecânicos, etc. A execução será em camadas, nas mesmas condições de massa específica aparente seca e de umidade descritas para o corpo dos aterros.

Durante a obra, os serviços já executados devem ser mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial, mesmo que através de sistema provisório.

Os serviços aceitos serão medidos em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), conforme estabelecido e explicitado na Planilha orçamentária.

### 11.6.3 Regularização de Taludes

O serviço consiste na raspagem do material excedente do aterro, não compactado, até atingir a zona compactada na seção projetada do maciço, com o intuito de preparar a superfície do talude para o lançamento das camadas de proteção do mesmo e, também, eliminar as imperfeições geométricas e estruturais na saia dos taludes a jusantes que não sofreram o escalonamento ou melhorias durante a execução do maciço à critério da FISCALIZAÇÃO.

Os taludes deverão ser regularizados com o máximo de perfeição possível e sob a aprovação da FISCALIZAÇÃO, de forma que fique garantida a sua estabilidade. Não serão admitidas, para esse serviço, imperfeições geométricas que produzam diminuição ou aumento da espessura de camada de proteção superior a 5 cm.

As superfícies dos taludes que receberão as camadas de proteção deverão ficar perfeitamente regularizadas e limpas, para que apresentem uma base firme para os revestimentos de proteção.

Esse serviço será medido em metro quadrado de área de talude regularizada, conforme estabelecido e explicitado na Planilha orçamentária.

## 11.7 SANGRADOURO

PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

### 11.7.1 Escavação Sangradouro Da Barragem

A escavação das trincheiras do sangradouro deverá ser realizada nos locais indicados nas representações gráficas desse projeto até atingir o terreno impermeável de boa qualidade com resistência adequada às cargas impostas pela barragem tal como argila ou rocha sólida. Se for



encontrada rocha e de boa qualidade, é necessário encher as fissuras com argila compactada, para que evitem a formação de canais de infiltração.

A escavação será realizada em taludamento para a zona não escavada. A inclinação dos taludes deverá ser de acordo com o terreno, evitando-se desmoronamentos. A execução de inclinações maiores que 1:1 dificultam a compactação com a utilização de rolos junto aos taludes.

A FISCALIZAÇÃO deverá determinar o local para que o material escavado seja transportado para o lançamento e espalhamento. Quando esta o permitir, esse material poderá ser utilizado na execução da jusante da barragem.

Durante as escavações as profundidades indicadas no projeto poderão ser ultrapassadas com a finalidade de encontrar o material com características adequadas ao sangradouro da barragem.

## 11.8 MURO DE PROTEÇÃO E VERTEDOURO

PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

### 11.8.1 Locação e Nivelamento

A partir da finalização dos serviços previstos de desmatamento e limpeza será executada a relocação dos eixos do sangradouro e muro, assim como o nivelamento e marcações dos offsets. Durante a execução da obra, um topógrafo deverá fazer o acompanhamento para garantir a execução plena do projeto geométrico.

Só serão aceitas pela FISCALIZAÇÃO estruturas em que sejam executadas com variações inferiores, para mais ou para menos, de 2 cm na cota de soleira e de 5 cm nas demais cotas.

### 11.8.2 Corte do Canal

A partir da execução dos serviços de limpeza e relocação, será realizado o corte do canal o vertedouro, até atingir a cota da soleira prevista em projeto. No corte construído um taludamento adequado de forma a garantir a estabilidade do terreno e segurança das operações.

O local de bota-fora do material será determinado pela FISCALIZAÇÃO. Recomenda-se que ele seja depositado no lado de jusante entre o vertedouro e a barragem com o intuito de proteger a mesma.

### 11.8.3 Escavação das Fundações dos Muros

As escavações das fundações deverão ser realizadas nos locais indicados nas representações gráficas desse projeto até atingir o terreno impermeável de boa qualidade com resistência adequada às cargas impostas pela barragem tal como argila ou rocha sólida. Se for encontrada rocha e de boa qualidade, é necessário encher as fissuras com argila compactada,



para que evitem a formação de canais de infiltração.

Com a conclusão das escavações, será realizado o preparo que contará com a remoção de blocos, lascas de pedras e preenchimento das fendas com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em uma profundidade igual ou superior ao dobro da largura da fenda.

A escavação será realizada em taludamento para a zona não escavada. A inclinação dos taludes deverá ser de acordo com o terreno, evitando-se desmoronamentos. A execução de inclinações maiores que 1:1 dificultam a compactação com a utilização de rolos junto aos taludes.

Com a conclusão das escavações, o fundo das valas deverá ser compactado utilizando soquetes de 30 a 50 kg e regularizado com a aplicação de um concreto magro com 5 cm de espessura e largura de 10 cm maior que a base do muro.

#### 11.8.4 Alvenaria de Pedra

As pedras utilizadas na alvenaria de pedra argamassada devem ser de boa qualidade, não se admitindo o uso de material em estado de decomposição ou proveniente de capa de pedreira. Devem ter volume compreendido entre 0,015 m<sup>3</sup> e terão a forma aproximada de um paralelepípedo com 20 cm de dimensão mínima (espessura), tendo as outras dimensões, respectivamente, três vezes e uma vez e meia essa dimensão mínima. Deve haver, no mínimo, 50% de blocos de volume mínimo igual a 0,036 m<sup>3</sup>.

Essas pedras serão colocadas lado a lado em camadas horizontais e umedecidas em toda a largura e comprimento do muro, lançando-se, em seguida, a argamassa sobre a superfície das mesmas, de modo a possibilitar a aderência com a camada subsequente. Os vazios entre as pedras deverão ser preenchidos com pedras de menor diâmetro, sempre que possível, proporcionando, assim, uma melhor coesão e uma maior estabilidade da estrutura.

Com o intuito de evitar rachaduras induzidas pelas retrações do muro, pelas variações de temperatura ou pelas pequenas acomodações do terreno de fundação, recomenda-se colocar juntas verticais ao longo da extensão do mesmo a cada 6 m, ou 8 m ou conforme indicado pela FISCALIZAÇÃO.

A argamassa usada será de cimento e areia no traço 1:3 sendo o cimento medido em peso e areia em volume, em padiolas previamente aceitas pela fiscalização. Seu preparo deverá ser mecânico.

A areia utilizada deverá ser quartzosa de diâmetro máximo 4,8 mm isenta de substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica, etc.

O cimento utilizado será do tipo PORTLAND comum, de fabricação recente, de preferência

nacional, só aceito na obra quando fornecido sob embalagem e rotulagem típicas da fábrica de origem, intactos, e deverá satisfazer a EB-1. Ele deverá ser armazenado em condições satisfatórias de proteção contra a ação de intempéries, da umidade do solo e de outros agentes nocivos às qualidades de acordo com o que estabelece o artigo 76 da NB-1.



## **11.9 PROTEÇÃO DO COROAMENTO**

No coroamento ou crista da barragem será executado um meio-fio de concreto para direcionar as águas e combater as erosões pluviais. A última camada a ser compactada do maciço de terra será realizada de tal forma que a superfície do coroamento apresente as declividades de +1% e -1% a partir do eixo com a finalidade de facilitar o escoamento das águas pluviais.

Objetivando uma maior resistência do topo do maciço ao tráfego de veículos, foi especificado que as três últimas camadas de aterro deverão ser jogadas com, no máximo, 20 cm de espessura e compactadas a uma energia de 100% do proctor normal. Assegurando, assim, a resistência do material à trafegabilidade de veículos leves que estará sujeita a barragem.

### **11.9.1 Meio-Fio Moldado In Loco**

O concreto para execução dos meios-fios moldados in loco de concreto seguirá o que foi previsto no item 12.10.2 deste capítulo de especificações técnicas.

Não se admitirá saliências ou depressões de mais de 1 cm. As peças do meio-fio de concreto moldado in loco com dimensões conforme detalhe em projeto. Os meios fios serão assentes em cavas previamente compactadas, e deverão ter suas arestas rigorosamente alinhadas como estabelecido em projeto. As juntas entre as peças deverão ser de, no máximo, 1,5 cm e será executado com argamassa de cimento e areia, traço 1:4.

Após liberação, por parte da FISCALIZAÇÃO, do alinhamento e cotas do meio-fio assentado, será o rejuntamento das peças. O material escavado deverá ser repostado e compactado logo que fique concluído o assentamento das peças.

Os serviços referentes à execução do meio fio de concreto moldado in loco serão medidos em metros linear, conforme previsto na planilha orçamentária.

## **11.10 PROTEÇÃO AMBIENTAL**

O impacto físico ao meio ambiente causado na execução de uma obra de construção de açude envolve três áreas específicas: o sangradouro, o maciço terroso e os locais de onde são

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA 7812-D



retirados os materiais.

A construção do maciço terroso desenvolve-se obedecendo a projetos e especificações, nos quais se adotam medidas de proteção à obra acabada, tais como: drenagem e proteção vegetal, de modo que haja integração entre a obra e o meio ambiente o mais rápido possível.

Nos locais de retirada de materiais, bota-fora e caminhos de serviço adota-se as mesmas providências.

#### 11.10.1 Remoção e Espalhamento da Camada Vegetal

Os serviços devem ser executados mediante a utilização de equipamentos adequados. O equipamento será função da densidade e tipo de vegetação local e dos prazos exigidos à execução da obra.

Recomenda-se que a remoção da camada vegetal seja realizada com trator de esteiras, de porte/desempenho similar ou superior ao D-6 e motoniveladoras. A escolha entre os equipamentos deve ser função também da situação de avanço ou atraso da obra em relação ao seu cronograma físico.

Com o objetivo de eliminar a matéria orgânica presente nas áreas que servirão de empréstimo de material para a construção do maciço e onde será o local da barragem, o trator deverá raspar os primeiros 10 cm de solo e empurrando este material, que contém restos de raízes e matérias orgânicas não decompostas, para fora da área de construção.

A execução desse serviço será realizada até uma faixa adicional de 5 metros em volta de toda a região prevista para serem executados os serviços. Essa terra vegetal poderá ser reaproveitada na cobertura e acabamento da barragem. Não será permitida a permanência de entulhos nas adjacências dos locais das obras.

O expurgo proveniente da remoção da camada vegetal será depositado em uma região das áreas degradadas (ou seja, as jazidas de solo) pela remoção de solo de empréstimo para a execução do maciço da barragem de terra.

#### 11.11 BIBLIOGRAFIA


Para elaboração deste trabalho adotamos como fonte de consulta, os seguintes livros:

- Design of Small Dams – Bureau of Reclamation;
- Barragens de Terra – DNOCS;

  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 7812-D

- Mecânica dos Solos – Homero Pinto Caputo;
- Curso de Barragens de Terra – L. Hernani de carvalho;
- Roteiro para Projetos de Pequenos Açudes – DNOCS;
- Manual do pequeno Açude – François Molle e Eric Cadier;
- Dimensionamento de Reservatórios – Nilson Campos.



  
PAULO JOSÉ M. DE LIMA  
Engenheiro Civil  
CREA: 1812-D