

GOVERNO DO ESTADO DO CEARA
SECRETARIA DOS RECUSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DE AMPLIAÇÃO DO AÇUDE ITAPEBUSSU, EM MARANGUAPE-CE.
VOLUME IV – RELATÓRIO GERAL, QUANTITATIVOS, ORÇAMENTO, NOTAS DE SERVIÇO E
DESENHOS

Fortaleza, Outubro de 2015.

R-02

Sumário

Apresentação	6
1 Introdução	8
2 Ficha técnica	10
2.1 Características Gerais.....	10
2.2 Maciço	10
2.3 Sangradouro.....	11
2.4 Orçamento.....	11
3 Localização e Acesso	13
4 Síntese dos Estudos Básicos	16
4.1 Estudos Topográficos	16
4.1.1 Transporte de cotas.....	16
4.1.2 Locação de pontos GPS e materialização de Marcos.....	16
4.1.3 Levantamento planialtimétrico.....	17
4.2 Estudos Hidrológicos	17
4.2.1 Generalidades	17
4.2.2 Cota x Área x Volume.....	18
4.3 Estudos Geotécnicos realizados para o projeto de ampliação da Barragem	19
5 Descrição da Seção Existente	23
6 Concepção do projeto de ampliação	27
6.1 Descrição da Seção Proposta	27
6.2 Análise de Estabilidade dos Taludes	29
6.2.1 Apresentação dos Resultados	29
6.3 Definição do Vertedouro	29
6.4 Tomada d'água.....	30
6.5 Dispositivos de controle	30
7 Memorial de Cálculo	32
7.1 Sangradouro.....	32
7.1.1 Dados do projeto	32
7.1.2 Verificação da lâmina máxima adotada	32
7.2 Maciço	32
7.2.1 Cálculo da folga da barragem – F	32
7.2.2 Cálculo da Revanche	33
7.2.3 Cálculo da cota coroamento – Cc.....	33
7.2.4 Altura total do barramento - H_B	33
7.2.5 Largura do coroamento da barragem – B.....	33
7.2.6 Determinação da declividade dos taludes	34
7.2.7 Proteção dos taludes.....	34

7.2.8	Proteção do Coroamento	34
7.2.9	Drenagem interna da barragem	34
7.3	Tomada d'água	34
8	Quadros de Cubação	36
8.1	Terra para ampliação do maciço	36
8.2	Rocha para ampliação do Rip-Rap.....	37
8.3	Volume de material de transição para ampliação do Rip-Rap	38
8.4	Volume de rocha para ampliação do Rock-Fill.....	39
8.5	Volume de brita para ampliação do Rock-Fill.....	40
8.6	Volume de areia para transição do Rock-Fill.....	41
8.7	Volume de brita para proteção do talude de jusante.....	42
8.8	Área de acabamento do talude de jusante	43
9	Memorial de Cálculo dos Quantitativos	45
10	Planilha orçamentária	47
10.1	Cronograma	48
10.2	Composições de Custos	49
10.3	Composição do BDI e Encargos Sociais.....	50
12	Anexos	54
12.1	Notas de Serviço.....	54
12.2	Relatório de coordenadas do estaqueamento.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Precisão do processamento do marco M01	16
Tabela 2 - Precisão do processamento do marco M02	17
Tabela 3 – Quadro resumo dos marcos de apoio geodésico	17
Tabela 4 - Resumo da climatologia.....	17
Tabela 5 – Cota x Área x Volume	18
Tabela 6 – Resumo dos resultados dos ensaios realizados nos materiais de jazida e do maciço. ...	20
Tabela 7 – Resumo dos resultados obtidos nas sondagens à percussão e mistas realizadas.....	21
Tabela 8 – Dados de projeto do vertedouro da Barragem de Itapebussu	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Seção Tipo – estaca 7 + 0,00 (Seção máxima)	23
Figura 2 – Rock-fill com inclinação 2,0(H):1,0(V)	24
Figura 3 - Rock-fill com inclinação 2,0(H):1,0(V)	24
Figura 4 – Vista do cordão de fixação do vertedouro (cota 116,35m)	25
Figura 5 - Seção Tipo – estaca 07 + 0,00 (Seção máxima), com alteamento do maciço.....	28

A P R E S E N T A Ç Ã O

.....

Apresentação

A CONSTRUTEC ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, atendendo às atribuições do Contrato firmado com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, em conformidade com o Processo Licitatório – Tomada de Preço N.º 18/SRH/CE/2014, apresenta o Projeto Executivo de Ampliação da Barragem Itapebussu, no município de Maranguape, no Estado do Ceará.

O presente documento consta do Volume IV - Relatório Geral, Quantitativos e Notas de Serviço.

O referido projeto será apresentado através dos relatórios, divididos em volumes, abaixo relacionados.

PROJETO EXECUTIVO DE AMPLIAÇÃO DA BARRAGEM ITAPEBUSSU

- Volume I – Levantamentos topográficos e diagnóstico da situação atual;
- Volume II – Estudos Hidrológicos
- Volume III – Estudos Geotécnicos
- Volume IV – Relatório Geral, Quantitativos, Orçamento, Notas de Serviço e Desenhos
- Volume V – Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA)
- Volume VI – Especificações Técnicas

INTRODUÇÃO

.....

1 Introdução

O presente relatório refere-se ao projeto executivo de ampliação da barragem Itapebussu, desenvolvido pela empresa Construtec Engenharia e Consultoria LTDA em decorrência de contrato firmado junto a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH).

A barragem Itapebussu foi projetada em 1998 pela empresa ANB – Águas do Nordeste do Brasil, o projeto executivo da barragem Itapebussu, também por meio de contrato firmado com a SRH. O corpo hídrico barrado é o Rio São Gonçalo, localizado no distrito de Itapebussu, município de Maranguape.

O volume de armazenamento projetado foi de $9,00 \times 10^6 \text{ m}^3$, cujo objetivo era abastecimento da sede dos distritos de Itapebussu e Lagoa do Juvenal e irrigação do vale a jusante.

De acordo com a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH, órgão responsável pela operação e manutenção do reservatório, após batimetria realizada no local, emitiu um relatório técnico informando que: “o projeto executivo previa uma capacidade de armazenamento de $9,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ na cota de sangria 115,50m, mas a batimetria realizada pela COGERH em agosto de 2010 comprovou que a barragem armazena em sua cota de sangria um volume de $6,30 \times 10^6 \text{ m}^3$.”

Diante da dúvida gerada e ainda pelas constantes reivindicações da população, foi elaborado o projeto executivo de ampliação do açude Itapebussu.

Por se tratar de uma ampliação, todas as intervenções aqui propostas deverão seguir as especificações técnicas previstas no projeto original, desenvolvido pela empresa ANB. Para melhor entendimento da obra em questão, serão apresentadas as características técnicas mais relevantes do açude projetado, assim como as alterações propostas.

Aspectos básicos das obras projetadas em 1998:

- Maciço misto, formado de terra e enrocamento proveniente da escavação do sangradouro, com filtro vertical e horizontal, com trincheira da vedação sobre o substrato rochoso no trecho entre as estacas 04 e 25;
- Sangradouro localizado na ombreira esquerda sobre rocha magmática do tipo granitoide, com 90,00 metros de largura, com canal escavado na cota 115,50m, soleira espessa com um cordão de fixação;
- Tomada d'água localizada na ombreira direita, estaca 04, sendo construída de uma caixa de entrada, galeria com tubulação com diâmetro de 400mm e uma bacia de dissipação contendo um registro e uma válvula borboleta para controle de vazão.

Aspectos básicos das obras de ampliação em 2015:

- Ampliação da barragem no maciço de jusante, formado de terra, com ampliação de rock-fill.
- O sangradouro proposto continua na ombreira esquerda com 90,00 metros de largura, sendo apresentado o dimensionamento convencional em perfil Creager e uma segunda opção (em anexo) com sistema “Fusegate®”.
- Tomada d'água mantida conforme projeto original, sendo necessário demolição e reconstrução de caixa de jusante devido à ampliação do maciço. A extensão da tomada d'água deverá ser aumentada em 6,00m.



FICHA TÉCNICA

.....

2 Ficha técnica

2.1 Características Gerais

Açude Itapebussu	Projeto original (1998)	Projeto de Ampliação (2015)
Localização	Distrito de Itapebussu	
Sistema	Bacia Metropolitana – Sub Bacia do Rio São Gonçalo	
Rio Barrado	São Gonçalo	
Área da Bacia Hidráulica	239,70 Ha (Cota 115,50)	279,94 Ha (Cota 117,50)
Área da Bacia Hidrográfica	76,34Km ²	75,70Km ²
Vazão regularizada (f=90%)	0,100m ³ /s	0,126m ³ /s
Acumulação máxima	9,00x10 ⁶ m ³ (Cota 115,50)	11,16x10 ⁶ m ³ (Cota 117,50)

2.2 Maciço

Açude Itapebussu	Projeto original (1998)	Projeto de Ampliação (2015)
Tipo	Misto (argila e material proveniente da escavação do sangradouro, enrocamento)	Argila
Cota do coroamento	118,00m	120,00m
Altura máxima acima da fundação	13,40m	15,40m
Largura do coroamento	6,00m	6,00m
Extensão do coroamento	528,00m	506,96m
Taludes		
Montante	2,5(H):1(V)	2,5(H):1(V)
Jusante	2,0(H):1(V) do coroamento até a cota 107,00, onde existe uma berma de 2,00m. A partir desta até o TN o talude é 1,50(H):1(V)	2,0(H):1(V)
Volumes		
Terra	85.652,00m ³	29.289,88m ³
Enrocamento	64.583,00m ³	7.149,47m ³
Areia	9.713,00m ³	297,23m ³
Total:	159.948,00m ³	36.736,58m ³
Escavação	26.446,90m ³	

2.3 Sangradouro

Açude Itapebussu	Projeto original (1998)	Projeto de Ampliação (2015)
Tipo	Canal escavado em rocha (soleira espessa)	Creager
Cota da soleira	115,50m	117,50m
Largura do sangradouro	90,00m	90,00m
Lâmina de sangria máxima	1,26m (TR 1000 anos)	1,09m (TR 1000 anos)
Cota máxima vertente (TR 1.000 anos)	116,80m	118,59m
Volume de escavação	70.837,80m ³	---
Vazão máxima de projeto amortecida	161,70m ³ /s (TR 1000 anos)	220,90m ³ /s (TR 1000 anos)

2.4 Orçamento

Açude Itapebussu	Projeto original (1998)	Projeto de Ampliação (2015)
Data Base:		Janeiro/2016
Fonte de preços:		Sinapi Dez/2015; Sicro Julho/2015 e Seinfra 23.1 (Todas desoneradas)
BDI:		
Material:		30,43%
Serviço:		16,32%
Valor:		R\$ 2.663.488,18

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

.....

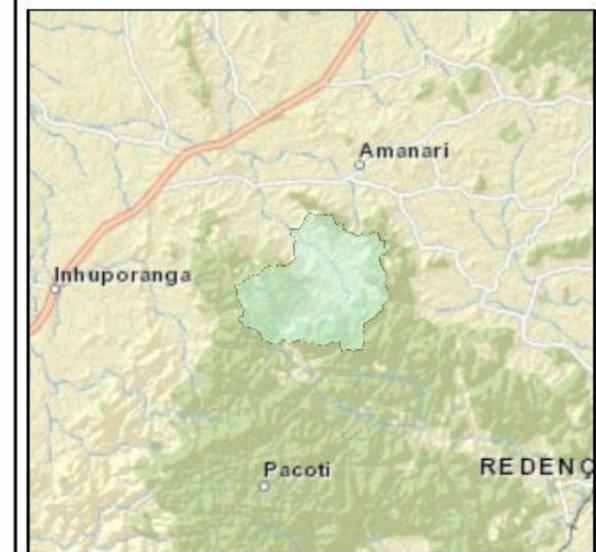
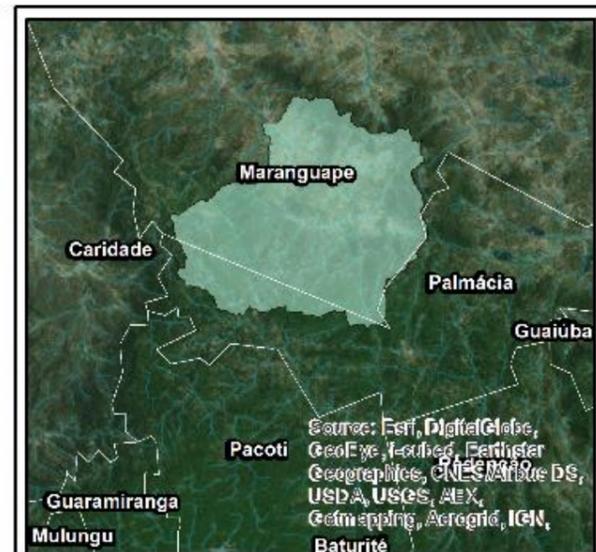
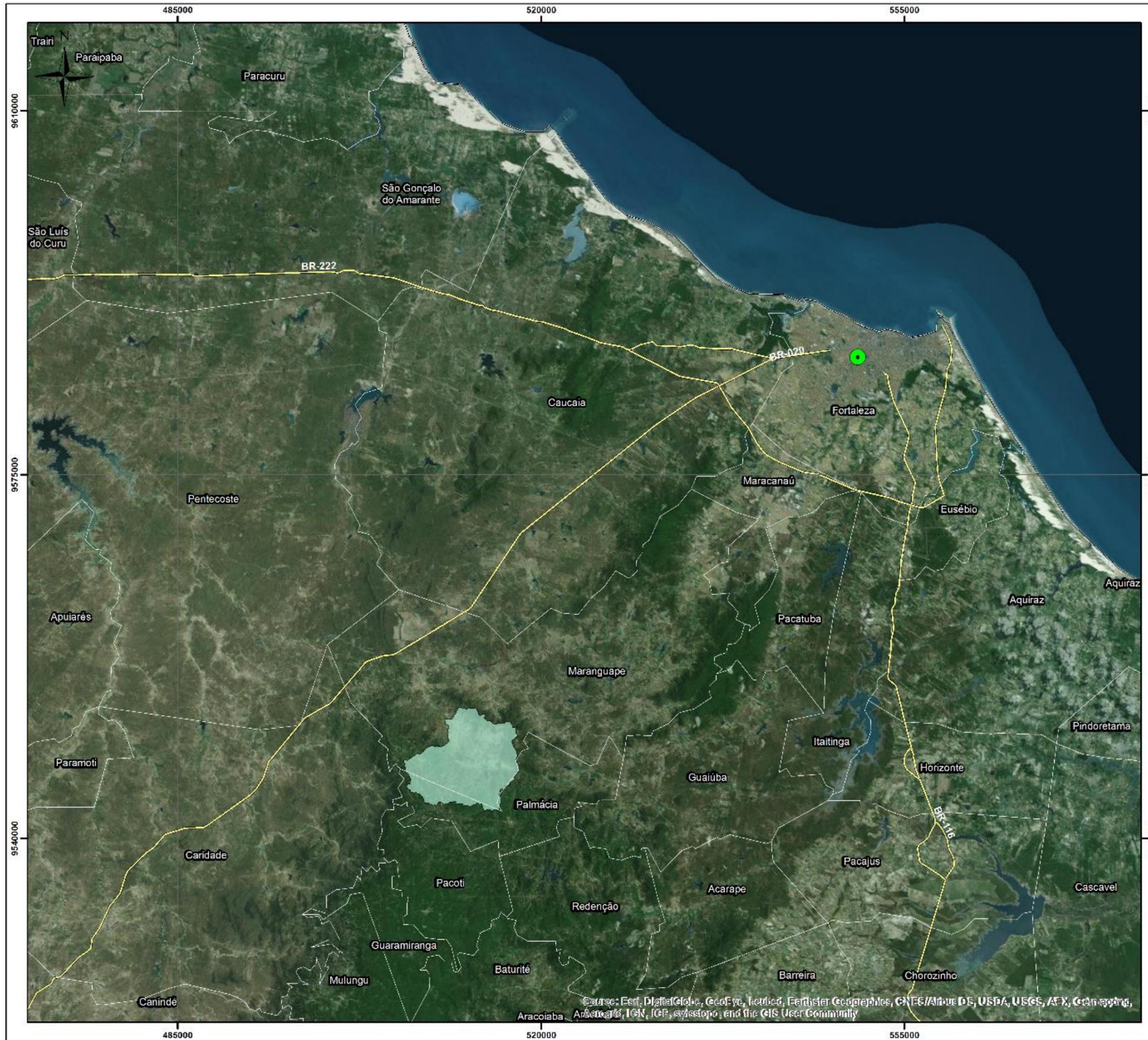
3 Localização e Acesso

O açude Itapebussu está localizado a sudoeste da sede do município de Maranguape, mais precisamente no distrito de mesmo nome. O acesso ao açude pode ser realizado tanto pela BR-020 como pela sede do município de Maranguape, através da CE-455.

Seguindo-se pela BR-020, percorre-se 60,40Km até o trevo que dá acesso ao município de Maranguape. A partir deste ponto segue-se por mais 8,40Km na direção leste pela CE-354 até a sede do distrito.

Seguindo-se pela CE-065, pega-se a CE-455 a 8,00Km depois da cidade de Maranguape. A partir desta estrada segue-se na direção da CE-354 por mais 20,00Km até Itapebussu.

O acesso ao eixo do barramento, partindo-se de Itapebussu é feito por uma estrada vicinal carroçável que liga este distrito ao município de Palmácia.



Legenda

-  Fortaleza
-  Rodovias Federais
-  Bacia de Contribuição

CONSTRUTEC
Serviços Técnicos de Engenharia

Projeção UTM/Datum Sirgas 2000 Fuso 24s

0 2.500 5.000 10.000 15.000 metros

1:350.000

S Í N T E S E D O S E S T U D O S B Á S I C O S

.....

4 Síntese dos Estudos Básicos

A definição dos parâmetros técnicos e geométricos da obra de ampliação do açude Itapebussu foram definidos após a análise das informações coletadas fornecidas a partir dos estudos topográficos, hidrológicos e geotécnicos realizados.

Para a obra de ampliação do açude Itapebussu deu-se atenção especial às condições físicas atuais do barramento, o que foi possível através inspeções de campo realizadas da equipe de projeto assim como pela determinação das características dos materiais utilizados na construção, por meio de investigações geotécnicas e ensaios laboratoriais.

4.1 Estudos Topográficos

Os estudos topográficos realizados no local de ampliação da barragem contemplaram transporte de cota RN até a barragem, obtenção de pontos de GPS com receptores de dupla frequência para transporte de coordenadas e implantação de marcos de concreto, locação e nivelamento do eixo do barramento, do sangradouro e seções transversais, e ainda locação e nivelamento de seções ao longo da poligonal de contorno para caracterização da nova área a ser inundada.

Todos os levantamentos tiveram como suas origens em marcos topográficos do IBGE e de duas estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS).

4.1.1 Transporte de cotas

O ponto de partida para o transporte de cotas foi a estação de referência de nível 1681E do IBGE localizada próximo ao distrito de Itapebussu, partiu-se com cota de 150,328m. A partir deste ponto foi realizado o nivelamento e contranivelamento geométrico em um trecho de 9,00Km até o marco M01 e M02, localizados na ombreira direita da barragem, com cotas 123,815m e 124,064, respectivamente.

A partir dos marcos M01 e M02, transferiu-se as cotas dos demais levantamentos realizados.

4.1.2 Locação de pontos GPS e materialização de Marcos

Para transferência das coordenadas para o marco de apoio básico utilizamos equipamento Receptor GNSS (Global Navigation Satellite System), tipo geodésico de dupla frequência (L1/L2), com tempo de rastreio 4 horas e 22 min para o M01 e 4 Horas e 15 Minutos para M02. Após descarregarmos os dados obtidos do rastreio estes foram ajustados através da triangulação clássica com dados obtidos de duas estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS) a saber: CEEU e BRFT, cujos os relatórios encontram-se em anexo. Triangulando os dados de campo com os dados da RBMC O processamento desses dados para amarração ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) foi realizado através do Software Topcon Tools Ver. 7.5.1, com relatório de processamento apresentado em anexo ao Volume I – Levantamento Topográfico.

As qualidades obtidas para as observações após processamento e ajuste de rede foram para Ponto M01 e M02:

Tabela 1 – Precisão do processamento do marco M01

PRECISÃO						
NOME	dN(m)	dE(m)	dZ(m)	North RMS(m)	East EMS(m)	Vert RMS(m)

BRFT-M01	19,807,888	52,846,351	93,061	0,011	0.018	0,031
CEEU-M01	19,796,671	52,845,937	92,933	0,012	0,014	0,030

Tabela 2 - Precisão do processamento do marco M02

PRECISÃO						
NOME	dN(m)	dE(m)	dZ(m)	North RMS(m)	East RMS(m)	Vert RMS(m)
BRFT-M2	19,770,453	52,802,796	93,369	0,013	0,011	0.032
CEEU-M2	19,759,231	52,802,398	93,305	0,013	0,013	0,032

Tabela 3 – Quadro resumo dos marcos de apoio geodésico

QUADRO RESUMO DOS MARCOS DE APOIO			
NOME	Este(m)	Norte(m)	Elevação(m)
M01	510.932,709	9.551.589,492	123,815
M02	510.976,206	9.551.626,928	124,064

4.1.3 Levantamento planialtimétrico

Com a implantação das referências planialtimétricas (M01 e M02) foi executado o trabalho de levantamento em campo com equipamento tipo GPS Geodésico RTK sendo coletados os pontos notáveis do terreno, edificações, cercas e demais pontos que julgamos necessários a boa caracterização da área do reservatório. Foi realizado locação e nivelamento de seções do barramento, sangradouro e ao longo da poligonal de contorno, perfazendo uma extensão linear total levantada de 35,36Km.

4.2 Estudos Hidrológicos

4.2.1 Generalidades

O estudo hidrológico tem como objetivo conhecer os fenômenos hidroclimatológicos que condicionam o comportamento da bacia hidrográfica do Açude Itapebussu. Por conseguinte, fornece elementos essenciais para o redimensionamento da capacidade das estruturas hidráulicas de emergência (vertedouro) e de controle (tomada d'água) para a nova situação projetada.

Os estudos fluviometria e demais aspectos hidrológicos do Rio São Gonçalo foram laborados a partir dos dados selecionados em seis postos pluviométricos próximos à área em estudo.

A tabela a seguir apresenta o resumo da climatologia e balanço hídrico de região.

Tabela 4 - Resumo da climatologia

Pluviometria média anual (Bacia hidrográfica do Açude Itapebussu)	1205,8 mm
Evaporação potencial de referência	1750.8 mm

(Penman-Monteith, FAO ET0, albedo 0.25)	
Evaporação livre análoga ao tanque classe A (Pennman, modelo clássico, albedo 0.05)	2435.8 mm
Insolação média anual	2694,3 h
Umidade relativa média anual	78,8 %
Temperatura média anual (média das máximas)	30.1 °C
Temperatura média anual (média das medias)	26,5 °C
Temperatura média anual (média das mínimas)	23,6 °C

4.2.2 Cota x Área x Volume

A curva cota-área-volume baseia-se em um conjunto de evidências obtidas durante a execução deste projeto:

- 1) Batimetrias realizadas pela COGERH em dezembro de 2010;
- 2) Topografia executada pela CONSTRUTEC entre os meses de janeiro e maio de 2015;

Foram mantidos os valores das áreas levantadas pela COGERH até a cota 112,5 (Área = 814771.5 m²).

A partir do levantamento topográfico e transporte de cotas da CONSTRUTEC, constatou-se que a cota correspondente à soleira do cordão de fixação de concreto original do sangradouro refere-se à cota 115,85 e não 115,50. A área correspondente à cota de sangria foi obtida a partir das informações do levantamento batimétrico e verificado por digitalização de imagens de satélite em datas em que o açude estava sangrando.

Foi verificada a construção de um muro exatamente na seção transversal do sangradouro, não previsto no projeto original, que elevou a cota de sangria para 116,35 m. Dos trabalhos de campo realizados pela CONSTRUTEC e posterior análise dos pontos coletados, foram confrontadas as informações da batimetria da COGERH com as do projeto original.

A CONSTRUTEC, no seu levantamento planialtimétrico atual, obteve o contorno das curvas de nível 116.0, 117.0, 118.0 e 119.0m. Assim, restou estimar as áreas entre as cotas 112,0 e 116,0; ou seja, cotas 113.0, 114.0 e 115.0m. Estes valores foram calculados a partir de uma nova função $A = f(h) \rightarrow A = 19042 h^2 - 31861h$, baseando-se unicamente nas informações citadas acima.

Tabela 5 – Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)
104.62	0	0
105.00	157	20
105.50	499	184
106.00	2408	911
106.50	10294	4086
107.00	32116	14689

107.50	75342	41553
108.00	146440	96999
108.50	210074	186127
109.00	280358	308735
109.50	354512	467453
110.00	458475	670700
110.50	544980	921563
111.00	628732	1214991
111.50	702078	1547694
112.00	763093	1913986
112.50	814772	2308452
113.00	1070218	2779700
114.00	1376543	4003080
115.00	1720952	5551827
115.85	1952444	7113020
116.00	2124614	7466995
117.00	2612814	9835709
118.00	3090977	12687605
119.00	3614500	16040344

4.3 Estudos Geotécnicos realizados para o projeto de ampliação da Barragem

Para concepção do projeto de ampliação da Barragem de Itapebussu, foram realizados estudos geotécnicos que consistiram na realização de ensaios de laboratório em amostras de solo deformadas e indeformadas coletadas no maciço da barragem (nas seções correspondentes às Estacas 07 + 0,0 e 17 + 0,00), e em duas das jazidas contempladas no projeto executivo original (JS 03 e JS 04); na realização de sondagens à percussão do tipo SPT no maciço do barramento (no talude de jusante); e sondagens mistas (percussão + rotativas) realizadas no solo de aluvião a jusante da barragem.

Os ensaios de laboratório realizados em amostras indeformadas coletadas no maciço do barramento, no filtro, e em amostras deformadas coletadas nas jazidas foram:

- Ensaios de caracterização geotécnica (granulometria com sedimentação, LL, LP);
- Ensaios de compactação;
- Ensaios de permeabilidade;
- Ensaios de compressão triaxial do tipo CU (adensado e não-drenado).

Além desses ensaios, foram realizados ensaios de permeabilidade in situ nos furos de sondagem SPT e mista.

Esses ensaios visam confirmar os resultados dos estudos geotécnicos apresentados no projeto executivo, principalmente para as amostras das jazidas, além da determinação de novos parâmetros geotécnicos não determinados anteriormente, como por exemplo, os parâmetros de resistência ao cisalhamento do material do maciço do barramento. Além disto, os estudos geotécnicos realizados visaram obter informações e parâmetros que caracterizem completamente a estrutura do barramento existente, e o maciço de fundação, tendo em vista o dimensionamento e análises de fluxo e estabilidade de taludes da barragem a serem realizadas.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios laboratoriais realizados com solo do maciço da barragem e das jazidas. Esses ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da Universidade Federal do Ceará. A metodologia dos ensaios, assim como as planilhas de cálculo e os resultados encontram-se no Volume III – Estudos Geotécnicos.

Tabela 6 – Resumo dos resultados dos ensaios realizados nos materiais de jazida e do maciço.

Características Gerais			Materiais						
Ensaio			Porcentagem que passa						
Granulometria	#	mm	Jazidas			SOLO/ E7 + 0,0	E17 + 0,0	FILTRO/ E7 + 0,0	FILTRO/ E17 + 0,0
			JS03 Amostra A	JS03 Amostra B	JS04				
			Localização						
			509164; 9553055	509244; 9553175	505170 ; 955426 6				
	1"	25,4	100	100	96	100	100	100	100
	3/4"	19,1	100	98	95	100	99	100	100
	1/2"	12,27	99	98	90	99	96	99	99
	3/8"	9,52	98	97	86	98	94	97	98
	No. 4	4,76	92	94	76	93	88	96	95
	No. 10	2,00	82	90	67	84	82	90	90
	No. 30	0,60	65	77	49	64	67	70	72
	No. 40	0,42	61	72	43	60	64	64	67
	No. 50	0,30	52	64	35	53	57	51	53
	No.100	0,15	40	52	25	46	50	25	19
	No.200	0,074	33	44	18	40	45	8	9
	< 0,005		16	24	7	24	28	-	-
	LL (%)		37	38	NL	40	43	-	-
	LP (%)		19	14	NP	24	23	-	-
	IP (%)		18	24	NP	16	20	-	-
	Cu		-	-	66,7	-	-	5,0	4,75
	Cc		-	-	1,85	-	-	1,01	1,31
	Classificação SUCS		SC	SC	SM	SC	SC	SP	SP
	Umidade ótima (%)		12,0	14,3	11,9	-	-	-	-
	$\rho_{dm\acute{a}x}$ (g/cm ³)		1,840	1,780	1,906	-	-	-	-
	k (cm/s)		$5,1 \times 10^{-7}$	$2,9 \times 10^{-7}$	-	$7,6 \times 10^{-7}$	$5,6 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$
	c (kPa)		42,0	65,0	-	75,0	55,0	-	-
	c' (kPa)		15,0	15,0	-	8,0	0,0	-	-
	ϕ		23,1	25,4	-	23,6	28,5	-	-
	ϕ'		30,8	33,7	-	33,4	36,4	-	-

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das sondagens à percussão SPT, das sondagens mistas, incluindo os resultados dos ensaios de permeabilidade *in situ* realizados. Esses ensaios foram realizados pela empresa Fortsolos Engenharia LTDA. A metodologia dos ensaios, assim como os perfis individuais de sondagens são apresentados no Anexo 2.

Tabela 7 – Resumo dos resultados obtidos nas sondagens à percussão e mistas realizadas

Furo	Estaca	Prof. (m)	N _{SPT}	Rec. (%)	Classificação do material	k (cm/s)	Data	Coord. UTM
SP – 01	07 + 0,00	1,00	24	-	Areia silto-argilosa, com pedregulhos, de cor variegada cinza e vermelhada	-	11/02/2015	510827/ 9551506
		2,00	35	-		$4,3 \times 10^{-7}$		
		3,00	35	-		$2,9 \times 10^{-5}$		
		3,55		-	Areia grossa pouco siltosa	-		
SP – 02	17 + 0,00	1,00	22	-	Areia silto-argilosa, com pedregulhos, de cor variegada cinza e vermelhada	-	11/02/2015	510674/ 9551397
		2,00	24	-		$3,2 \times 10^{-9}$		
		3,00	35	-		7×10^{-6}		
		3,60		-	Areia grossa pouco siltosa	-		
SM - 01	07 + 0,00	1,00	4	-	Areia siltosa, com pedregulhos, de cor cinza	-	10/02/2015	510814/ 9551516
		2,00	6	-		$6,2 \times 10^{-10}$		
		2,50		-	-			
		3,00	25/5	-	Areia silto-argilosa, com pedregulhos de quartzo, de cor cinza	-		
		4,00	25/5	-		-		
		5,00	25/5	-	-			
6,00		60%	Gnaisse	$7,1 \times 10^{-6}$				
SM - 02	17 + 0,00	1,00	33	-	areia siltosa	-	12/02/2015	510660/ 9551412
		1,45		-	pedregulhosa de cor cinza	-		
		2,00	25/5	-	areia silto argilosa	$1,1 \times 10^{-3}$		
		3,00	25/5	-	pedregulhosa de cor	-		
		4,00	25/5	-	marrom	-		
		5,00		55%	Gnaisse	$2,2 \times 10^{-6}$		

DESCRIÇÃO DA SEÇÃO EXISTENTE

.....

5 Descrição da Seção Existente

A Barragem de Itapebussu, conforme ilustrada nos Desenhos nº 05 (arranjo geral das obras) e 08 (seção tipo e detalhes), apresentados no VOLUME V – DESENHOS, PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAPEBUSSU Nº 0230/05/B, DE NOVEMBRO DE 1998, foi projetada com eixo retilíneo em todo seu desenvolvimento com 528,00 metros de extensão, coroamento na cota 118,0m, com 6,00m de largura e o maciço constituído por solo argiloso no espaldar de montante, e um material “random” proveniente das escavações do sangradouro no espaldar de jusante. A Figura 1 ilustra a geometria e materiais existentes na seção detalhada para a Escaca 7 + 0,00, que corresponde à seção de máxima altura da barragem.

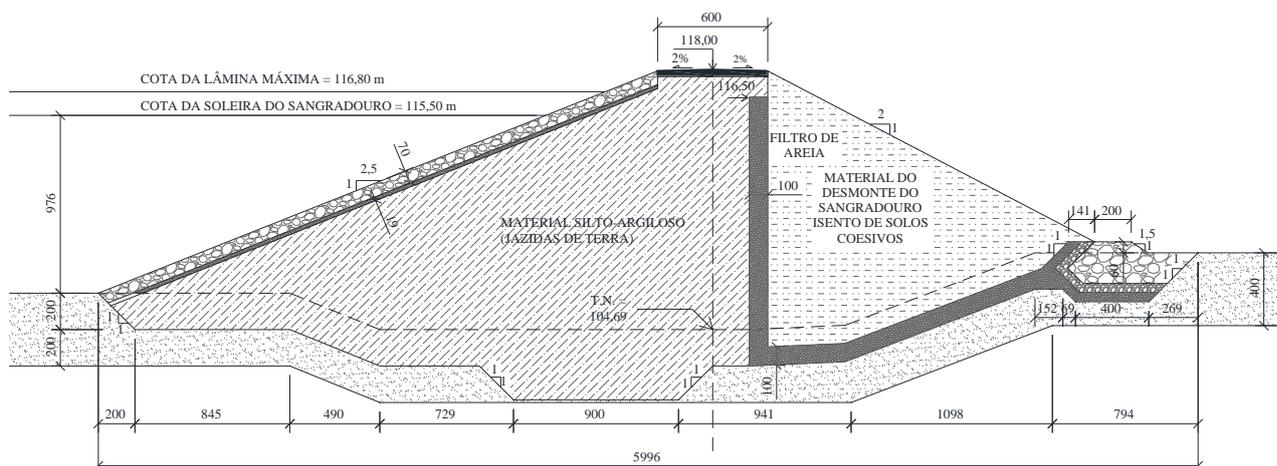


Figura 1 – Seção Tipo – estaca 7 + 0,00 (Seção máxima)

Conforme estudos topográficos realizados, a barragem foi construída com coroamento na cota 118,85m, largura de 7,60m e extensão de 498,97 metros.

De acordo com as informações existentes no projeto executivo original da barragem, o aterro a montante do filtro vertical é constituído por um solo silto-argiloso proveniente da área de empréstimo nº 03 (JS 03), tendo sido utilizado a jusante um material de 2ª e 3ª categorias, isentos de solos coesivos, provenientes das escavações do sangradouro. Entretanto, em vistoria realizada durante a elaboração do projeto, e após entrevistas feitas com moradores locais, concluiu-se que efetivamente na construção da barragem não foi utilizada nenhuma das jazidas estudadas. Portanto, devido a esta incerteza se fez necessário a realização de alguns ensaios de laboratório no material existente na estrutura atual do barramento.

A jusante a seção possui taludes de 2,0 (H):1,0(V) da cota do coroamento até a cota 107,00, onde foi projetado um dreno-de-pé, constituído por uma berma de 2,00 m de largura que segue com talude 1,5 (H):1,0(V) até o terreno natural, contudo, conforme figuras abaixo, verifica-se que não houve a construção da berma, sendo mantido a inclinação 2,0(H):1(V) da cota do coroamento até o terreno natural.



Figura 2 – Rock-fill com inclinação 2,0(H):1,0(V)



Figura 3 - Rock-fill com inclinação 2,0(H):1,0(V)

O talude de montante possui inclinação de 2,5(H):1,0(V), do coroamento até o terreno natural. A proteção deste talude consiste de uma camada de transição de brita corrida de 0,20 m de espessura e um rip-rap de enrocamento oriundo das escavações obrigatórias com 0,70 m de espessura.

O sistema de drenagem interno é constituído por um filtro vertical de areia situado no início do maciço de jusante, com topo na cota correspondente ao N.A. máximo (116,80 m) com 1,00 m de espessura, ligado a um filtro horizontal de areia de 1,00 m de espessura, seguido por um dreno-de-pé de enrocamento oriundas das escavações do sangradouro, com duas zonas de transição.

Quanto ao tratamento de fundação da barragem, foi previsto o seguinte: tratamento superficial em toda área de implantação do aterro; remoção de pacotes aluvionares entre as estacas 7 e 16 com espessuras variando entre 1,00 m e 2,00 m, no domínio do off-set; e a execução de uma trincheira de vedação do tipo “cut-off” com largura da base variável, e taludes com inclinação 1,0(H):1,0(V) e profundidade até atingir o solo residual e/ou rocha alterada.

O sangradouro foi projetado na ombreira esquerda, sendo do tipo soleira espessa, com 90 metros de larguras escavado em rocha comoposto por um canal de aproximação de 150,00m de extensão, um cordão de fixação com soleira na cota 115,50m ligado nas extremidades por muros laterais de proteção e um canal de fuga de 60 metros de extensão. Entretanto, conforme constatado em in loco, o cordão de fixação foi executado com cota de soleira de 115,85m, tendo tido posteriormente um incremento de 0,50m de altura, estando portanto, atualmente na cota de 116,35m.



Figura 4 – Vista do cordão de fixação do vertedouro (cota 116,35m)

CONCEPÇÃO DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO

.....

6 Concepção do projeto de ampliação

6.1 Descrição da Seção Proposta

A nova seção da barragem foi definida a partir das informações topográficas e hidrológicas do projeto executivo, e dos novos estudos realizados. Dessa forma, a seção da barragem ficou definida da seguinte forma: a cota do coroamento em 120,00m, com 6,00 metros de largura e extensão de 506,96 metros. A inclinação do talude de montante foi mantida igual àquela considerada no projeto executivo original, ou seja, em 2,5(H):1,0(V); para o talude de jusante, optou-se também pela manutenção da inclinação existente após o alteamento proposto para a cota do coroamento, ou seja, foi mantida a inclinação 2,0 (H):1(V).

Assim como no projeto original, a proteção de montante deverá ser feita por uma camada de 0,90m de espessura de rocha disposto da seguinte maneira: 0,20m de transição de brita corrida, sob 0,70m de enrocamento externo, e no de jusante deverá ser utilizada uma camada de brita de 0,20m, conforme disposto nas especificações dos serviços.

Anteriormente à execução do aterro compactado do alteamento, foi proposta, e considerada, uma escavação superficial de 0,5 m do material do coroamento e do talude de jusante para remoção de materiais contaminados com matéria orgânica, dentre outros, com posterior escavação de bermas com 1,0 m de altura e 2,0 m de largura, visando promover uma ligação eficiente do aterro existente, com o aterro a ser executado durante o alteamento da barragem. Com relação ao sistema de drenagem interno, foi definido uma escavação, ou raspagem superficial, no pé do talude de jusante para que se possa descobrir o rockfill existente, permitindo a execução do seu complemento, e execução das camadas de transição quando da ampliação da seção da barragem.

Além dos serviços de escavação superficial do coroamento e talude de jusante, antes da execução do início das obras deverão ser demolidos os meio-fios, caixa de jusante da tomada d'água e cordão de fixação do vertedouro.

Assim como no projeto original, recomenda-se que para a ampliação seja utilizado material proveniente da jazida de solos 03 (JS-03).

A Figura 5 apresenta a seção-tipo proposta após o dimensionamento da altura da seção.

SEÇÃO TRANSVERSAL MODIFICADA- ESTACA 7 + 0,00

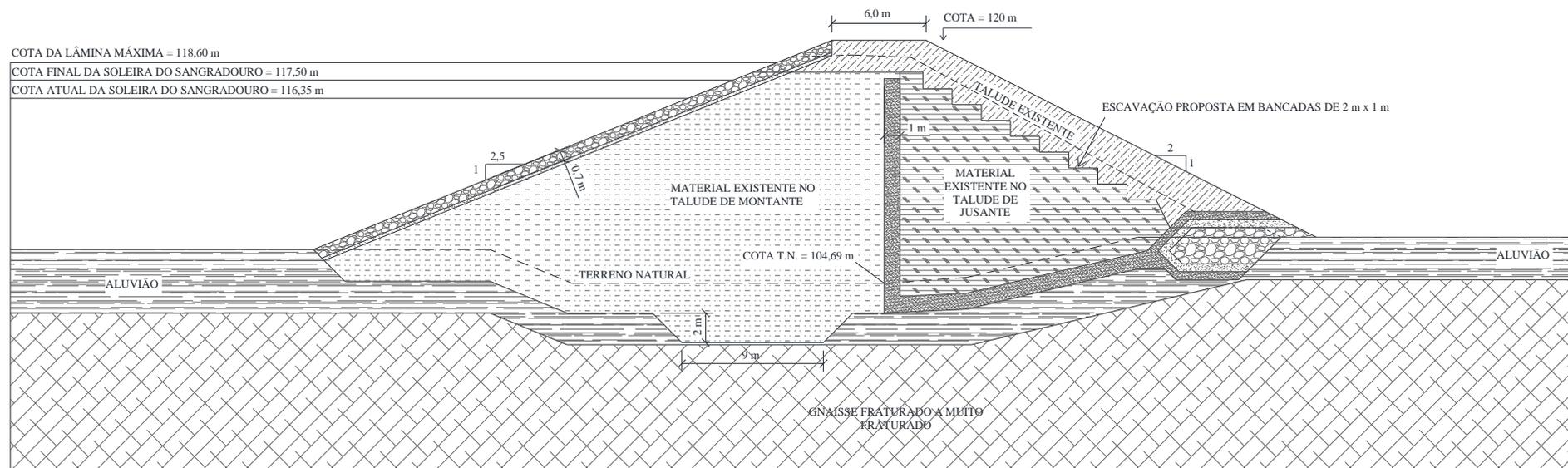


Figura 5 - Seção Tipo – estaca 07 + 0,00 (Seção máxima), com alteamento do maciço.

6.2 Análise de Estabilidade dos Taludes

As análises de fluxo e estabilidade foram feitas para a seção transversal correspondente à Estaca 7 + 0,00 (seção máxima da barragem). Essas análises foram feitas para os seguintes estágios de carregamento: escavação superficial do coroamento e do talude de jusante existente; final de construção após alteamento do barramento; regime de operação após o alteamento do coroamento, e; rebaixamento rápido.

Em todas as análises de fluxo o coeficiente de permeabilidade foi considerado como constante em função da sucção mátrica atuante. As análises de estabilidade de taludes foram realizadas utilizando o método de Morgenster & Price (1965) apresentado em Gerscovich (2012).

Como critério de aceitação do comportamento da barragem foram adotadas as recomendações do Manual de Estabilidade de Taludes do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano (U.S Army Corp of Engineers, 2003), e da publicação Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas da Eletrobrás (Eletrobrás, 2003), nas quais as barragens de terra devem apresentar:

- Fator de segurança mínimo para a situação de final de construção: 1,4;
- Fator de segurança mínimo para a condição de operação: 1,5;
- Fator de segurança mínimo para a situação de rebaixamento rápido: 1,0 – 1,3.

6.2.1 Apresentação dos Resultados

Conforme detalhado no Volume III – Estudos geotécnicos, foram realizadas análises de estabilidade para 4 situações distintas:

Escavação superficial da barragem existente. FS: 1,55;

Final de construção. FS: 1,46 para talude de jusante e 3,41 para o de montante;

Regime de operação – rede em fluxo em regime estacionário. FS: 1,77 para talude de jusante;

Rebaixamento rápido, com os fatores de segurança. FS: 2,07 para talude de montante.

6.3 Definição do Vertedouro

Na Tabela 8 são apresentadas as informações levantadas nos estudos hidrológicos e topografia que permitiram a definição das características geométricas do vertedouro em perfil Creager para o projeto de ampliação da Barragem de Itapebussu.

As informações referentes ao maciço rochoso de fundação foram obtidas no projeto executivo original da Barragem de Itapebussu, conforme descrito no Volume III – Estudos Geotécnicos, sendo considerado um maciço de fundação formado por um granitoide muito alterado, com permeabilidade aproximada de 1×10^{-4} cm/s, até uma profundidade de 6,0 m, e um granito pouco alterado com coeficiente de permeabilidade de aproximadamente 1×10^{-7} cm/s entre as profundidades de 6,0 m a 12,0 m.

Tabela 8 – Dados de projeto do vertedouro da Barragem de Itapebussu

Item	Unidade	Valor/Descrição	Fonte
Tipo de vertedouro	-	Creager	Estudos Hidrológicos
Cota da soleira	m	117,5	Estudos Hidrológicos

Vazão (TR 1000 anos)		220,90m ³ /s	Estudos Hidrológicos
Lâmina de água máxima (TR 1000 anos)	m	1,09m	Estudos Hidrológicos
Vazão (TR 10000 anos)		312,00m ³ /s	Estudos Hidrológicos
Lâmina de água máxima (TR 10000 anos)	m	1,37m	Estudos Hidrológicos
Largura do vertedouro	m	90,0	Topografia
Cota média do canal	m	115,65	Topografia

A partir das condições de fundação descritas nos estudos geotécnicos recomenda-se o seguinte tratamento de fundação para o vertedouro:

- a) Remoção total do vertedouro existente;
- b) Escavação com profundidade de 0,2 m e regularização da superfície da fundação, seguida por limpeza com jato de ar e água e preenchimento das irregularidades com calda de cimento, argamassa ou concreto dental;
- c) Execução de uma cortina de injeções de impermeabilização no maciço de fundação, a montante e imediatamente abaixo do início da seção do vertedouro (conforme detalhamento no projeto executivo) com o objetivo de eliminar, ou diminuir a percolação por baixo do vertedouro, evitando assim, eventuais problemas de estabilidade externa devido à ação de elevadas subpressões de água no contato fundação – vertedouro.

6.4 Tomada d'água

Devido ao alteamento da barragem a caixa de jusante da tomada d'água deverá ser demolida e reconstruída. A tomada d'água terá seu comprimento estendido em 6,00m, e o diâmetro deverá permanecer em 400mm.

6.5 Dispositivos de controle

Em virtude de se tratar de um projeto de ampliação, recomenda-se que sejam previstos alguns dispositivos de instrumentação para monitoramento do comportamento da barragem. A instalação de e piezômetros (PZ) é recomendada afim de acompanhar o desempenho do sistema de drenagem interna e aferir os resultados das análises realizadas. Neste caso, recomenda-se a instalação desses dispositivos à montante e à jusante do filtro vertical, conforme ilustrado no croqui apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** do Volume III – Estudos Geotécnicos.

As medidas dos níveis de água nestes dispositivos (PZ) devem ser realizadas periodicamente, no mínimo uma leitura, a cada quinze dias. Em períodos chuvosos, a frequência de leitura deve ser aumentada, para uma leitura por semana. As informações levantadas nestas leituras devem ser devidamente enviadas ao projetista para interpretação, e avaliação das análises feitas para o projeto.

MEMORIAL DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO

.....

7 Memorial de Cálculo

7.1 Sangradouro

O sangradouro será do tipo Creager, tendo sido utilizado coeficiente de descarga: 2,162 e foi dimensionado através da seguinte equação:

$$Q = C_o L H^{3/2}$$

Onde:

Q = descarga através do sangradouro;

C_o = coeficiente de descarga devido ao tipo de vertedouro;

L = largura do sangradouro;

H = lâmina de sangria

7.1.1 Dados do projeto

Descarga efluente de projeto (TR 1.000anos).....	Q ₁₀₀₀ =220,90m ³ /s
Descarga efluente de projeto (TR 10.000anos).....	Q ₁₀₀₀₀ =312,00m ³ /s
Lâmina máxima adotada (TR 1.000 anos).....	H = 1,09m
Lâmina máxima adotada (TR 10.000 anos).....	H = 1,37m
Cota da soleira do vertedouro.....	117,50
Largura do sangradouro.....	90 metros

7.1.2 Verificação da lâmina máxima adotada

Considerando a largura existente de 90,00m e adotando C_o = 2,162, caso ocorra a cheia milenar a lâmina atingirá a seguinte altura:

$$H^{3/2} = \frac{Q}{Lx C_o}$$

$$H = \left(\frac{220,90}{90x2,162} \right)^{2/3}$$

$$H = 1,09m$$

Para o caso da cheia decamilenar a lâmina será:

$$H = \left(\frac{312,00}{90x2,162} \right)^{2/3}$$

$$H = 1,37m$$

7.2 Maciço

7.2.1 Cálculo da folga da barragem – F

A folga foi calculada como:

$$F = 0,75h_0 + \frac{v_0^2}{2g}$$

onde: F – folga (m); h_0 – altura das ondas (m); v_0 – velocidade das ondas (m/s); g – aceleração da gravidade (m/s^2).

Com $Fetch = f = 3,0$ km (definido de acordo com a topografia considerando a cota de alteamento da soleira), tem-se:

$$h_0 = 0,75 + 0,34 \sqrt{f} - 0,26 \sqrt[4]{f} = 1,00 \text{ m (Fórmula de Stevenson)}$$

$$v_0 = 1,5 + 2 h_0 = 3,50 \text{ m (Fórmula de Gaillard)}.$$

Então:

$$F = 0,75 \times 1,00 + \frac{(3,5)^2}{2 \times 9,81} = 1,37 \text{ m}$$

7.2.2 Cálculo da Revanche

A revanche é determinada pela soma da lâmina de sangria com a folga da barragem:

$$R = H_0 + F$$

$$H_0 = 1,09 \text{ m}$$

7.2.3 Cálculo da cota coroamento – C_c

A cota do coroamento da barragem foi calculada como:

$$C_c = C_s + R$$

onde: C_s – cota da soleira do vertedouro (m); R – Revanche = $H_0 + F$ (m).

Então:

$$C_c = 117,50 + 1,09 + 1,37 = 119,96 \text{ m}$$

No caso, foi adotada a cota 120,0 m para o coroamento do barramento após o alteamento de 1,15 m da soleira do sangradouro a ser realizada.

7.2.4 Altura total do barramento - H_B

A altura do barramento foi calculada como:

$$H_B = C_c - C_t$$

onde: C_c – cota do coroamento (m); C_t – cota do talvegue na seção máxima (m).

Então:

$$H_B = 120,00 \text{ m} - 104,60 = 15,40 \text{ m}.$$

7.2.5 Largura do coroamento da barragem – B

A largura do coroamento da barragem foi calculada como:

$$B = 1,1 \sqrt{H_B} + 1,00 = 1,1 \sqrt{15,4} + 1,00 = 5,32 \text{ m}$$

Foi adotada uma largura igual a 6,0 m.

7.2.6 Determinação da declividade dos taludes

Talude de montante:

Cota 120,00m até o terreno natural – 2,50(H):1(V)

Talude de Jusante:

Cota 120,00m até o terreno natural – 2,00(H):1(V)

7.2.7 Proteção dos taludes

A proteção dos taludes de montante e jusante foi mantida de acordo com o que foi definido no projeto executivo. A proteção de montante deverá ser feita por uma camada de 0,90m de espessura de rocha disposto da seguinte maneira: 0,20m de transição de brita corrida, sob 0,70m de enrocamento externo, e no de jusante deverá ser utilizada uma camada de brita de 0,20m, conforme disposto nas especificações dos serviços.

7.2.8 Proteção do Coroamento

O coroamento da barragem será projetado por uma camada de material granular com 0,30m de espessura e receberá meios-fios laterais em pré moldado de 15Mpa nas dimensões (1,00mx0,30x0,15x0,12 – comprimento x altura x face inferior x face superior).

Para facilitar o escoamento das águas pluviais, o coroamento deverá receber uma inclinação de 2% para montante e jusante, sendo previsto a cada 30,00 metros a execução de saídas d'água para o lado montante e saídas d'água e calhas de descida para o lado jusante. As calhas de descida de jusante deverão se estender até o encontro com o rock-fill.

7.2.9 Drenagem interna da barragem

Por se tratar de um projeto de ampliação, foram realizadas simulações considerando as novas cotas de projeto onde verificou-se que o sistema de drenagem existente atenderá às novas características do barramento de forma satisfatória. Previu-se apenas a ampliação do enrocamento de pé, acompanhando a ampliação do talude de jusante e deverá ter uma declividade externa de 2,0(H):1(V).

Assim como o enrocamento de pé, também deverá ser ampliado o filtro de transição, que é composto por duas camadas, uma de 0,50m de espessura de brita e outra de 0,50m de espessura de areia. Os detalhes construtivos do enrocamento, assim como da camada de transição podem ser observados nas pranchas 04/22 a 15/22.

7.3 Tomada d'água

As características da tomada d'água foram mantidas, havendo necessidade demolição e reconstrução da caixa de jusante, assim como ampliação da tubulação em 6,00m.

QUADROS DE CUBAÇÃO

.....

8 Quadros de Cubação

8.1 Terra para ampliação do maciço

VOLUME DE TERRA DA AMPLIAÇÃO DA BARRAGEM

ESTACA	ÁREA(m ²)	SOMA DAS ÁREAS(m ²)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m ³)
1+0,740	0			
2	20.4003	20.40	9.63	196.455
3	35.5465	55.95	10	559.468
4	60.4676	96.01	10	960.141
5	79.0011	139.47	10	1,394.687
6	76.1988	155.20	10	1,551.999
7	77.1447	153.34	10	1,533.435
8	82.8949	160.04	10	1,600.396
9	87.6219	170.52	10	1,705.168
10	76.3262	163.95	10	1,639.481
11	87.1516	163.48	10	1,634.778
12	85.5696	172.72	10	1,727.212
13	84.3128	169.88	10	1,698.824
14	76.5245	160.84	10	1,608.373
15	76.9056	153.43	10	1,534.301
16	76.9262	153.83	10	1,538.318
17	69.2792	146.21	10	1,462.054
18	56.0161	125.30	10	1,252.953
19	52.6693	108.69	10	1,086.854
20	43.1794	95.85	10	958.487
21	32.1263	75.31	10	753.057
22	27.2781	59.40	10	594.044
23	24.7052	51.98	10	519.833
24	25.4162	50.12	10	501.214
25	21.4513	46.87	10	468.675
26	9.1504	30.60	10	306.017
26+7,700	0	9.15	3.85	35.229

28,821.45

8.2 Rocha para ampliação do Rip-Rap

VOLUME DE DE ROCHA PARA AMPLIAÇÃO DO RIP-RAP

ESTACA	ÁREA(m2)	SOMA DAS ÁREAS(m2)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m3)
1+0.74				
2	1.35	1.35	9.63	13.008
3	1.34	2.69	10	26.945
4	1.35	2.69	10	26.893
5	1.34	2.68	10	26.808
6	1.61	2.95	10	29.490
7	1.21	2.82	10	28.202
8	1.22	2.42	10	24.229
9	1.61	2.83	10	28.266
10	1.19	2.80	10	27.994
11	1.20	2.39	10	23.881
12	1.43	2.63	10	26.292
13	1.43	2.86	10	28.612
14	1.74	3.17	10	31.722
15	1.63	3.37	10	33.706
16	1.38	3.01	10	30.058
17	1.51	2.89	10	28.915
18	1.37	2.89	10	28.873
19	1.08	2.45	10	24.522
20	1.17	2.25	10	22.536
21	1.34	2.52	10	25.163
22	0.93	2.27	10	22.677
23	1.17	2.10	10	20.978
24	1.18	2.36	10	23.555
25	0.97	2.15	10	21.538
26	1.94	2.91	10	29.144
26+7.7	0.00	1.94	3.85	7.482

661.49

8.3 Volume de material de transição para ampliação do Rip-Rap

VOLUME DE DE MATERIAL DE TRANSIÇÃO PARA AMPLIAÇÃO DO RIP-RAP

ESTACA	ÁREA(m2)	SOMA DAS ÁREAS(m2)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m3)
1+0.74	0			
2	0.98	0.98	9.63	9.405
3	1.08	2.06	10	20.605
4	1.09	2.17	10	21.704
5	1.12	2.21	10	22.077
6	1.24	2.36	10	23.566
7	1.05	2.28	10	22.837
8	1.03	2.08	10	20.815
9	1.24	2.28	10	22.758
10	0.96	2.20	10	21.996
11	1.02	1.97	10	19.743
12	1.14	2.16	10	21.607
13	1.07	2.21	10	22.149
14	1.29	2.36	10	23.609
15	1.26	2.55	10	25.524
16	1.10	2.37	10	23.674
17	1.20	2.30	10	23.015
18	1.14	2.34	10	23.369
19	0.99	2.13	10	21.280
20	1.04	2.03	10	20.289
21	1.10	2.14	10	21.386
22	0.84	1.94	10	19.383
23	0.98	1.83	10	18.250
24	0.98	1.97	10	19.674
25	0.86	1.84	10	18.405
26	1.20	2.05	10	20.541
26+7.7	0.00	1.20	3.85	4.606

532.27

8.4 Volume de rocha para ampliação do Rock-Fill

VOLUME DE ROCHA PARA AMPLIAÇÃO DO ROCK-FILL

ESTACA	ÁREA(m ²)	SOMA DAS ÁREAS(m ²)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m ³)
1+0.74				
2				
3	9.1728	9.17	10	91.728
4	13.2063	22.38	10	223.791
5	12.6615	25.87	10	258.678
6	13.9096	26.57	10	265.711
7	6.3014	20.21	10	202.110
8	12.6926	18.99	10	189.940
9	7.2268	19.92	10	199.194
10	12.1694	19.40	10	193.962
11	17.0415	29.21	10	292.109
12	16.6154	33.66	10	336.569
13	13.7039	30.32	10	303.193
14	12.3199	26.02	10	260.238
15	10.586	22.91	10	229.059
16	9.79	20.38	10	203.760
17	10.2999	20.09	10	200.899
18	8.1298	18.43	10	184.297
19	8.8069	16.94	10	169.367
20	9.0697	17.88	10	178.766
21	9.4614	18.53	10	185.311
22	5.593	15.05	10	150.544
23	5.4355	11.03	10	110.285
24	5.566	11.00	10	110.015
25	5.227	10.79	10	107.930
26	0	5.23	10	52.270
26+7.70	0	0.00	3.85	0.000

4,699.73

8.5 Volume de brita para ampliação do Rock-Fill

VOLUME DE BRITA PARA AMPLIAÇÃO DO ROCK-FILL

ESTACA	ÁREA(m ²)	SOMA DAS ÁREAS(m ²)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m ³)
3	0			0.000
4	0			0.000
5	0			0.000
6	0			0.000
7	1.1608	1.16	10	11.608
8	1.3796	2.54	10	25.404
9	1.2046	2.58	10	25.842
10	1.2308	2.44	10	24.354
11	1.6387	2.87	10	28.695
12	1.6803	3.32	10	33.190
13	1.4842	3.16	10	31.645
14	1.4251	2.91	10	29.093
15	1.3404	2.77	10	27.655
16	1.3056	2.65	10	26.460
17	1.3274	2.63	10	26.330
18	0	1.33	10	13.274
19	0			0.000
20	0			0.000
21	0			0.000
22	0			0.000
23	0			0.000
24	0			0.000
25	0			0.000

303.55

8.6 Volume de areia para transição do Rock-Fill

VOLUME DE AREIA PARA AMPLIAÇÃO DO ROCK-FILL

ESTACA	ÁREA(m2)	SOMA DAS ÁREAS(m2)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m3)
3	0			0.000
4	0			0.000
5	0			0.000
6	0			0.000
7	1.189	1.19	10	11.890
8	1.38	2.57	10	25.690
9	1.2829	2.66	10	26.629
10	1.2272	2.51	10	25.101
11	1.6352	2.86	10	28.624
12	1.6826	3.32	10	33.178
13	1.483	3.17	10	31.656
14	1.4187	2.90	10	29.017
15	1.3368	2.76	10	27.555
16	1.2999	2.64	10	26.367
17	1.3359	2.64	10	26.358
18	0	1.34	10	13.359
19	0			0.000
20	0			0.000
21	0			0.000
22	0			0.000
23	0			0.000
24	0			0.000
25	0			0.000

305.42

8.7 Volume de brita para proteção do talude de jusante

VOLUME DE BRITA PARA PROTEÇÃO DO TALUDE DE JUSANTE

ESTACA	ÁREA(m ²)	SOMA DAS ÁREAS(m ²)	SEMI-DISTÂNCIA(m)	VOLUMES(m ³)
1+0.74	0			
2	1.352	1.35	9.63	13.020
3	1.674	3.03	10	30.260
4	3.054	4.73	10	47.280
5	3.778	6.83	10	68.320
6	3.922	7.70	10	77.000
7	4.414	8.34	10	83.360
8	4.218	8.63	10	86.320
9	4.54	8.76	10	87.580
10	4.138	8.68	10	86.780
11	3.81	7.95	10	79.480
12	3.726	7.54	10	75.360
13	4.054	7.78	10	77.800
14	3.904	7.96	10	79.580
15	4.04	7.94	10	79.440
16	4.114	8.15	10	81.540
17	3.56	7.67	10	76.740
18	3.256	6.82	10	68.160
19	2.69	5.95	10	59.460
20	1.946	4.64	10	46.360
21	1.394	3.34	10	33.400
22	1.338	2.73	10	27.320
23	1.156	2.49	10	24.940
24	1.142	2.30	10	22.980
25	0.952	2.09	10	20.940
26	0.914	1.87	10	18.660
26+7.70		0.91	3.85	3.519

1,455.60

8.8 Área de acabamento do talude de jusante

ÁREA DE ACABAMENTO DE TALUDES A JUSANTE

ESTACA	Altura (m)	SOMA DAS ALTURAS/2(m)	DISTANCIA	ÁREA(M2)
2	6.76			
3	8.37	7.57	20	151.300
4	15.27	11.82	20	236.400
5	18.89	17.08	20	341.600
6	19.61	19.25	20	385.000
7	22.07	20.84	20	416.800
8	21.09	21.58	20	431.600
9	22.7	21.90	20	437.900
10	20.69	21.70	20	433.900
11	19.05	19.87	20	397.400
12	18.63	18.84	20	376.800
13	20.27	19.45	20	389.000
14	19.52	19.90	20	397.900
15	20.2	19.86	20	397.200
16	20.57	20.39	20	407.700
17	17.8	19.19	20	383.700
18	16.28	17.04	20	340.800
19	13.45	14.87	20	297.300
20	9.73	11.59	20	231.800
21	6.97	8.35	20	167.000
22	6.69	6.83	20	136.600
23	5.78	6.24	20	124.700
24	5.71	5.75	20	114.900
25	4.76	5.24	20	104.700
26	4.57	4.67	20	93.300

7,195.30

MEMORIAL DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS

.....

9 Memorial de Cálculo dos Quantitativos

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

.....

10 Planilha orçamentária



10.1 Cronograma

10.2 Composições de Custos

10.3 Composição do BDI e Encargos Sociais

COMPOSIÇÃO DE BDI - SERVIÇOS		
COD	DESCRIÇÃO	%
Despesas Indiretas		
AC	Administração central	4.67
DF	Despesas financeiras	1.17
R	Riscos	0.97
Benefício		
S + G	Garantia/seguros	0.46
L	Lucro	7.96
I	Impostos	11.15
	PIS	0.65
	COFINS	3.00
	ISS	3.00
	CPRB (4,5%, Apenas quando tiver desoneração INSS)	4.50
	TOTAL DOS IMPOSTOS	11.15
	BDI =	30.43%

$$BDI = \frac{(1 + AC + S + R + G)(1 + DF)(1 + L)}{(1 - I)} - 1$$

COMPOSIÇÃO DE BDI - MATERIAIS

COD	DESCRIÇÃO	%
Despesas Indiretas		
AC	Administração central	3.70
DF	Despesas financeiras	1.00
R	Riscos	0.40

Benefício		
S + G	Garantia/seguros	0.32
L	Lucro	6.27

I	Impostos	3.65
	PIS	0.65
	COFINS	3.00
	ISS	-
	CPRB (4,5%, Apenas quando tiver desoneração INSS)	-
	TOTAL DOS IMPOSTOS	3.65

BDI =	16.32%
-------	--------

$$BDI = \frac{(1 + AC + S + R + G)(1 + DF)(1 + L)}{(1 - I)} - 1$$

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DE MÃO DE OBRA HORISTA E MENSALISTA					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	SEM DESONERAÇÃO		COM DESONERAÇÃO	
		HORISTA (%)	MENSALISTA (%)	HORISTA (%)	MENSALISTA (%)
GRUPO A					
A1	INSS	20	20	0	0
A2	SESI	1.5	1.5	1.5	1.5
A3	SENAI	1	1	1	1
A4	INCRA	0.2	0.2	0.2	0.2
A5	SEBRAE	0.6	0.6	0.6	0.6
A6	SALÁRIO EDUCAÇÃO	2.5	2.5	2.5	2.5
A7	SEGURO CONTRA ACIDENTE DE TRABALHO	3	3	3	3
A8	FGTS	8	8	8	8
A9	SECONCI	0	0	0	0
	A- TOTAL DOS ENCARGOS SOCIAIS BÁSICOS	36.8	36.8	16.80	16.80
GRUPO B					
B1	REPOUSO SEMANAL REMUNERADO	17.88		17.88	
B2	FERIADOS	3.72		3.72	
B3	AUXÍLIO ENFERMIDADE	0.92	0.69	0.92	0.69
B4	13 SALÁRIO	10.99	8.33	10.99	8.33
B5	LICENÇA PATERNIDADE	0.08	0.06	0.08	0.06
B6	FALTAS JUSTIFICADAS	0.73	0.56	0.73	0.56
B7	DIAS DE CHUVAS	1.67		1.67	
B8	AUXÍLIO ACIDENTE DE TRABALHO	0.12	0.09	0.12	0.09
B9	FÉRIAS GOZADAS	11.61	8.8	11.61	8.8
B10	SALÁRIO MATERNIDADE	0.03	0.02	0.03	0.02
	B - TOTAL DE ENCARGOS SOCIAIS QUE RECEBEM INCIDÊNCIAS DE A	47.75	18.55	47.75	18.55
GRUPO C					
C1	AVISO PRÉVIO INDENIZADO	7.26	5.5	7.26	5.5
C2	AVISO PRÉVIO TRABALHADO	0.17	0.13	0.17	0.13
C3	FÉRIAS INDENIZADAS	2.44	1.85	2.44	1.85
C4	DEPÓSITO RECISÃO SEM JUSTA CAUSA	5	3.79	5	3.79
C5	INDENIZAÇÃO ACIDENTAL	0.61	0.46	0.61	0.46
	C - TOTAL DE ENCARGOS SOCIAIS QUE NÃO RECEBEM INCIDÊNCIAS DE A	15.48	11.73	15.48	11.73
GRUPO D					
D1	REINCIDÊNCIA DE GRUPO A SOBRE GRUPO B	17.57	6.83	8.02	3.12
D2	REINCIDÊNCIA DE GRUPO A SOBRE AVISO PRÉVIO TRABALHADO E REINCIDÊNCIA DO FGTS SOBRE AVISO PRÉVIO INDENIZADO	0.64	0.49	0.61	0.46
	D - TOTAL DE REINCIDÊNCIAS DE UM GRUPO SOBRE OUTRO	18.21	7.32	8.63	3.58
GRUPO E					
E1	TOTAL	0	0	0	0
	TOTAL (A+B+C+D+E)	118.24	74.4	88.66	50.66



ANEXOS

.....

12 Anexos

12.1 Notas de Serviço



12.2 Relatório de coordenadas do estaqueamento