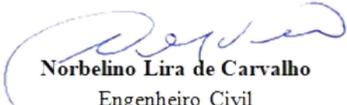


BARRAGEM MADEIRA CORTADA
RIACHO GRANDE
MUNICÍPIO DE BETÂNIA DO PIAUÍ - PIAUÍ

PROJETO BÁSICO

VOLUME I - RELATÓRIO GERAL
JUNHO/2017


Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil
Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

ÍNDICE GERAL

VOLUME I- RELATÓRIO GERAL

FICHA TÉCNICA

APRESENTAÇÃO

1 -INTRODUÇÃO

2 -LOCALIZAÇÃO E ACESSO

3 - GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL

4 -CARACTERISTICAS DA BACIA HIDROGRAFICA

5 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

6 - CONCEPÇÃO DO PROJETO

7 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

8 - QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO

9 - CRONOGRAMA

10 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS

11 - BDI E ENCARGOS SOCIAIS

12- RELATÓRIO FOTOGRAFICO

VOLUME II - PLANTAS

1 - DESENHOS

VOLUME III - ANEXO COMPLEMENTAR

1 - CUSTOS UNITÁRIOS DAS TABELAS OFICIAIS UTILIZADAS

2- COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS NÃO TABELADOS.

3- QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO.

**BARRAGEM MADEIRA CORTADA
RIACHO GRANDE – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI**

FICHA TÉCNICA

1.0 - TIPO DE OBRA: Barragem em Maciço Terroso

2.0 - LOCALIZAÇÃO: Município de Betânia do Piauí - PI

COORDENADAS

2.0-1 – Ombreira Direita: Longitude 295.807,472E x Latitude 9.098.654,349N
Altitude – Estaca B16 = 472,441

2.0-2 – Ombreira Esquerda: Longitude 295.573,111E x Latitude 9.098.469,384N
Altitude – Estaca B1 = 440,442

3.0 – ÁREA BENEFICIADA: Área Rural do Município de BETÂNIA, aproximadamente a 7 km da sede do município, barrando o Riacho Grande.

4.0 - IMPORTÂNCIAS ECONÔMICA E SOCIAL

- .1 - Lâmina d'água útil com 17,00 metros,
- .2 – Possibilitar o Abastecimento humano da cidade
- .2 – Possibilitar a criação racional de peixes,
- .3 - Possibilitar a cultura de vazante,

Altura Máxima da Parede	20,26m
Extensão do Sangradouro	820,00m
Cota Coroamento	339,00
Cota da Cheia de Projeto	437,00
Cota do Nível de Soleira	436,740
Cota da Linha de Fundo	418,74
Lâmina D'água Útil	17,00m
Linha Fundo Cheia de Projeto, cota 437,00	5.000m
Lâmina Máxima sobre a Soleira	2,00m
Vazão de Projeto	250m ³ /s
Prazo de Execução	7 meses
Custo da obra	R\$5.010.000,00

MEMÓRIA DE CÁLCULO E JUSTIFICATIVA TÉCNICA

1.0 - APRESENTAÇÃO

Apresenta-se o projeto básico para a construção da barragem Madeira Cortada, município de BETÂNIA, Estado do Piauí. A barragem interceptará o Riacho Grande, sistema Parnaíba, bacia do rio Canindé.

A barragem objetiva acumular água para atendimento a demanda Urbana da cidade de BETÂNIA, além de propiciar cultura de vazante e criação racional de peixe.

A localidade Madeira Cortada é viável à construção da barragem por apresentar: boqueirão com ombreiras muito próximas, boas condições de suporte para a fundação, o solo da bacia hidráulica é argiloso compacto impermeável com razoável profundidade de sangradouro de contorno se desenvolve sobre material rochoso onde toda escavação em materiais terrosos será aproveitado no maciço da parede e há disponibilidade e abundância de todos os materiais básicos em torno do eixo da barragem.

1.1 – Localização e acesso

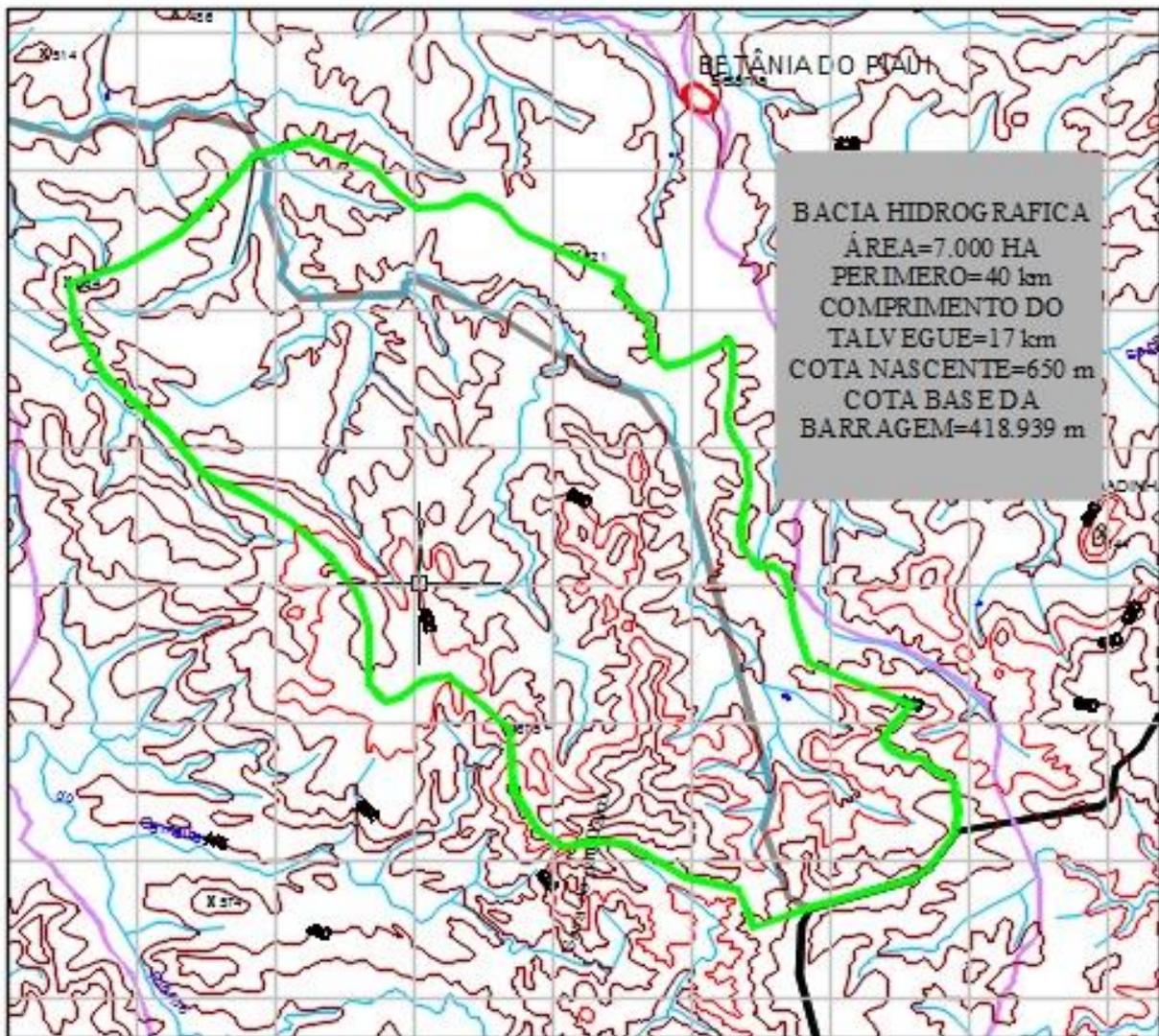
A cidade de BETÂNIA está situada na região oeste do Estado do Piauí e é ligada a Teresina, capital do Estado, por estrada Federal - BR 316, percorrendo 310 km até a cidade de Picos; daí pela BR – 407 até Paulistana e daí por estrada estadual asfaltada, PI-459, percorrendo mais 45 km chega-se a Betânia. Dai segue-se por caminhos locais de 7,0 km até o Barramento, perfazendo o total de 510km.

Nos desenhos do projeto está apresentado a localização da Barragem em relação ao Estado do Piauí e a Teresina.

A localização e acesso ao local do barramento estão mostrados na figura 1 a seguir.

BARRAGEM MADEIRA CORTADA

FIGURA 1



2 - ESTUDO BÁSICO

O presente relatório refere-se ao Projeto Básico da Barragem Madeira Cortada e tem como objetivo a explanação detalhada das obras projetadas, dos critérios adotados nas mesmas, bem como levantamento dos quantitativos e estimativa de custo global das obras.

A obra em questão barra o Riacho Grande, próximo da cidade de BETÂNIA, possibilitando a criação de um manancial suficiente para garantir fonte permanente de recurso hídrico.

2.1 - Estudo Topográfico

Os estudos topográficos consistiram na realização de caminhadas, determinando as marcas d'água cravadas em referências fixas deixadas pelas grandes enchentes. Verificou-se existir algumas moradias (04) a remover em face à formação do lago com lâmina d'água atingindo a cota de cheia de projeto cota

Cota da Cheia de Projeto	437,942
--------------------------	---------

. Assim, a referência adotada foi a altitude IBGE 439,00 para nível do coroamento. O local escolhido para eixo da barragem, o talvegue apresenta-se, com o estrato arenoso no leito principal cota IBGE – 418,74 mas que foi encontrada a rocha com 3,30m de profundidade. Nas ombreiras tem solo argiloso impermeável e foi encontrada rocha em toda a extensão do levantamento.

Nesse trecho foram cravados os marcos de concreto distanciados em 300 m, estaqueadas de 20 em 20 metros, no total de 15 estacas. Estaca B1 a B16.

Nestas condições foram realizados os estudos topográficos Planimétrico Georeferenciado com projeção universal transversa de mercator – UTM Zona 24S SIRGAS2000. MC:42-36° W

Primeiro: Levantamento planialtimétrico da seção transversal do rio exatamente no eixo do barramento com o total de 300 m e como ponto de máxima profundidade na estaca B-8,0 cota 418,74 que é o leito do Riacho Grande.

Segundo: Levantamento planialtimétrico da seção longitudinal do rio com estaqueamento variável, acompanhando o leito do riacho, que se apresentava totalmente seco em 10/03/2017. O nivelamento da lâmina d'água na cota 437,00 atingiu a distância de 5.000,00m.

Terceiro: Perpendicular a esta seção longitudinal foram levantadas várias seções transversais.

Quarto ao contorno da bacia hidráulica foi determinado pelo levantamento da poligonal na cota nivelada 437,00 que englobou a área de 90 hectares.

Tais estudos permitiram lançar as curvas de nível de m/m a fim de determinar a capacidade de acumulação da Barragem.

Verificada a uniformidade do terreno ao longo de todo o estaqueamento, concluiu-se que do ponto de vista topográfico, o sítio escolhido para implantação das obras é sem dúvida o mais adequado da região, correspondente a uma zona de estreitamento do vale e alta declividade a montante.

O barramento se estende por 260,0 metros e pela ombreira esquerda se apresenta apropriada para implantação do sangradouro.

Nos desenhos do Projeto, Arranjo Geral das Obras, retrata a configuração topográfica e mostra a disposição das obras projetadas.

2.2 - HIDROLOGIA

2.2.1- Características Físicas

Foram identificadas as características físicas da bacia, as quais estão intimamente relacionadas ao comportamento hidrológico da mesma. A bacia hidrográfica da barragem Madeira Cortada esta situada na bacia do Riacho Grande em BETÂNIA, com as seguintes características:

Tabela 2.2.1 - Características Físicas Da Bacia do Riacho GRANDE (Até O Açude BETÂNIA)

ELEMENTO	VALOR
A – Área de Drenagem (km ²)	70,00
P – Perímetro (Km)	40,00
Lt – Comprimento do talvegue (Km)	17,00
H - Desnível Máximo do Curso Principal (m) 650-419	231
Kc – Coeficiente de Compacidade relação entre o perímetro da bacia e e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia ou $Kc = 40/2\pi r$ e $r^2 = (70/3,1416)$ ou $Kc = 40/2 * 3,1416 * 4,72$	1,348
Kf – Fator de Forma $Kf = A/Lt^2 = 70/17^2$	0,242
Dd – Densidade de Drenagem (km/km ²)	0,24
Lm – Extensão Média do Escoamento. Superficial (m)	3.250,00
Sm – Declividade Média da Bacia (m/m) H/Lt em m. 211/17000	0,01359

Os elementos determinados para a bacia em estudo mostram para a mesma as seguintes características: a bacia é regular, drenagem rica, curso d'água pouco sinuoso. E como Kc é um valor distante de 1, o que significa uma bacia comprida. E como Kf é um valor mediano pode-se concluir que o riacho é agitado com bacia sujeita a incidência de cheias grandes e rápidas.

2.2.2 - Outros Parâmetros Físicos

A - Solos

Predominam na área da bacia solos das classes:

- LA23 = Latossolo Amarelo, Álicos e Distróficos a fraco e moderado, de textura média e, geralmente são solos de alta permeabilidade (em torno de 250 mm/h). Ocupam 61% da área.

A vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila.

O relevo onde se encontram estes solos é planalto.

- LA34 = associação de Latossolo Amarelo, Álicos, Distróficos e Eutróficos, de textura média + Areias Quartzosas, Álicas e Distróficas, todos A fraca e moderada.. Geralmente são solos de alta permeabilidade (em torno de 250 mm/h). Ocupam 8% da área.

A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila.

O relevo onde se encontram estes solos é ondulado.

- LA35 = associação de Latossolo Amarelo, Álico, Distrófico e Eutrófico, de textura média + Areias Quartzosas, Álicas e Distróficas + Podzólicos Vermelho-Amarelo, com argila de atividade baixa, Distróficos e Eutróficos, latossólico e não latossólico, de textura média e textura arenosa a média + Grupo indiscriminado de Podzólico Vermelho-Amarelo, Concrecionário, Distrófico e Eutrófico, raso e não raso, plíntico e não plíntico, de textura arenosa e média argilosa, na fase de relevo suave ondulado e ondulado + solos Litólicos, Álicos, Distróficos e Distróficos e Eutróficos de textura média e arenosa, fase pedregosa e rochosa, substrato de arenito, quartzito e/ou xisto, todos a fraco e moderado. Geralmente são solos de alta permeabilidade (em torno de 250 mm/h). Ocupam 20% da área.

A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila.

O relevo onde se encontram estes solos varia entre suave ondulado e ondulado.

- PE17 = associação de solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, com argila de atividade baixa, Eutróficos + Grupo indiscriminado de Podzólicos Vermelho-amarelo Litólicos, com argila de atividade alta, Eutróficos, rasos e não rasos, e Bruno não cálcico todos de textura média e média argilosa, fase pedregosa e não pedregosa + solos Litólicos Eutróficos, de textura arenosa e média, fase pedregosa a rochosa, substrato micaxisto e gnaisse, todos a moderados. São solos com permeabilidade de fraca a média (em torno de 110 mm/h). Esta associação ocupa 11% da área.

A vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila e/ou hiperxerófila.

O relevo onde se encontram estes solos varia entre plano e suave ondulado.

2.2.3 - Nascentes

O Riacho Grande nasce na altitude 650, na divisa Piauí/Pernambuco. Até a barragem percorre 17 km chegando na cota 419, ou declividade média de 0,013588m/m. A rede de drenagem é do tipo espinha de peixe com o comprimento equivalente a o dobro da largura.

Devido à inexistência de posto de controle da vazão do Riacho, o cálculo da vazão de projeto será feito em função dos dados de precipitação existentes.

2.2.4 - Climatologia

Como não se tem dados disponíveis de postos pluviográficos na bacia, foi selecionada a série de precipitação anual das máximas diárias do pluviômetro da Estação Climatológica de BETÂNIA, distante 7 km aproximadamente, do ponto barrado e que dá a precipitação média anual de 548 mm

A bacia apresenta características predominantes do semi-árido nordestino, com classes de relevo ondulado, característica desta região do estado do Piauí. A região da bacia encontra-se sob um clima de acentuada evaporação, com cursos d'água intermitentes. O rendimento superficial é característico dos solos sedimentares do estado, com valor relativamente baixo.

2.2.7 – Chuvas intensas

Procedimento utilizado:

Calculou-se para o posto, a chuva nos tempos de recorrência previstos : 50 100, 200, 500 e 1.000 anos. Para o ajuste das precipitações máximas anuais foram utilizados as seguintes distribuições:

a) – Distribuição Empírica.

$P(x_m) = (m - a)/(N - 2a + 1)$ onde:

$N = n^o$ de valores (anos) da amostra

$m =$ ordem do valor, após ordenação em ordem decrescente

$a =$ variável de acordo com a distribuição teórica a ser utilizada,

$P(x_m) =$ probabilidade de ocorrência do evento x_m .

b) – Distribuição Teórica

- Person III
- Gumbel
- Normal
- Log. Person III.

Os valores máximos das séries anuais de precipitação da estação foram ajustadas às distribuições teóricas acima citadas. O melhor ajuste deu-se com a distribuição Person III.

As chuvas máximas estimadas com base na distribuição teórica Pearson III, para os diferentes períodos de retorno, são mostradas no Quadro.

Quadro. Probabilidade de Ocorrência do Evento para Diferentes Tr

DISTRIBUIÇÃO PEARSON III								
Tr (anos)	2	5	10	50	100	200	500	1000
Frequência	0,5	0,2	0,1	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
Precipitação (mm)	64,2	77,9	86,1	93,3	119,58	125,56	133,04	138,41

Para a determinação das alturas de chuvas intensas foi utilizada a Metodologia do Eng^o Torga Torrico descrita no livro Práticas Hidrológicas, TRANSCON-1975. Esta se fundamenta na divisão do território brasileiro em isozonas relacionando as alturas de precipitação máxima anual de uma hora com a precipitação máxima anual de 24 horas, e, através de ábacos, são determinadas as alturas de chuvas para qualquer tempo de duração entre 1 e 24 horas.

- a) Considerando a relação Altura de chuva - Área - Tempo de duração, as alturas de chuvas foram reduzidas através da fórmula:

$$Pr = Po \{1 - 0,10 \text{ Log } (A/Ao)\},$$

onde: Po = precipitação pontual

A = área da bacia, em km²; = 70

Ao = área base (adotada = 25 km²)

$$Pr = Po \{1 - 0,10 \text{ Log } 2,8\},$$

$$Pr = Po * (0,9553)$$

As chuvas intensas reduzidas para a bacia nos diferentes períodos de retorno são apresentadas no Quadro

Quadro - Chuvas Intensas na Bacia

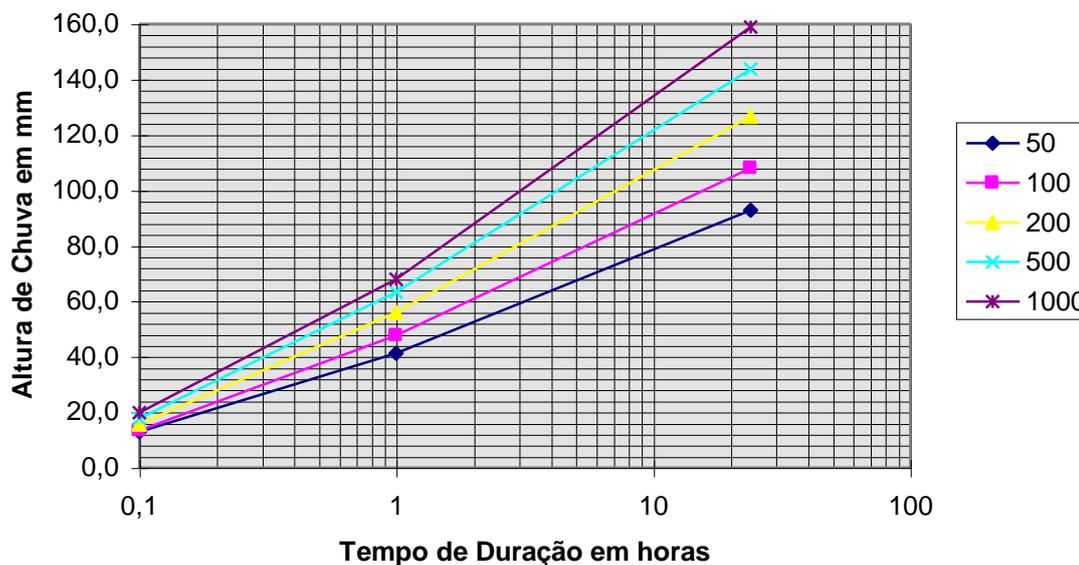
Chuva reduzida (mm)		
Tr	Po	Pr
2	64,2	61,33
5	77,9	74,41
10	86,1	82,25
50	93,3	89,12
100	119,58	114,23
200	125,56	119,95
500	133,04	127,00
1.000	138,41	132,22

- b) conhecidos os valores de chuva reduzida, aplica-se a metodologia das isozonas, converte-se a chuva real de um dia em chuva virtual de 24 horas, multiplicando-se a primeira pelo fator 1,10.

Na Figura 1 abaixo, foi determinada a isozona correspondente à localização do posto selecionado e, conseqüentemente da bacia em estudo, fixando-se para os tempos de recorrência previstos, a percentagem para uma hora e para 6 minutos através da tabela correspondente.

- c) calculou-se com essa percentagem a chuva virtual de 24 horas (100%), as alturas de chuva para uma hora e para 6 minutos;
- d) delimitou-se no papel de probabilidade – Figura, as alturas de chuvas para 6 minutos, 1 hora e 24 horas para cada período de retorno, unindo-se em seguida estes pontos;

Altura de Chuva e Tempo de Duração



e) para qualquer tempo de duração contido entre 6 minutos e 24 horas, pode ser lida a altura de chuva correspondente no gráfico de papel de probabilidades, na figura anterior.

As precipitações para cada duração, em cada período de retorno considerado são mostradas no Quadro seguinte.

Quadro - Altura de Chuva de Diferente Duração para cada Tr (mm)

DURAÇÃO	TR -Anos				
	50	100	200	500	1000
1 dia	84,3	98,2	115,1	130,5	144,5
24 h	92,8	119,58	125,56	133,04	138,41
1h	41,3	47,6	55,8	63,3	67,9
6 min (0,1 h)	12,9	13,4	15,7	17,8	19,7

3.4.7 - Cálculo da Chuva de Projeto

Por tratar-se de uma obra de médio porte, barragem de terra, serão analisadas as chuvas de projeto para dois períodos de retorno, de 100 e 500 anos.

A duração da chuva máxima, para o período de retorno adotado, foi determinada através do conceito de que um tempo de chuva efetiva, igual ou superior ao tempo de concentração da bacia, deve produzir a vazão máxima, pois nesta situação toda a bacia passaria a contribuir na seção de controle.

Adotando-se um tempo de concentração (calculado no item 2.2.5) de 4 horas utilizou-se uma chuva com duração de 4 horas.

Para obtenção do histograma de chuva efetiva utilizada na convolução chuva/vazão, foi empregada a metodologia do Soil Conservation Service SCS, baseada fundamentalmente em um parâmetro CN que procura descrever o tipo de solo, utilização que lhe é dada e condição de sua superfície no que diz respeito a potencialidade de gerar escoamento superficial. Este CN, (curve number) está compreendido entre zero (para solos com condutividade hidráulica infinita) e 100 (solos totalmente impermeável).

A partir da análise de um grande número de bacias foi possível ao SCS tabelar os valores de CN em função das características já citadas.

A precipitação efetiva, para cada intervalo de tempo, é calculada pelas expressões seguintes:

$$P_{ef} = \frac{(P_i - I_a) 2}{P_i - I_a + S} \quad \implies \text{para } P_i > I_a$$

$$e, P_{ef} = 0 \quad \implies \text{para } P_i \leq I_a$$

$$I_a = 0,2 * S, \text{ sendo } S = \frac{25.400}{CN} - 254$$

onde:

P_i = chuva intensa total (mm);

I_a = perda inicial (mm);

S = capacidade de retenção máxima do solo (mm);

CN = número de escoamento;

P_{ef} = precipitação efetiva acumulada (mm).

A avaliação do parâmetro CN (complexo solo-vegetação) foi feita através das áreas com as diferentes manchas de solo detectadas na área da bacia. O CN resultante é mostrado na seguinte tabela:

Tabela 3.4.8 - CN Ponderado

TIPO DE SOLO	ÁREA OCUPADA		CN PARA C/ TIPO DE SOLO
	(KM ²)	(%)	TOTAL
LA23	42,7	61	65
LA34	5,6	8	61
LA35	14,0	20	64
PE17	7,7	11	76
TOTAL	70	100	70

Para a região da bacia do Riacho Grande,

S = 108,85mm;

Ia = 21,77 mm

As perdas iniciais para a bacia podem ser estimadas em 21,77 mm

2.2.5 - Tempo de Concentração da chuva através da fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,95 (L^3 / \nabla H)^{0.385}$$

onde:

Tc = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km, L = 17 km;

∇H = Desnível máximo do rio principal em m, H = 231 m.

$$T_c = 0,95 (17^3 / 231)^{0.385}$$

$$T_c = 0,95 \times 3,2447$$

$$T_c = 3,08 \text{ horas ou Tomaremos } T_c = 3,00 \text{ horas}$$

Tomando-se a duração da chuva igual ao tempo de concentração, a partir do papel de probabilidade, foram determinados os valores de altura precipitada para a duração adotada (horas), a intervalos de 3 hora obtendo, dessa forma, os valores de lâmina máxima para cada intervalo de chuva.

3.2.6 - Cálculo da Vazão Máxima

Para o cálculo da vazão máxima de projeto do sangradouro foi adotado o método do Hidrograma Unitário Triangular, desenvolvido pelo U. S. Soil Conservation Service (1957), que para uma chuva efetiva de 10 mm de altura no tempo unitário, fornece os seguintes parâmetros:

$$Q_p = 2,08 * A / T_p = 2,08 * 70 / 2,06 = 68,36$$

$$D = 0,133 * T_c = 0,133 * 3,08 = 0,41$$

$$T_p = 0,5 * D + 0,6 * T_c = 0,5 * 0,41 + 0,6 * 3,08 = 2,053$$

$$T_r = 1,67 * T_p = 3,43$$

$$T_b = T_p + T_r = 2,05 + 3,43 = 5,48$$

onde:

D = duração da chuva efetiva unitária, em h;

Tp = tempo de pico, em h;

T_b = tempo de base, em h;

A = área da bacia hidrográfica, em km^2

Q_p = vazão de pico, em m^3/s .

Conhecidos os valores de Q_p , T_p e T_r , calculam-se as ordenadas Q_i para qualquer T_i , por proporcionalidade de triângulos.

Os valores obtidos são os seguintes:

- $D = 0,532$ h

- $T_p = 2,666$ h

- $T_r = 4,45$

- $T_b = 7,118$

- $A = 70$ km^2

- $Q_p = 92,89$ m^3/s .

Para o cálculo do hidrograma real é obtido com base na técnica da curva “S” para a duração da chuva adotada e as chuvas efetivas calculadas.

Os hidrogramas de cheia calculados para os períodos de retorno analisados são apresentados nas tabelas 3.4.10.1 e 3.4.10.2, respectivamente. A vazão máxima para $T_r = 100$ anos é $172,80$ m^3/s e, para $T_r = 1000$ anos, é de $354,20$ m^3/s .

Tabela 3.4.10.1 - Hidrograma de Cheia para Tr = 100 anos

DADOS INICIAIS		Tr(anos)	L (km)	H (m)	CN	ÁREA (km2)							Tc(h)
		100	55,00	228	70	70							5,48
DADOS DO HIDROG. UNIT.		Dc (h)	Du (h)	Tp (h)	Tb (h)	Qp (m3/s/m)							
		2,66	0,532	2,666	7,118	92,89							
Duração (h)	Qu (m3/s/m)	CHUVA EFETIVA (m)										Q (m3/s)	
		0,000	0,000	0,000	0,013	1,294	0,722	0,329	0,217	0,158	0,128		
3	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0								0,0
6	63,8	0,0	0,0	0,0	0,4	27,5	7,7	0,0					35,6
9	35,8	0,0	0,0	0,0	0,8	68,8	30,7	10,5	4,6	1,7	0,0		117,2
12	23,9	0,0	0,0	0,0	0,5	51,5	51,2	21,0	11,5	6,7	4,1		146,5
15	11,9	0,0	0,0	0,0	0,3	36,1	23,0	11,8	8,6	11,2	8,2		99,1
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	20,6	14,4	7,9	6,0	5,0	4,6		58,6
21					0,0	5,2	5,7	3,9	3,5	3,1	3,1		24,5
24								0,0	0,9	1,3	1,5		3,6

Tabela 3.4.10.2 - Hidrograma de Cheia para Tr = 1000 anos

DADOS INICIAIS		Tr (anos)	L (km)	H (m)	CN	ÁREA (km ²)	Tc(h)						
		1000	20	228	70	70	5,48						
DADOS DO HIDROGRAMA UNITÁRIO		Dc (h)	Du (h)	Tp (h)	Tb (h)	Qp (m ³ /s/m)							
		2,66	0,532	2,666	7,118	173,33							
Duração (h)	Qu (m ³ /s/m)	CHUVA EFETIVA (m)										Q (m ³ /s)	
		0,000	0,000	0,000	0,000	2,651	1,335	0,837	0,477	0,334	0,261		
0	0,0	0,0											0,0
1	10,6	0,0	0,0										0,0
2	21,3	0,0	0,0	0,0									0,0
3	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0								0,0
4	42,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							0,0
5	53,2	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,0						28,2
6	63,8	0,0	0,0	0,0	0,0	56,4	14,2	0,0					70,6
7	70,9	0,0	0,0	0,0	0,0	84,6	28,4	8,9	0,0				121,9
8	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	112,8	42,6	17,8	5,1	0,0			178,3
9	35,8	0,0	0,0	0,0	0,0	141,0	56,8	26,7	10,2	3,6	0,0		238,3
10	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	169,2	71,0	35,6	15,2	7,1	2,8		301,0
11	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	187,9	85,2	44,5	20,3	10,7	5,6		354,2
12	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	105,5	94,6	53,4	25,4	14,2	8,3		301,5
13	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	53,1	59,3	30,5	17,8	11,1		266,8
14	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	84,4	47,8	33,3	33,8	21,3	13,9		234,6
15	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	73,9	42,5	30,0	19,0	23,7	16,7		205,7
16	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,3	37,2	26,7	17,1	13,3	18,5		176,0
17	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,8	31,9	23,3	15,2	12,0	10,4		145,5
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,2	26,6	20,0	13,3	10,6	9,3		122,0
			0,0	0,0	0,0	31,7	21,3	16,7	11,4	9,3	8,3		98,6
				0,0	0,0	21,1	15,9	13,3	9,5	8,0	7,3		75,1
					0,0	10,6	10,6	10,0	7,6	6,6	6,2		51,6
						0,0	5,3	6,7	5,7	5,3	5,2		28,2
							0,0	3,3	3,8	4,0	4,2		15,3
								0,0	1,9	2,7	3,1		7,7
									0,0	1,3	2,1		3,4
										0,0	1,0		1,0
											0,0		0,0

2.2.6- Determinação do rendimento pluvial da bacia:

Fórmulas:

$$Rmm = 28,53 \cdot H - 112,95 \cdot H^2 + 351,91 \cdot H^3 - 118,74 \cdot H^4 \therefore R\% = \frac{Rmm}{10 \cdot H}$$

Onde: $H = 548 \text{ mm} \simeq 0,548 \text{ m}$

Então:

$$Rmm = 28,53 \times 0,548 - 112,95 \cdot 0,548^2 + 351,91 \cdot 0,548^3 - 118,74 \cdot 0,548^4$$

$$Rmm = 15,63 - 33,92 + 57,76 - 10,70 = 28,77 \text{ e } R\% = 28,77/5,48 = 5,25$$

2.2.7 - Cálculo do volume afluente anual

Fórmula: $Va = R\% \cdot H \cdot U \cdot A$

Onde: $R\% = 5,25 / 100 = 0,0525$, $H = 0,548 \text{ m}$, $A = 70.000.000 \text{ m}^2$

$U = 0,716$ (valor tabelado, depende do tipo de bacia hidrográfica alta declividade)

Então:

$$Va = 0,0525 \times 0,548 \times 0,716 \times 70.000.000 = 1.442.052 \text{ m}^3$$

2.2.8- Capacidade do reservatório

Se a topografia do local barrado permitir, pode-se adotar um volume médio afluente anual calculado para período de chuvas normais entre: igual ao calculado, e até três vezes maior, para locais onde suporta lâmina d'água muito alta e notadamente para o semiárido: Neste caso como a barragem tem média altura vamos dimensionar a altura da barragem para a acumulação próximo as três vezes o deflúvio médio de um ano normal.

Assim, determina-se a capacidade do reservatório, definindo sua cota de armazenamento máximo, através do diagrama CotaxÁreaxVolume.

A melhor situação foi a escolha da cota 435,74 para nível de soleira com 17,00m de Lâmina d'água e acumulação de $V = 4.326.155,00$ ou 3 vezes a mais que o escoamento de um ano de temporada de chuvas normais.

TABELA COTA x ÁREA x COTA VOLUME MADEIRA CORTADA							
Altura m	Cota			Área m ²	V.parcial m ³	V. total m ³	Obser.
0	418,74	0		-	0,00	0,00	
1	419,74	230	10	2.300,00	1.150,00	1.150,00	
2	420,74	465	21	9.765,00	6.032,50	7.182,50	
3	421,74	697	33	23.001,00	16.383,00	23.565,50	
4	422,74	920	44	40.480,00	31.740,50	55.306,00	
5	423,74	1160	57	66.120,00	53.300,00	108.606,00	
6	424,74	1205	61	73.505,00	69.812,50	178.418,50	
7	425,74	1493	79	117.947,00	95.726,00	274.144,50	
8	426,74	1782	100	178.200,00	148.073,50	422.218,00	
9	427,74	1980	114	225.720,00	201.960,00	624.178,00	
10	428,74	2180	131	285.580,00	255.650,00	879.828,00	
11	429,74	2389	150	358.350,00	321.965,00	1.201.793,00	
12	430,74	2643	155	409.665,00	384.007,50	1.585.800,50	
13	431,74	2986	162	483.732,00	446.698,50	2.032.499,00	
14	432,74	3102	168	521.136,00	502.434,00	2.534.933,00	
15	433,74	3218	173	556.714,00	538.925,00	3.073.858,00	
16	434,74	3580	178	637.240,00	596.977,00	3.670.835,00	
17	435,74	3700	182	673.400,00	655.320,00	4.326.155,00	soleira
18							
19	437,74						NA máx.
20,26	439,00						Crista

2.2.10 - Cálculo da Vazão Máxima de Projeto

Foram utilizados métodos empíricos para determinar a vazão máxima de projeto., com base nas chuvas intensas de 24 horas, para o determinado período de retorno.

H = chuva de projeto, em mm \Rightarrow H = 119,58 mm para Tr = 100 anos

H = chuva de projeto, em mm \Rightarrow H = 138,41 mm para Tr = 1000 anos

a) Método de Possenti

$$Q = K * H (A_m + A_p/3) / 1.000 * L$$

onde:

Q = vazão máxima, em m³/s;

H = altura da chuva H = 119,58 mm para Tr = 100 anos, para Tr=1000 anos

H=138,41mm

L = comprimento do talvegue principal, em km \Rightarrow L = 17,00km;

A_m = área montanhosa na bacia, em km²; \Rightarrow A_m = 35,00 km²

A_p = área plana na bacia, em km² \Rightarrow A_p = 35,00 km²

K = coeficiente entre 700 e 800, sendo tanto maior quanto menor for L

então a vazão máxima determinada é:

Para Tr = 100 anos Q= 750x119,58(35+11,66)/17.000 Q = **246,19 m³/s**

Para Tr = 1000 anos Q= 750x138,41(35+11,66)/17.000 Q = **284,92 m³/s**

e) Método do Eng.º Aguiar

O método do Eng.º Aguiar fornece apenas a vazão máxima secular.

Este método determina o volume afluente anual ao reservatório em função do rendimento pluvial da precipitação média anual e da área da bacia.

Como vazão de projeto para o vertedor, as fórmulas do Eng.º Aguiar determinam a descarga máxima secular, em m³/s, em função da área da bacia, do comprimento da linha de fundo ou comprimento do rio e de coeficientes que dependem do relevo e do tipo de solo predominante na bacia.

Os dados básicos para o cálculo da vazão secular por este método encontram-se na Tabela seguinte:

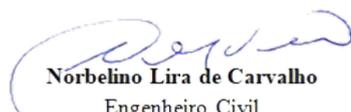

Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil
Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

Tabela No. 2.2.11 - Parâmetros Definidos para a Bacia

Simbologia	Definição	Valor
H	Precipitação Média Anual na bacia	548 mm
A	Área da Bacia Hidrográfica	70,00 Km ²
	Tipo da bacia	7 – Semi Ondulada, terreno variável ou ordinário
U	Coeficiente de correção	0,716
K	Coefic. Depende do tipo da bacia	1,00
C	Coefic. Depende do tipo da bacia	1,45
L	Linha de fundo	17 km

2.2.12 - Determinação da descarga máxima secular (100 anos):

$$Q_s = \frac{1.150 \cdot A}{\sqrt{L \cdot C \cdot (120 + K \cdot L \cdot C)}} ; (m^3/s)$$

Onde:

$$A = 70,00 \text{ km}^2$$

$$L = 17 \text{ km}$$

$$C = 1,45$$

$$K = 1,00$$

$$Q_s = (1.150 \times 70) / (17 \times 1,45)^{1/2} \times (120 + 1,00 \times 17 \times 1,45)$$

$$\text{Então: } Q_s = 112,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

Com toda segurança pode-se adotar para a descarga máxima de projeto a vazão situada entre o período de retorno de cem e mil anos $Q_s=250\text{m}^3/\text{s}$ para um período de retorno de quinhentos anos.

Será adotado a descarga máxima $Q_{500}=250,00\text{m}^3/\text{s}$

2.3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS**B - Relevo**

A bacia localiza-se em pediplano dissecado com superfície erosiva pediplanada elaboradas em terrenos do embasamento cristalino, com trechos conservados e em retomada de erosão.

Predominam dois tipos de relevo plano e suave ondulado, em cotas abaixo de 640m.

C - Geologia

A bacia do Riacho GRANDE encontra-se localizada no embasamento cristalino. As rochas predominantes são do Precambriano superior do Grupo Salgueiro, caracterizados pela presença de xistos, epi-gnaisses, calcários e quartzitos..

O nível de quartzito encontrado na área é muito micáceo e ocorre às vezes, em cristas separadas por centenas de metros de xistos, a espessura é variável e pode ultrapassar os 400 m.

Encontra-se, também, na área afrisita incrustada em placas de quartzito.

Os xistos são granatíferos e apresentam grande número de vieiros de quartzo, que dão origem a uma espessa capa coluvial por toda a área de ocorrência. A estrutura dominante é aquela em anticlinais e sinclinais muito abertos, com mergulhos suaves.

Maçiços circunscritos de granitos, granodioritos, quartzodioritos e sienitos, ocorrem com frequência constituindo elevações. Também aparecem rochas de período indiferenciado com presença de sienito.

O potencial hidrogeológico explorável da área é muito fraco.

D - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Materiais de Empréstimo

No trecho do Riacho GRANDE onde será implantada a Barragem BETÂNIA são encontrados depósitos aluvionares, constituídos por areia grossa a média, de boa qualidade para utilização na obra. A extensão lateral total destas jazidas atinge poucas dezenas de metros, sendo a extensão longitudinal variável. Tanto a montante como a jusante do eixo, existem depósitos de areias com extensão longitudinal variável podendo se considerar uma DMT de até 300 m de areias a serem extraídas, contendo um volume suficiente para a execução das obras para filtro e concreto.

Uma campanha de ensaios de laboratório foi orientada no sentido de se definir a caracterização das propriedades físicas e geotécnicas dos materiais a serem utilizados na construção da barragem. Esta campanha teve como fonte de maior pesquisa, as jazidas definidas para a obtenção dos materiais constitutivas dos agregados, notadamente do seixo rolado oriundo de empréstimos que deverá ser explorado com escavação, peneiramento e lavagem dos agregados.

As jazidas de areia foram estudadas e quantificadas, bem como analisadas dentre da campanha de identificação e caracterização dos materiais.

As jazidas de material para aterro também foram definidas no projeto, com ensaios de caracterização e compactação dos materiais.

Os resultados das análises destes estudos e suas consequências no projeto da barragem são apresentados e discutidos no desenvolvimento deste Volume.

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI
Jazidas Estudadas

Inicialmente foi feito um reconhecimento de toda área em volta do barramento, de modo a localizar possíveis ocorrências de materiais de empréstimos, visando a qualidade e estimando os volumes disponíveis.

Esta fase de estudos é de fundamental importância para os estudos de alternativas de estruturas e definição dos custos do projeto.

Desta forma, foram identificadas jazidas de materiais para maciço de terra, bem como jazidas de areia, de seixo e pedreiras, a serem utilizadas nas obras a projetar.

Para detalhamento destas áreas foram feitas inspeções durante a fase de estudos, através da abertura de poços, que permitiu a cubação dos materiais existentes nas jazidas, passíveis de serem utilizados nos concretos que serão utilizados no sangradouro e tomada d'água da barragem, bem como a coleta de amostras, para realização de ensaios laboratoriais.

Jazidas de Areia

As jazidas de areia ocorrem ao longo do leito do Riacho GRANDE que logo após a barragem toma a denominação de riacho da União, ai é encontrada areia em abundancia nas proximidades do eixo da Barragem BETÂNIA, inclusive o local é explorado para abastecimento do mercado local da construção civil.

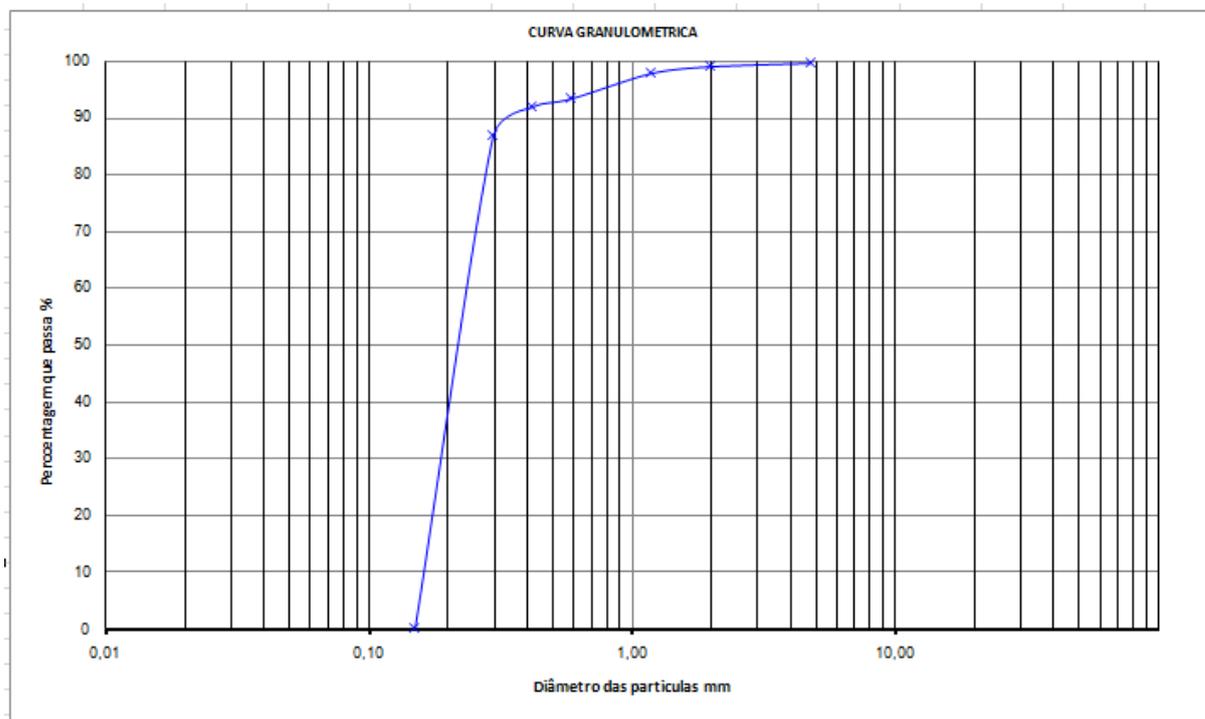
São constituídas de areias de granulometria variando de media a grossa, sobressaindo-se a fração média.

A exploração da areia será bastante facilitada, considerando que, na maior parte do ano, os bancos de areia não estão submersos.

GRANULOMETRIA AREIA RIACHO GRANDE

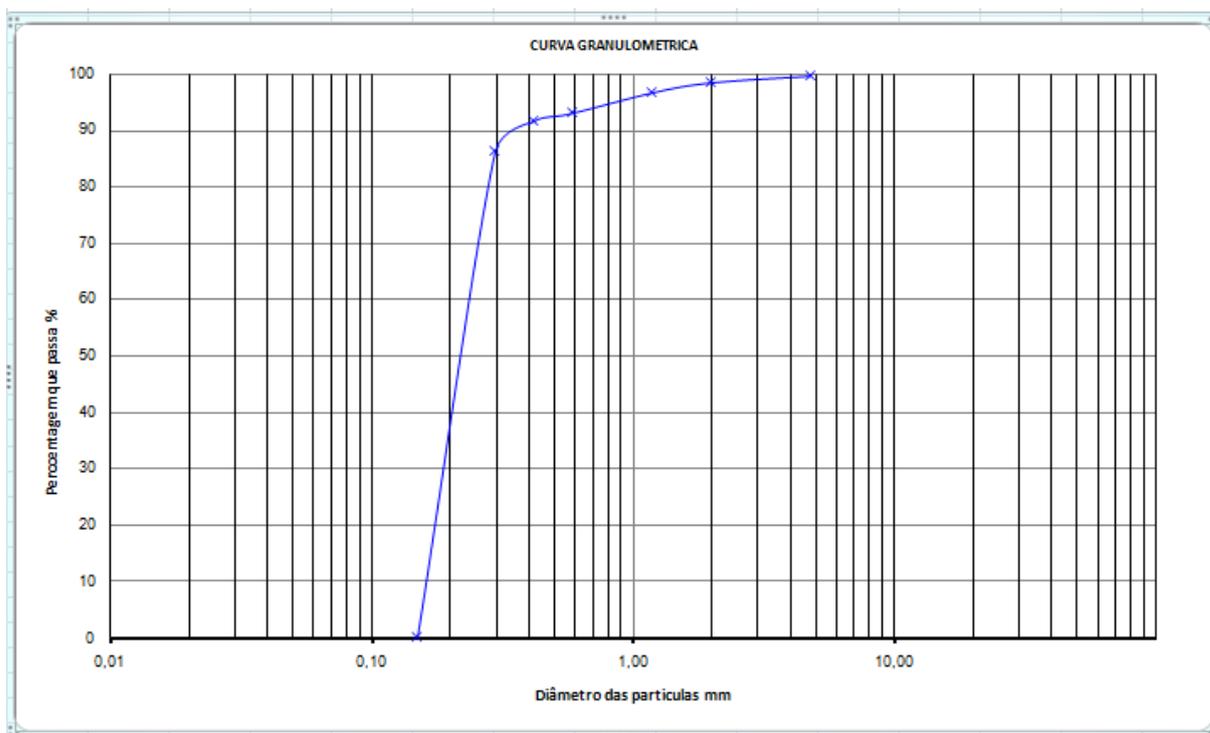
CONTROLE DE AGREGADOS					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO VIA SECA					
OBRA:	Madeira Cortada	AREIA 1			
LOCAL:					
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			
No	mm	Peso Retido (g)	% Retida	% Acumulada	% que Passa
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,10				
1/2"	12,27				
3/8"	9,52				
N 4	4,76	3,00	0,30	0,30	99,70
N 10	2,00	7,00	0,70	1,00	99,00
N 16	1,19	13,00	1,30	2,30	97,70
N 30	0,59	43,00	4,30	6,60	93,40
N40	0,42	14,00	1,40	8,00	92,00
N 50	0,297	51,20	5,12	13,12	86,88
N 100	0,149	866,80	86,68	99,80	0,20
FUNDO		2,00	0,20	100,00	-
TOTAL		1.000,00	100,00		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



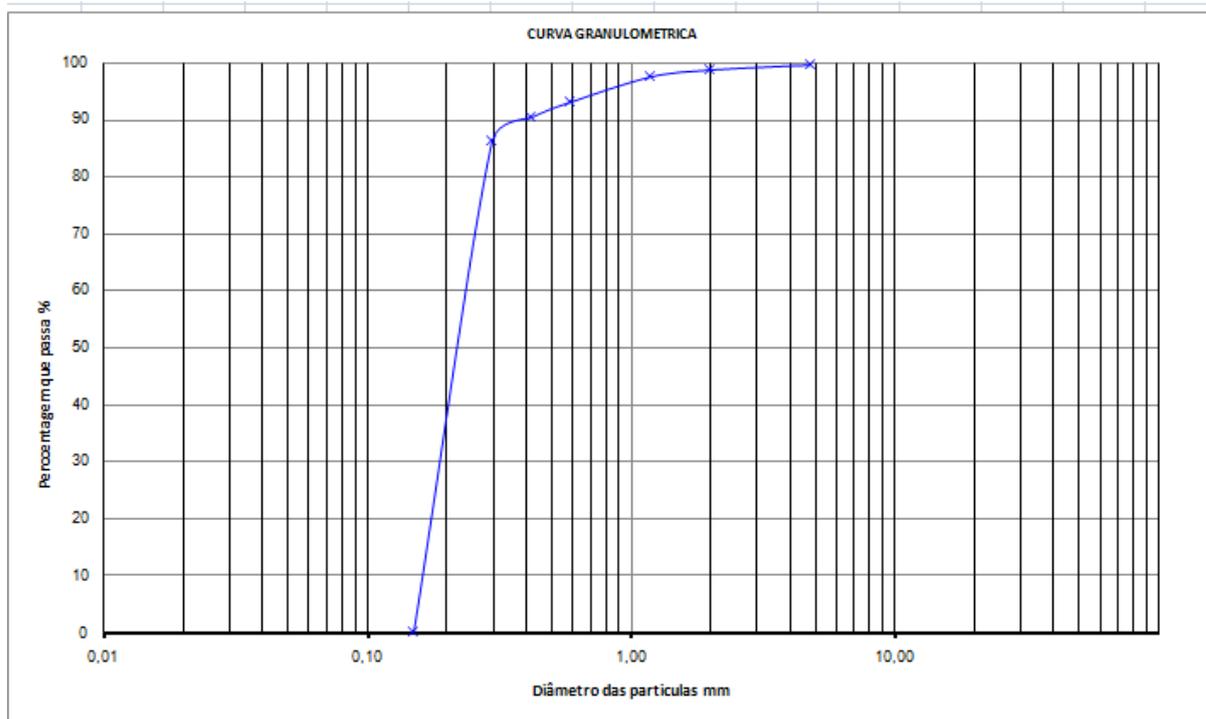
CONTROLE DE AGREGADOS					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO VIA SECA					
OBRA:	Madeira Cortada		AREIA 2		
LOCAL:					
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% que Passa
No	mm	Peso Retido (g)	% Retida	% Acumulada	
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,10				
1/2"	12,27				
3/8"	9,52				
N 4	4,76	5,20	0,52	0,52	99,48
N 10	2,00	10,40	1,04	1,56	98,44
N 16	1,19	17,20	1,72	3,28	96,72
N 30	0,59	38,20	3,82	7,10	92,90
N40	0,42	12,00	1,20	8,30	91,70
N 50	0,297	54,40	5,44	13,74	86,26
N 100	0,149	860,00	86,00	99,74	0,26
FUNDO		2,60	0,26	100,00	-
TOTAL		1.000,00	100,00		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



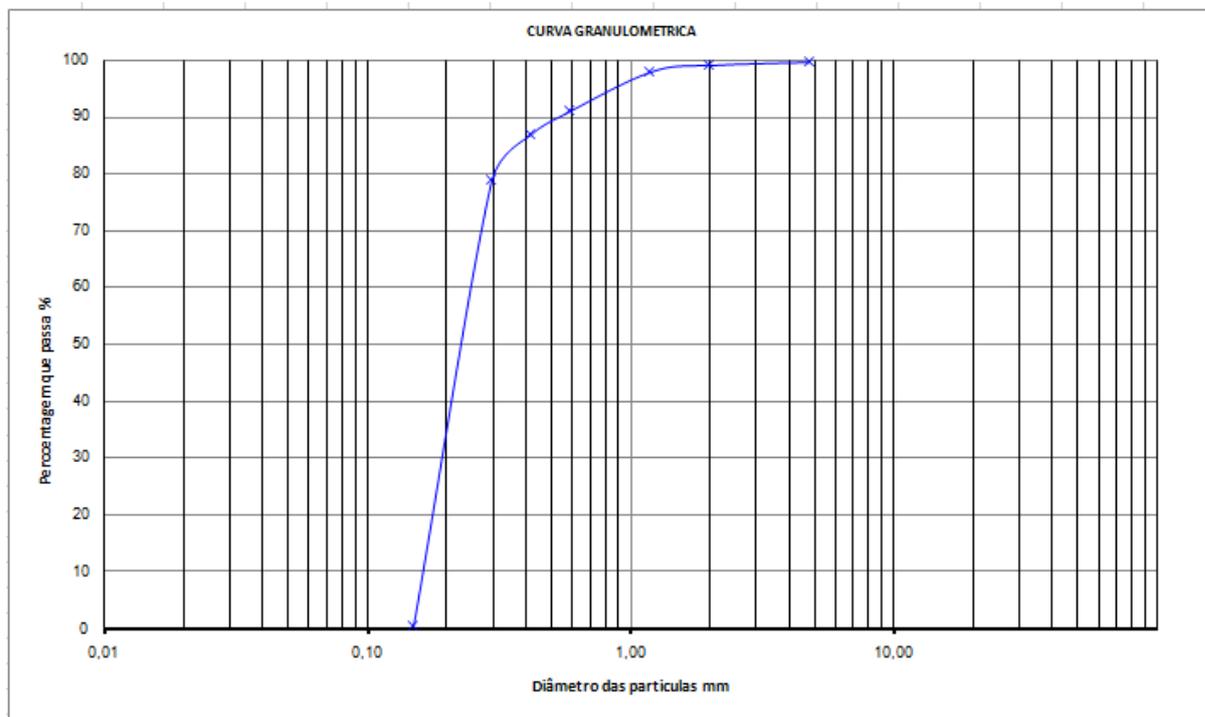
CONTROLE DE AGREGADOS					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO VIA SECA					
OBRA:	Madeira Cortada	AREIA 3			
LOCAL:					
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% que Passa
No	mm	Peso Retido (g)	% Retida	% Acumulada	
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,10				
1/2"	12,27				
3/8"	9,52				
N 4	4,76	4,50	0,45	0,45	99,55
N 10	2,00	8,20	0,82	1,27	98,73
N 16	1,19	12,50	1,25	2,52	97,48
N 30	0,59	43,20	4,32	6,84	93,16
N 40	0,42	28,00	2,80	9,64	90,36
N 50	0,297	40,70	4,07	13,71	86,29
N 100	0,149	860,40	86,04	99,75	0,25
FUNDO		2,50	0,25	100,00	-
TOTAL		1.000,00	100,00		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



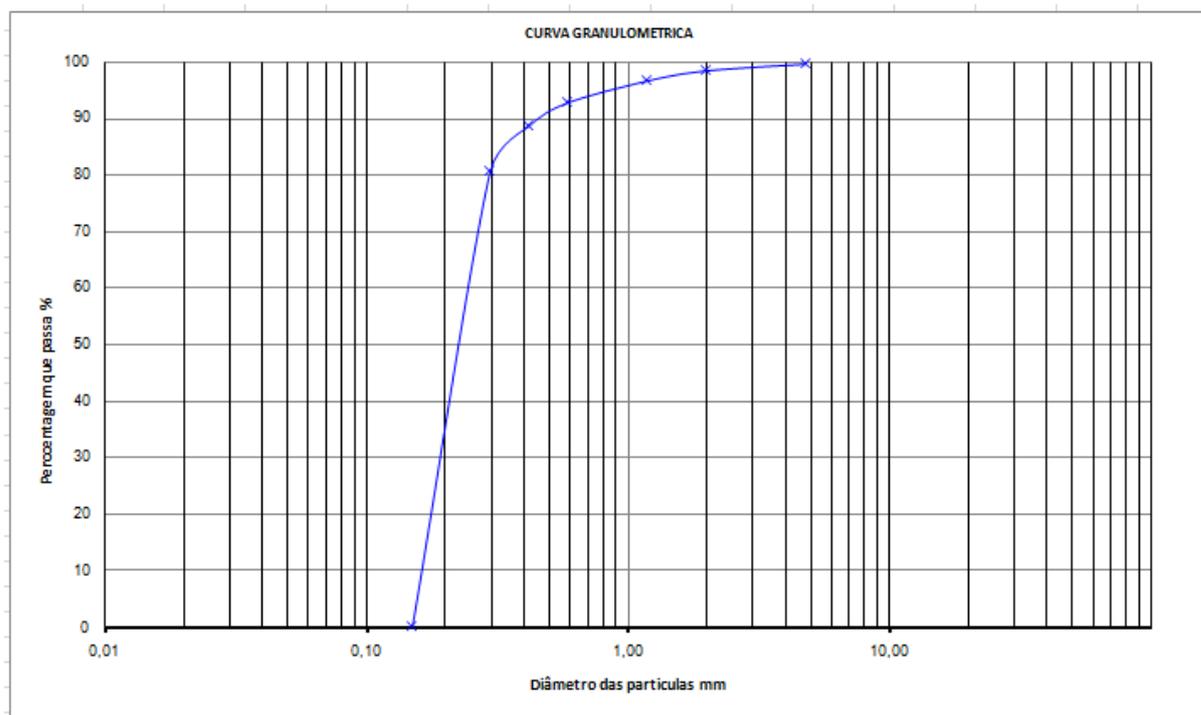
CONTROLE DE AGREGADOS					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO VIA SECA					
OBRA:	Madeira Cortada		AREIA 4		
LOCAL:					
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% que Passa
No	mm	Peso Retido (g)	% Retida	% Acumulada	
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,10				
1/2"	12,27				
3/8"	9,52				
N 4	4,76	4,50	0,45	0,45	99,55
N 10	2,00	5,00	0,50	0,95	99,05
N 16	1,19	12,00	1,20	2,15	97,85
N 30	0,59	70,00	7,00	9,15	90,85
N40	0,42	40,00	4,00	13,15	86,85
N 50	0,297	80,00	8,00	21,15	78,85
N 100	0,149	784,00	78,40	99,55	0,45
FUNDO		4,50	0,45	100,00	-
TOTAL		1.000,00	100,00		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



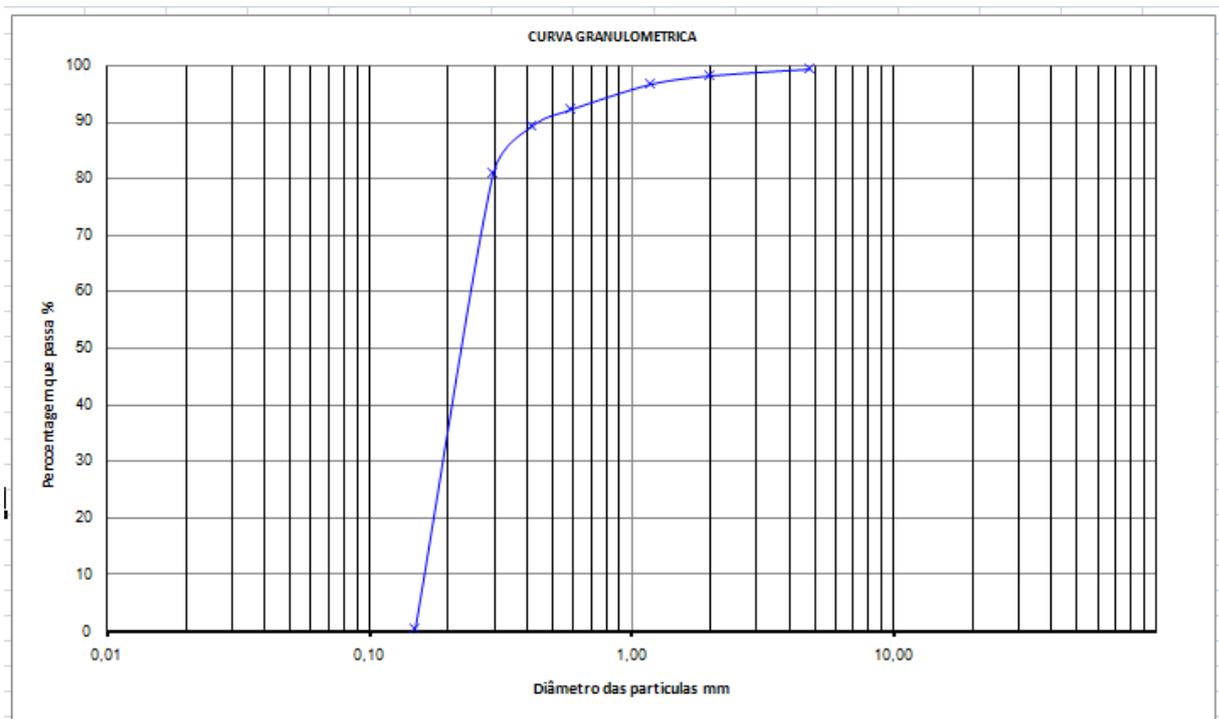
CONTROLE DE AGREGADOS					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO VIA SECA					
OBRA:	Madeira Cortada		AREIA 5		
LOCAL:					
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% que Passa
No	mm	Peso Retido (g)	% Retida	% Acumulada	
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,10				
1/2"	12,27				
3/8"	9,52				
N 4	4,76	3,90	0,39	0,39	99,61
N 10	2,00	12,40	1,24	1,63	98,37
N 16	1,19	18,40	1,84	3,47	96,53
N 30	0,59	38,70	3,87	7,34	92,66
N40	0,42	40,00	4,00	11,34	88,66
N 50	0,297	80,00	8,00	19,34	80,66
N 100	0,149	804,00	80,40	99,74	0,26
FUNDO		2,60	0,26	100,00	-
TOTAL		1.000,00	100,00		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



CONTROLE DE AGREGADOS					
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO VIA SECA					
OBRA:	Madeira Cortada		AREIA 6		
LOCAL:					
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% que Passa
No	mm	Peso Retido (g)	% Retida	% Acumulada	
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,10				
1/2"	12,27				
3/8"	9,52				
N 4	4,76	7,00	0,70	0,70	99,30
N 10	2,00	12,00	1,20	1,90	98,10
N 16	1,19	16,20	1,62	3,52	96,48
N 30	0,59	44,00	4,40	7,92	92,08
N 40	0,42	29,00	2,90	10,82	89,18
N 50	0,297	82,00	8,20	19,02	80,98
N 100	0,149	806,80	80,68	99,70	0,30
FUNDO		3,00	0,30	100,00	-
TOTAL		1.000,00	100,00		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

ENSAIOEQUIVALENTE DE AREIA DNER-ME 054/97							Folha: Único
							Data: 14/01-17
Registro N°	DATA	Provet a N°	Tempo (min)	Leitura		2 / H1 x 10	Média
				Topo Argila	Topo Areia		
AREIA 1	01.02.2017	01-02	30	12,4	11,8	95,2%	96%
				13,0	12,7	97,7%	
AREIA 2	01.02.2017	03-04	30	12,8	11,5	89,8%	94%
				12,6	12,4	98,4%	
AREIA 3	01.02.2017	01-02	30	12,6	11,8	93,7%	96%
				12,8	12,5	97,7%	
AREIA 4	01.02.2017	03-04	30	12,9	11,7	90,7%	95%
				12,7	12,5	98,4%	
AREIA 5	01.02.2017	01-02	30	12,3	11,9	96,7%	97%
				12,7	12,3	96,9%	
AREIA 6	01.02.2017	03-04	30	12,3	11,9	96,7%	96%
				13,0	12,5	96,2%	

Observações:

Barragem Madeira Cortada

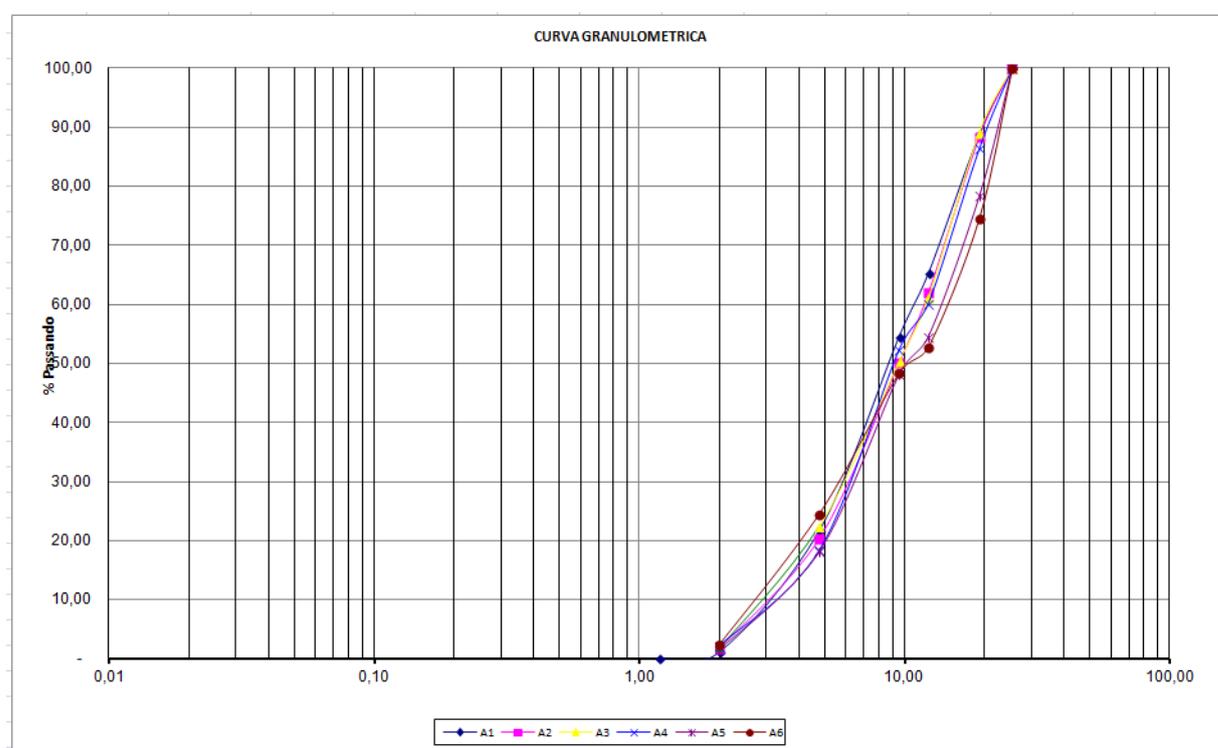
Material Pétreo

A obtenção de material pétreo, para construção da barragem será realizada a partir das jazidas de seixo rolado para agregado graúdo do concreto e da jazida denominada Pedreira de arenito compacto para fornecimento de pedra de mão para o concreto ciclópico, ambas estudadas no projeto, estão sendo exploradas atualmente para atender a demanda local e regional de construção. Estes materiais, já utilizados em outras obras hídricas e barragens similares, se prestarão certamente, como agregado dos concretos a serem produzidos e pedra de mão para concreto ciclópico.

Os resultados dos ensaios do seixo estão apresentados a seguir.

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

PENEIRA	mm	AMOSTRAS - % QUE PASSA					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
2"	50,80						
1 1/2"	38,10						
1"	25,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,10	88,80	88,40	89,20	86,40	78,40	74,60
1/2"	12,27	65,26	62,00	61,20	60,20	54,60	52,80
3/8"	9,52	54,57	50,20	50,40	52,40	48,20	48,40
N 4	4,76	21,66	20,40	22,40	18,40	18,20	24,60
N 10	2,00	1,11	1,80	1,90	2,20	1,60	2,50
N 16	1,19	-					



A exploração deste material deverá ser por peneiramento e lavagem para obtenção de material para agregado graúdo do concreto.

Jazida para aterro da Barragem

O material encontrado na jazida é bastante homogêneo, apresenta uma matriz argilosa que fornecerá impermeabilidade e coesão necessária ao material que será devidamente compactado.

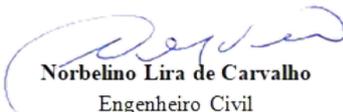
A área da jazida esta na planta de ocorrências de materiais de construção e apresenta uma profundidade de exploração até 2,0 m.

A seguir se apresentam os ensaios realizados no material:

Norbelino Lira de Carvalho

31

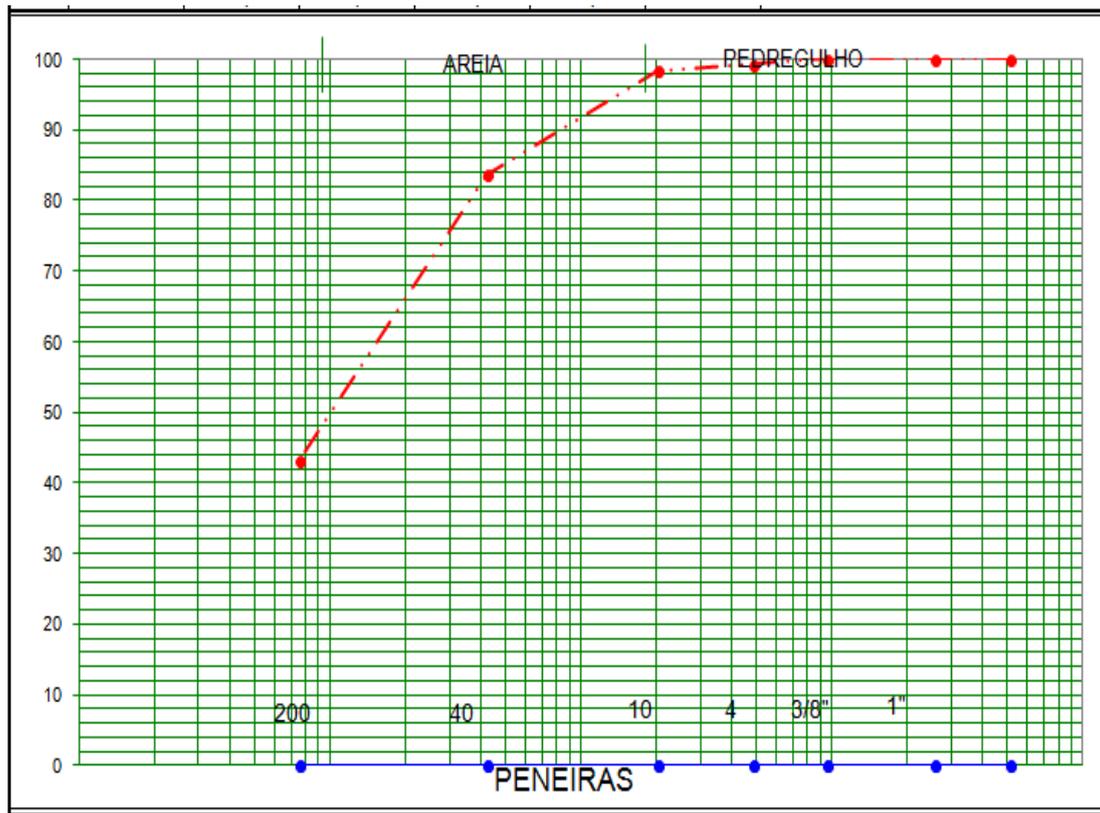
Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
 Engenheiro Civil
 Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

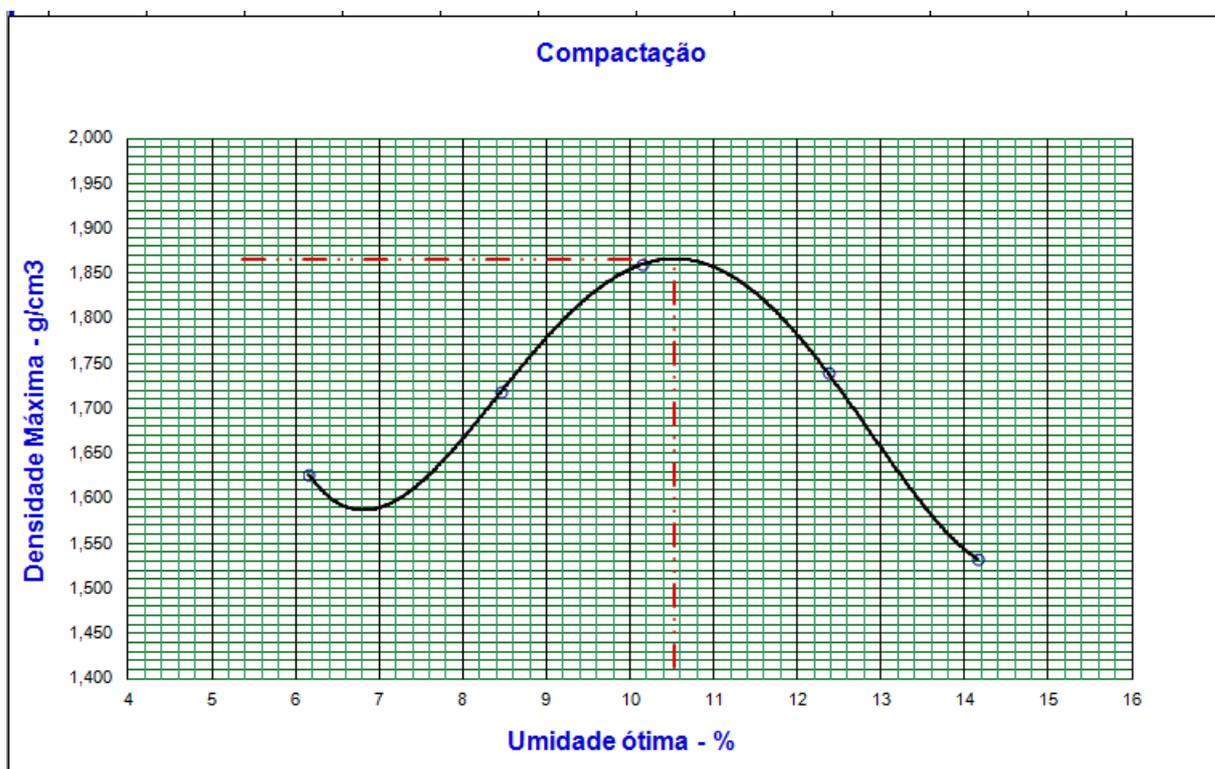
ENSAIO DE GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO									
OBRA= Barragem Madeira Cortada		SOLO PARA ATERRO			FURO 1				
JAZIDA PROPRIETÁRIO NORBERTO		ESTUDO DE JAZIDA			PROFUND.EM cm 2,00 METROS				
OPERADOR: EQUIPE	DATA: 01/02/2017	CALCULISTA: FRANCISCO	LOCALIZAÇÃO						
UMIDADE		%	%	AMOSTRA		Total			
Cápsula - N°				Cápsula - N°					
Peso Bruto Úmido		100,00		Peso Bruto Úmido		-			
Peso Bruto Seco		99,10		Peso Úmido		2.000,00			
Peso da Cápsula				Peso Retido na # N° 10		200,00			
Peso da Água		0,90		Peso Úmido Pass. na # N° 10		32,5			
Peso do Solo Seco		99,10		Peso Seco Pass. na # N° 10		1967,5			
Umidade		0,9		Peso da amostra Seca		1949,8			
Umidade Média		0,9				[2] 1982,3 [3] 198,2			
Peneiramento									
Amostra Total	Peneiras		Peso Retido Parcial	Peso que Passa Acumulado	% que Passa Am.Total	Peneiras Pol	CONSTANTES		
	Pol	mm					K ₁ = $\frac{100}{[2]}$ 0,0504		
	2	50,8		1982,3	100,0	2			
	1 1/2	38,1		1982,3	100,0	1 1/2			
	1	25,4	0,0	1982,3	100,0	1	K ₂ = $\frac{[4]}{[3]}$ 0,496		
	3/4	19,1	0,00			3/4			
	1/2	12,7	0,00			1/2			
	3/8	9,5	0,0	1982,3	100,0	3/8	FAIXA F.F da AASHO		
	004	4,8	15,1	1967,2	99,2	004			
	010	2,0	17,4	1949,8	[4] 98,4	010	H.R.B = A - 4		
Am. parcial	040	0,42	29,7	168,5	83,6	040			
	200	58,6	81,50	87,0	43,2	200	SOLO SILTOSO E ARGILOSO		

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI



BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO																																																																																																														
		OBRA Barragem Madeira Cortada						SOLO PARA ATERRO		FURO 1																																																																																																				
PROPRIETÁRIO NORBERTO			ESTUDO DE JAZIDA				LOCALIZAÇÃO			PROFUND.EM cm 2.0 METROS																																																																																																				
OPERADOR: EQUIPE		DATA: 01/02/2017		CALCULISTA: FRANCISCO																																																																																																										
Obs:																																																																																																														
UMIDADE HIGROSCÓPICA		%	CÁPSULA	MOLDE Nº		16		DENSIDADE MÁXIMA:																																																																																																						
Peso Bruto Úmido		100,00		VOLUME DO MOLDE		2.041																																																																																																								
Peso Bruto Seco		98,95		PESO DO MOLDE		4.640				1,866		g/cm ³																																																																																																		
Tara				PESO DO SOQUETE		4,565																																																																																																								
Peso da Água		1,05		ESPESSURA DO DISCO		2 1/2"		UMIDADE ÓTIMA:																																																																																																						
Peso do solo seco				ESPAÇADOR																																																																																																										
Umidade (%)		1,1		GOLPES / CAMADA		12				10,5		%																																																																																																		
Amostra KG.		7.000		Nº DE CAMADAS		05																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">PONTO Nº</th> <th colspan="2">PESO</th> <th colspan="2">DENSIDADE</th> <th colspan="6">DETERMINAÇÃO DA UMIDADE</th> <th colspan="1">UMIDADE</th> <th colspan="1">DENSIDADE</th> </tr> <tr> <th>BRUTO</th> <th>SOLO</th> <th>SOLO</th> <th rowspan="2">CÁPSULA Nº</th> <th>PESO BRUTO</th> <th>PESO BRUTO</th> <th>PESO DA</th> <th>PESO DA</th> <th>PESO SOLO</th> <th rowspan="2">UMIDADE %</th> <th rowspan="2">MÉDIA %</th> <th rowspan="2">DO SOLO SECO (g/cm3)</th> </tr> <tr> <th>ÚMIDO (g)</th> <th>ÚMIDO (g)</th> <th>ÚMIDO (g/cm3)</th> <th>ÚMIDO</th> <th>SECO</th> <th>CÁPSULA</th> <th>ÁGUA</th> <th>SECO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8.165</td> <td>3.525</td> <td>1,727</td> <td>01</td> <td>50,00</td> <td>47,10</td> <td>0,00</td> <td>2,90</td> <td>47,10</td> <td></td> <td>6,2</td> <td>1,627</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8.445</td> <td>3.805</td> <td>1,864</td> <td>02</td> <td>50,00</td> <td>46,10</td> <td>0,00</td> <td>3,90</td> <td>46,10</td> <td></td> <td>8,5</td> <td>1,719</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8.820</td> <td>4.180</td> <td>2,048</td> <td>03</td> <td>50,00</td> <td>45,40</td> <td>0,00</td> <td>4,60</td> <td>45,40</td> <td></td> <td>10,1</td> <td>1,860</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8.630</td> <td>3.990</td> <td>1,955</td> <td>04</td> <td>50,00</td> <td>44,50</td> <td>0,00</td> <td>5,50</td> <td>44,50</td> <td></td> <td>12,4</td> <td>1,740</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8.210</td> <td>3.570</td> <td>1,749</td> <td>05</td> <td>50,00</td> <td>43,80</td> <td>0,00</td> <td>6,20</td> <td>43,80</td> <td></td> <td>14,2</td> <td>1,532</td> </tr> </tbody> </table>													PONTO Nº	PESO		DENSIDADE		DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE	DENSIDADE	BRUTO	SOLO	SOLO	CÁPSULA Nº	PESO BRUTO	PESO BRUTO	PESO DA	PESO DA	PESO SOLO	UMIDADE %	MÉDIA %	DO SOLO SECO (g/cm3)	ÚMIDO (g)	ÚMIDO (g)	ÚMIDO (g/cm3)	ÚMIDO	SECO	CÁPSULA	ÁGUA	SECO	1	8.165	3.525	1,727	01	50,00	47,10	0,00	2,90	47,10		6,2	1,627	2	8.445	3.805	1,864	02	50,00	46,10	0,00	3,90	46,10		8,5	1,719	3	8.820	4.180	2,048	03	50,00	45,40	0,00	4,60	45,40		10,1	1,860	4	8.630	3.990	1,955	04	50,00	44,50	0,00	5,50	44,50		12,4	1,740	5	8.210	3.570	1,749	05	50,00	43,80	0,00	6,20	43,80		14,2	1,532
PONTO Nº	PESO		DENSIDADE		DETERMINAÇÃO DA UMIDADE						UMIDADE	DENSIDADE																																																																																																		
	BRUTO	SOLO	SOLO	CÁPSULA Nº	PESO BRUTO	PESO BRUTO	PESO DA	PESO DA	PESO SOLO	UMIDADE %	MÉDIA %	DO SOLO SECO (g/cm3)																																																																																																		
	ÚMIDO (g)	ÚMIDO (g)	ÚMIDO (g/cm3)		ÚMIDO	SECO	CÁPSULA	ÁGUA	SECO																																																																																																					
1	8.165	3.525	1,727	01	50,00	47,10	0,00	2,90	47,10		6,2	1,627																																																																																																		
2	8.445	3.805	1,864	02	50,00	46,10	0,00	3,90	46,10		8,5	1,719																																																																																																		
3	8.820	4.180	2,048	03	50,00	45,40	0,00	4,60	45,40		10,1	1,860																																																																																																		
4	8.630	3.990	1,955	04	50,00	44,50	0,00	5,50	44,50		12,4	1,740																																																																																																		
5	8.210	3.570	1,749	05	50,00	43,80	0,00	6,20	43,80		14,2	1,532																																																																																																		



Norbelino Lira de Carvalho

34

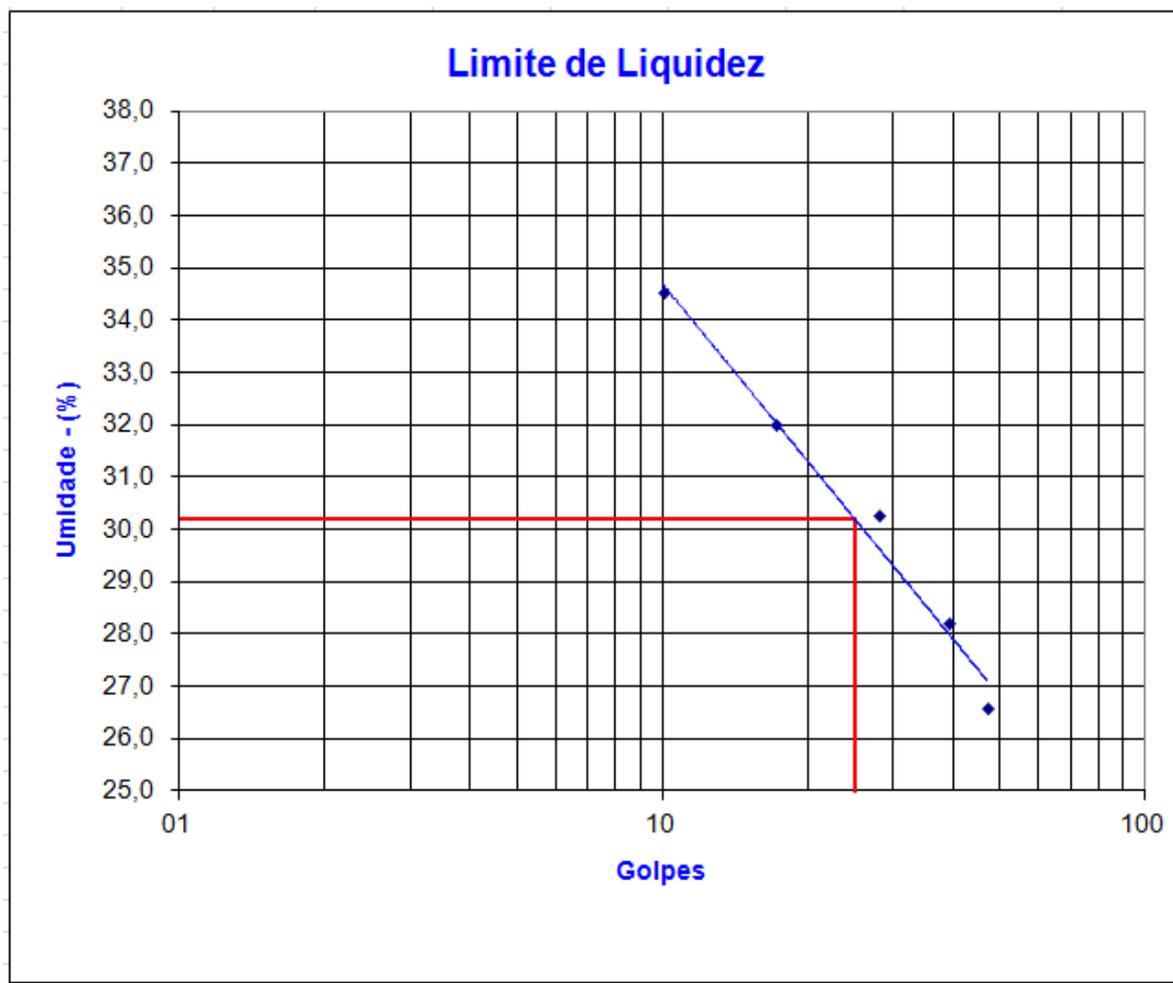
Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
 Engenheiro Civil
 Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

Os limites da matriz argilosa são apresentados a seguir;

ENSAIOS FÍSICOS							
Cápsula	N.º	02	01	04	05	06	Operador:
Golpes	g	10	17	28	39	47	EGUIPE
Peso Bruto Úmido	g	20,90	10,50	14,30	22,30	16,30	Data:
Peso Bruto Seco	g	18,59	9,30	12,79	20,10	14,60	06/02/2017
Peso da Cápsula	g	11,90	5,55	7,80	12,30	8,20	Calculista:
Peso da Água	g	2,31	1,20	1,51	2,20	1,70	FRANCISCO
Peso do Solo Seco	g	6,69	3,75	4,99	7,80	6,40	LL=
Umidade	%	34,53	32,00	30,26	28,21	26,56	30,2%
LIMITE DE PLASTICIDADE							
Cápsula	N.º	01	02	03	04	05	LP =
Peso Bruto Úmido	g	7,50	13,80	9,50	13,90	9,80	21,3%
Peso Bruto Seco	g	7,17	13,50	9,20	13,62	9,50	IP=
Peso da Cápsula	g	5,60	12,10	7,80	12,30	8,10	8,9%
Peso da Água	g	0,33	0,30	0,30	0,28	0,30	Obs:
Peso do Solo Seco	g	1,57	1,40	1,40	1,32	1,40	
Umidade	%	21,02	21,43	21,43	21,21	21,43	
		OK	OK	OK	OK	OK	



Na figura 9 estão apresentadas as principais ocorrências de materiais para construção da Barragem BETÂNIA:

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

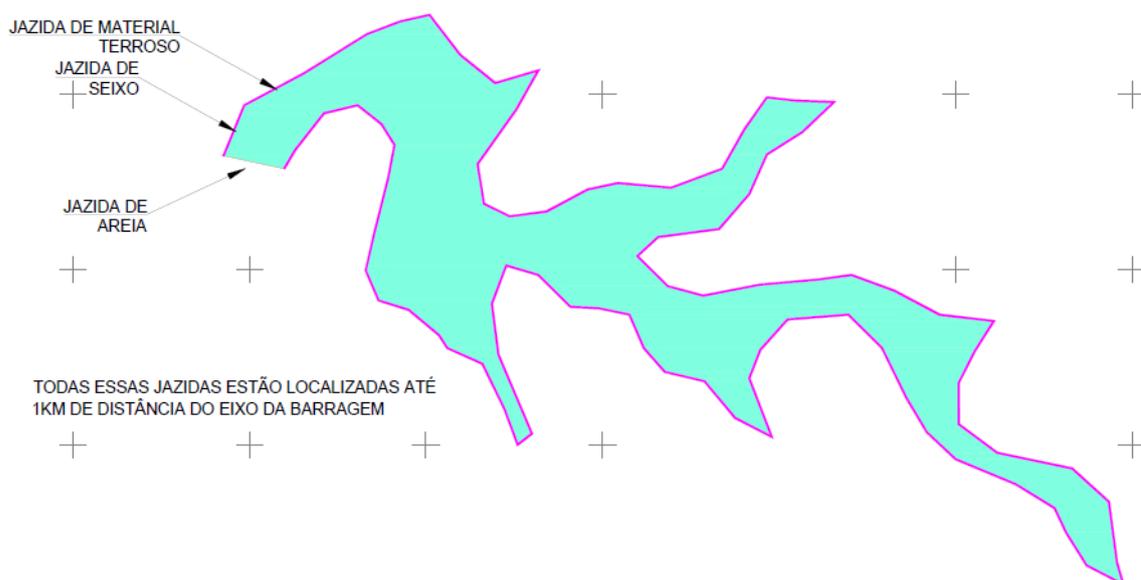


Figura 9

RESUMO DAS OCORRÊNCIAS:

- a) Material Pétreo : Arenito compacto - Pedra de mão para concreto ciclópico e enrocamento.

Volume Explorável: 15.000,00 m³.

DMT até local das Obras: 1,0 km

- b) Material Pétreo : Seixo para agregado graúdo do concreto.

Volume Explorável: 10.000,00 m³.

DMT até local das Obras: 1,0 km

- c) Material para maciço da barragem de terra : material sílico-argiloso

Volume Explorável: 150.000,00 m³.

DMT até local das Obras: 1,0 km

3.0 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

3.1 - Fixação da cota do sangradouro:

Através da tabela de áreas e volumes e da topografia do boqueirão, adotou-se a cota 405,403 para a soleira vertente, correspondente ao volume de acumulação de 11.480.000 m³, valor 57% maior que a capacidade calculada do volume afluente anual $V_a = 7.288206 \text{ m}^3/\text{ano}$. Isto significa que esta barragem sangrará em todos os anos de pluviometria normal.

Cota do sangradouro = 405,403,

Optou-se por um sangradouro de contorno do tipo parede espessa, constituído por um perfil de fixação da soleira e rebaixamento em três perfis em degraus espaçados conforme desenhos com queda de 1m*0,80*3degraus para o primeiro perfil, 1m*0,80*5degraus para o segundo perfil, 1m*0,80*6 degraus para o terceiro perfil, atingindo o leito do riacho, local conhecido como BETÂNIA, sendo que esta área será revestida com enrocamento da bacia de dissipação com pedras lançadas

3.2 - Cálculo da Largura do Sangradouro de seção retangular

$$L_s = Q_s / 2,1 \cdot H \cdot H^{1/2}$$

$$Q_{500 \text{ anos}} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Para } H = 2,0 \text{ m e taludes } 1:1:, \quad \implies L_s = 250 / 2,1 \cdot 2 \cdot 1,414 = 42 \text{ m}$$

Pelas características topográficas e de solos do local, o sangradouro será construído em seção trapezoidal protegido por taludes formado pelo corte no terreno natural até o nível da soleira nivelada, e, fixada a largura da base do sangradouro $L_s = 40,00\text{m}$ mais 2 m referente aos taludes.

4.0 - DIMENSIONAMENTO DO MACIÇO PRINCIPAL

Para o coroamento da barragem suportar a vazão $Q_{500 \text{ anos}} = 250,00 \text{ m}^3/\text{s}$, leva ao cálculo da altura máxima das ondas formadas no lago artificial, a fim de, somada à carga do sangradouro por ocasião das cheias, deixar-se uma folga suficiente para a água não atingir a crista.

4.1 – Cálculo da folga da Barragem

A folga da barragem é dimensionada em função da ação dos ventos sobre a superfície da água, influenciando na velocidade e altura das ondas que se formam no lago.

Sendo a diferença entre a cota do coroamento e a cota do nível máximo das águas no lago. A folga é uma altura determinada pela equação empírica: $F = 0,75xh + V^2/2g$

Onde h = altura das ondas formada no contorno topográfico do lago artificial, segundo a linha reta formada na represa em situação de cheia, tem a dimensão de 1,50km.

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

Stephenson dá a altura máxima, em metros, da onda **h**, em função da maior dimensão **L** da represa em linha reta, através da fórmula:

$$h = 0,36 \cdot \sqrt{L} + 0,76 - 0,27 \cdot L^{0,25}$$

L maior dimensão da reta na represa expressa em km ou **L** = 1,50km:

$$h = 0,36 \sqrt{L} + 0,76 - 0,27L^{0,25} \text{ ou } h = 0,36 \sqrt{1,5} + 0,76 - 0,27 \cdot 1,5^{0,25} \quad h = 0,44 + 0,76 - 0,30m$$

$$h = 0,90.$$

$$V = 1,5 + 2 \times 0,9 \text{ ou } V = 3,30m/s$$

$$\text{Então } F = 0,75 \times 0,9 + 3,3^2 / 2 \times 9,8 \text{ ou } F = 0,675 + 0,555 = 1,230 \text{ ou } F = 1,23$$

4.2 – CÁLCULO DA REVANCHE DA BARRAGEM

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

$$R = H + F = 2,00 + 1,23 = 3,23m.$$

Sendo:

H = 2,0m, a lâmina d'água de sangria da barragem e F = 1,23m, então a Revanche da barragem será R = 2,0 + 1,23 ou R = 3,23m: Adotado R = 3,26

4.3 – CÁLCULO DA COTA DE COROAMENTO DA BARRAGEM

A cota de coroamento é obtida, somando-se a cota da soleira do sangradouro o valor da revanche:

$$C_c = C_s + R = 435,74 + 3,26 = 439,00$$

4.4 – CÁLCULO DA ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM

A altura máxima da barragem é dada pela seguinte expressão

$$H_b = C_c - C_r$$

Onde:

$$C_c = \text{Cota de coroamento} \text{ -----} 439,00$$

$$C_r = \text{Cota do talvegue do rio na seção barrada} \text{} 418,74$$

$$H_b = 439,00 - 418,74 = 17,00 \text{ m ou } H_b = 17,00 \text{ m}$$

4.4 – CÁLCULO DA LARGURA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Para o cálculo da largura da barragem, foi utilizada a fórmula de Preece, modificada por Carvalho, Hernani.

$$B = \sqrt{H_b} + 1,0 \quad H_b = 20,26 \text{ m}$$

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

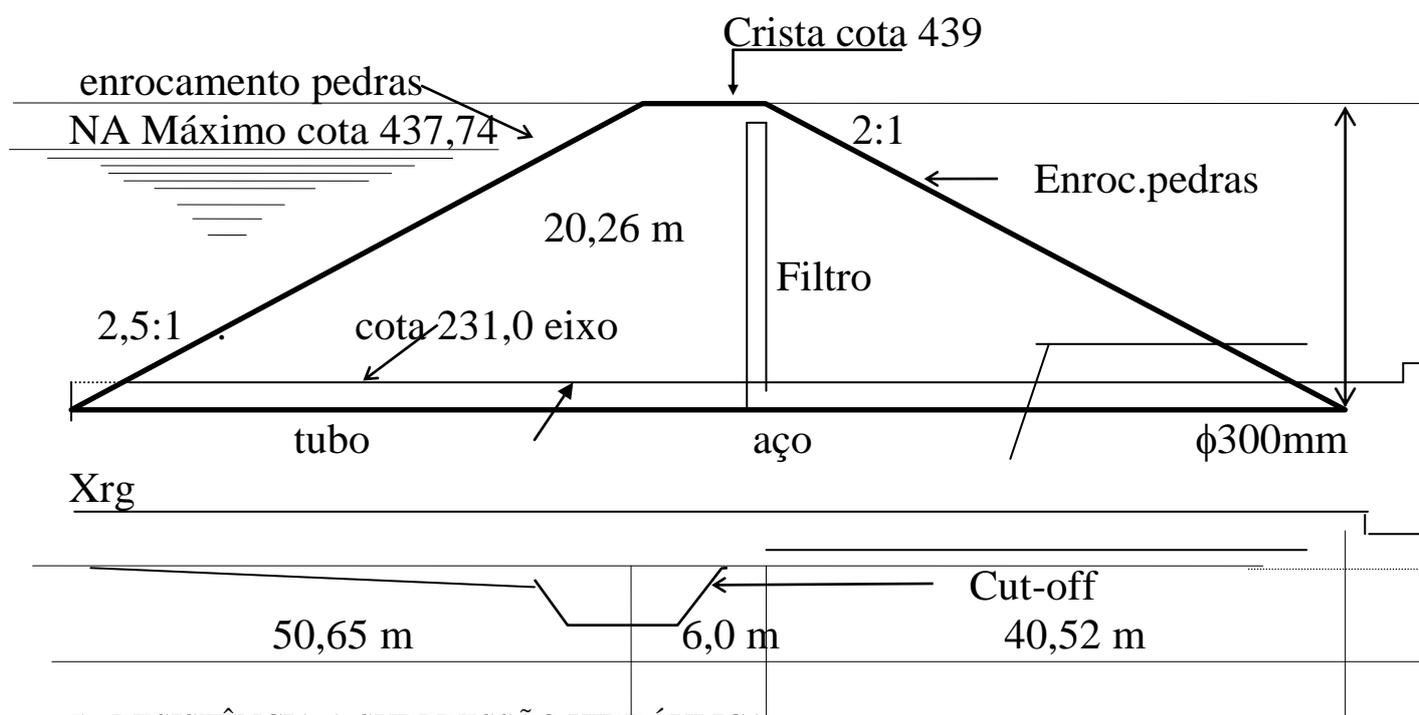
Então

$$B = \sqrt{20,26 + 1,0} = 4,5011 + 1 = 5,5011\text{m}$$

Adotou-se para o projeto a largura de 6,0 m para o coroamento.

4.6 – DIMENSIONAMENTO DOS TALUDES DA BARRAGEM

PERFIL DO BARRAMENTO



5 - RESISTÊNCIA A SUBPRESSÃO HIDRÁULICA

O peso do maciço por metro corrente deve ser 4/3 maior que a carga exercida pela subpressão.

$$\text{Peso do maciço na seção máxima. } P = 2.000 \times (97,17 + 6) \times 20,26 / 2 = 2.090.224 \text{kg/m}$$

$$\text{Subpressão; } Sp = (Ha \times B) / 2$$

Sp = subpressão em toneladas por metro corrente

Ha = altura da água na barragem em m = 19 metros

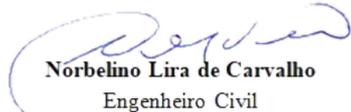
B = largura da base do maciço em metro = 97,17 m

$$Sp = 1.000 (19 \times 97,17) / 2 = 923.115,00 \text{ kg/m}$$

Norbelino Lira de Carvalho

40

Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil
Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

$$P > 4/3.S_p \text{ ou } 2.090.224 \geq 923115 \times 4/3 \text{ ou } 2090224 \geq 1.230.820,00$$

Satisfaz a condição mesmo que em condição extrema a cota de cheia atinja a crista.

Então os taludes podem assumir a inclinação:

Talude de montante 1V:2,5H desde a cota da crista ate o terreno natural

Talude de jusante 1V:2H desde a cota da crista ate o terreno natural

4.7 – PROTEÇÃO DO COROAMENTO DA BARRAGEM

O coroamento da barragem será protegido por uma camada de material GC, com 0,40 m de espessura e receberá meios-fio laterais em concreto simples no traço 1:3:6 (em volume)

4.8 – PROTEÇÃO DOS TALUDES DA BARRAGEM:

Os taludes deverão ser protegidos contra erosão causada principalmente, no talude de montante, pela ação das ondas que se formam no lago e, no de jusante pelo escoamento das águas pluviais.

4.8.1 – Talude de montante

O talude de montante será protegido por rip-rap em bica corrida, isto é, sem a utilização de peneira no britador.

Para o dimensionamento da camada de bica corrida, calcula-se a espessura de um rip-rap, justamente com a camada de transição, e a soma das duas determina a sua espessura.

A espessura do rip-rap é dada pela equação $e = C \cdot V^2$ recomendada pelo “Tennessee Valley Authority”

V – velocidade das ondas no lago = 3,3m/s (veja cálculo da folga)

C – coeficiente que depende da inclinação dos taludes e do peso específico da rocha utilizada no rip-rap.

A tabela fornece

TALUDE	C		
	2,50t/m ³	2,65t/m ³	2,80t/m ³
12:1	0,024	0,022	0,020
4:1	0,027	0,024	0,022
3:1	0,028	0,025	0,023
2:1	0,031	0,028	0,026

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

1,5:1	0,036	0,032	0,030
1:1	0.047	0.041	0.038

Sendo o Talude de montante e jusante 25:1 e o peso da rocha=2,5t/cm², tem-se $C = 0,031$

$$e = 0,031 \times (3,4)^2 = 0,35838m \approx 0,40$$

Os blocos empregados na construção do rip-rap devem ser tais que 50% do enrocamento seja constituído por pedras com peso igual ou superior a:

$$P \geq 0,52 \cdot \delta \cdot e^3 \text{ ou } P \geq 0,52 \cdot 2.500 (0,40)^3 \text{ ou } P \geq 83,2 \text{ kg}$$

Esta camada de pedra jogada deve se assentar sobre a camada de transição com espessura mínima de 0,30m, cuja composição granulométrica vai aqui apresentada.

FAIXA GRANULOMÉTRICA PARA TRANSIÇÃO		
PENEIRA	DIÂMETRO mm	FAIXA GRANULOMÉTRICA (% QUE PASSA)
-	100	100
3"	76,2	87-100
2"	50,8	58-98
1 1/2"	38,1	47-84
1"	25,4	38-59
3/4"	19,05	34-51
3/8"	9,53	27-41
Nº4	4,76	22-35
Nº10	2	16-26
Nº20	0,84	10-21
Nº40	0,42	5-17
Nº60	0,25	2-13
Nº100	0,149	0-10
Nº200	0,074	0-5

4.8.2 – Talude de jusante

ns

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

Para proteção do talude de jusante, foi previsto o revestimento de pedras na espessura de 40 cm sem controle de granulometria e sem os materiais de transição

4.9 – FUNDAÇÃO

Para a fundação da barragem, está previsto um cut-off com taludes 1:1, a partir do eixo da barragem para montante, com a largura da base B definida por

$$4,00m \leq B \leq (h - d)$$

h = altura d'água na seção, considerando a lâmina máxima

d = profundidade da rocha na seção, a partir do terreno natural

4,00m = largura mínima, permitindo os equipamentos para compactação

4.10 – DRENAGEM INTERNA DA BARRAGEM

O sistema de drenagem interna da barragem será construído por um enrocamento de pedras ou dreno-de-pé na cota 422, situado na extremidade do talude de jusante e é ligado ao a o filtro vertical, localizado a 3 m do eixo do maciço, por o tapete de seixo e areia drenante.

O dreno-de-pé formado por um prisma de pedras arrumadas, projetado na cota 422,00 tem a finalidade de aumentar a estabilidade do talude de jusante e facilitar a drenagem das águas freáticas que circulam no maciço da barragem e das águas pluviais.

Entre o dreno de pé e sob o maciço compactado da barragem foi previsto um filtro de transição composto de duas camadas, sendo uma com 0,250m de espessura horizontal (tamanhos de 1 a 3) e sobre esta camada vem uma outra de areia também com 0,250m de espessura horizontal com granulometria para filtro. Esta camada formada de brita e areia é prolongada até atingir o filtro vertical.

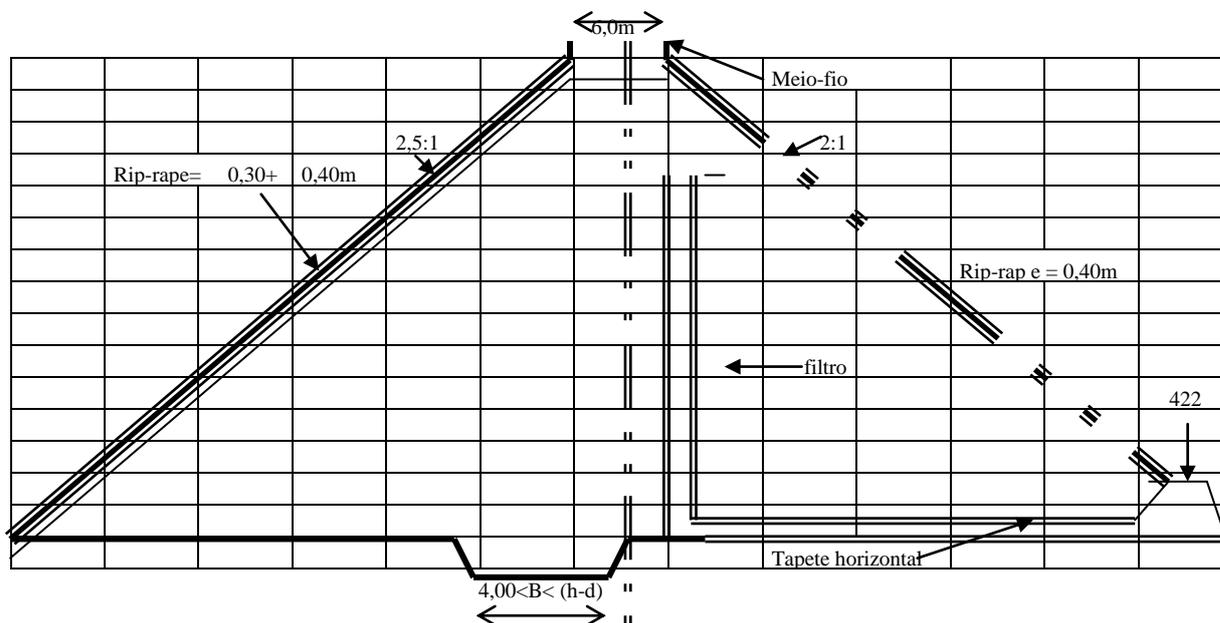
Para a areia utilizada deverão ser obedecidos os critérios de Terzaghi e Berthram, ou seja, critérios de proteção contra o carreamento das partículas mais finas e de garantia de permeabilidade.

As curvas granulométricas dos materiais para filtro deverão ser aproximadamente paralelas a curva do material do maciço.

A posição do filtro vertical foi escolhida em função de garantir a coleta das águas percoladas em contato com o reservatório cheio. Mesmo ocorrendo fissuras próximas ao coroamento da barragem, seu topo foi fixado na cota 2437,74 e sua face de montante dista 3,0m do eixo do maciço.

4.11 – SEÇÃO ADOTADA NO PROJETO

Conforme o dimensionamento da Barragem, a seção projetada segue a geometria apresentada a seguir:



4.12 - ESTIMATIVA DA DESGARGA ATRAVÉS DO MACIÇO

Para a estimativa de cálculo da descarga através do maciço, considerou-se a seguinte equação:

$$Q_m = \sqrt{K_x \cdot K_y} \cdot a$$

Onde

Q_m – descarga através do maciço em m^3/s

K_x – permeabilidade do maciço na direção horizontal m/s

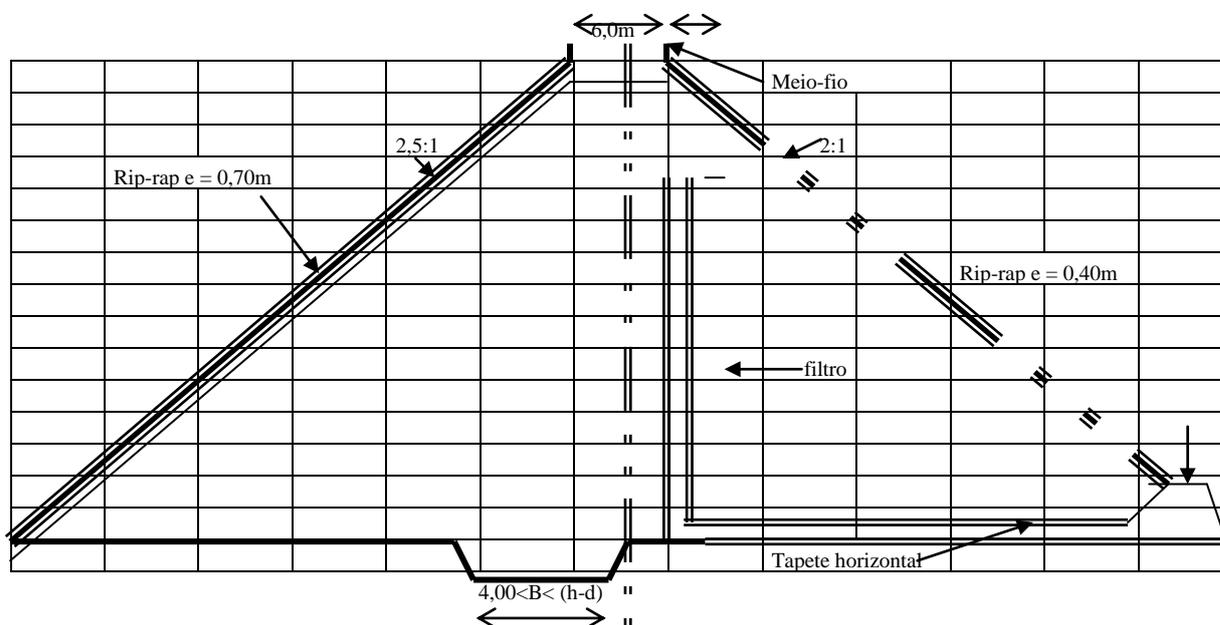
K_y - permeabilidade do maciço na direção vertical m/s

a – ordenada do ponto de entrada da linha freática no filtro projetado em m

Para a determinação do valor de a , determina-se a linha freática através do maciço.

a) Traçado da linha freática

Seção adotada



4.0 TOMADA D'ÁGUA

Com parâmetros consagrados pelo DNOCS estima-se para a Tomada d'água a vazão através da seguinte formula

$$Q = 0,8. A I/s$$

Onde

A – área irrigável, dada pela equação

$$A = (V_a - V_p) (S-P-2,40)/2(S-P) \times 8000 \text{ em hectares}$$

Com

V_a – capacidade do açude = m^3

S = cota de soleira 435,74

V_p – volume morto do reservatório 7% de V_a ou $V_p = 108.606m^3$

P = cota reserva do porão com 5 metros de altura

2,0 m – altura média de evaporação nos espelhos d'água dos açudes do Nordeste em m

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

8.000 = dose bruta de irrigação m³/semestre

$$A = (1.585.800 - 108.606) (430,74-423,74)/2(7,0) \times 8000$$

$$A = (1.477.194 \times 7)/2 \times 7 \times 8000 = 92 \text{ hectares}$$

$$A = 92 \text{ hectares}$$

$$Q = 0,8 \times 92 \text{ ou } Q = 73,851/s = 0,07385m^3/s$$

5.2 – Determinação do diâmetro da galeria

O cálculo do diâmetro será desenvolvido em função desta vazão, utilizando-se a fórmula do diâmetro econômico desenvolvida por Lencastre (1983) que tem a expressão:

$$D = 0,95 \times Q^{0,43} \text{ ou } D = 0,95 \times 0,326 \text{ ou } D = 300,00\text{mm.}$$

A - Tomada d'água

- Tipo. Galeria com caixa na embocadura e caixa na desembocadura abrigo para dois registro de 300mm - Conduto em aço..... 300 mm x 78,0 m

5.3 – Cota de assentamento da galeria

A localização da Tomada d'água na estaca E-7+12m do eixo estudado foi feito em função das condições topográficas apresentada definindo-se a cota 423,74 para a face inferior da tubulação da tubulação de D=0,30m.

Aspectos básicos das obras:

- a) Maciços de terra homogênea, filtro vertical e horizontal, cut-off em toda extensão do eixo. Proteção dos taludes do maciço a montante e a jusante com rip-rap de rocha sã.
- b) Sangradouro pela ombreira direita, adaptado ao terreno natural e constituído de soleira com um rápido na estaca 10 eixo do sangradouro.
- c) Tomada d'água constituída de caixa de entrada, galeria em concreto armado abrigo do tubo de aço de 300mm, caixa de saída contendo dois registro de 300mm para controle de vazão e descarga de fundo.

2 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

1.0 - TIPO DE OBRA: Barragem em Maciço Terroso

2.0 - LOCALIZAÇÃO: Município de BETÂNIA do Piauí - PI

2.0-1 – Ombreira Direita: Longitude 621.057,00 E x Latitude 8.881.900 N

2.0-2 – Ombreira Esquerda: Longitude 621.460,00 E x Latitude 8.881.815 N

3.0 – ÁREA BENEFICIADA: Área Rural do Município de BETÂNIA, aproximadamente a 7 km da sede do município, barrando o Riacho GRANDE.

4.0 - IMPORTÂNCIAS ECONÔMICA E SOCIAL

.1 - Lâmina d'água útil com 17,0 metros,

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

- .2 – Possibilitar a criação racional de peixes,
- .3 - Possibilitar a cultura de vazante,
- .4 - Possibilitar atender à demanda urbana da cidade.

Altura Máxima da Parede	20,26m
Extensão do Sangradouro de contorno	390,00m
Cota Coroamento	439,00
Cota da Cheia de Projeto	437,74
Cota do Nível de Soleira	435,74
Cota da Linha de Fundo	418,74
Lâmina D'água Útil	17,0m
Linha Fundo Cheia de Projeto, cota 437,74	5.800m
Lâmina Máxima sobre a Soleira	2,0m
Vazão de Projeto	250m ³ /s
Prazo de Execução	7 meses
Custo da obra	

4 - CONCEPÇÃO DO PROJETO

A alternativa técnica contemplou a realização da avaliação sobre o tipo de parede a ser construída e ante as facilidades e disponibilidade dos materiais básicos, optou-se pela construção da barragem em terra.

4.1 - CARACTERÍSTICAS DA OBRA

Na inspeção visual do local em questão avaliou-se os aspectos técnicos e econômicos da obra. A alternativa mais atraente foi a barragem em aterro homogêneo a montante do filtro e aterro heterogêneo a jusante do filtro e propiciar a aplicação máxima dos materiais disponíveis: aproveitamento integral das escavações do sangradouro, abundância de areia grossa no leito do riacho e de materiais silico-argiloso para o maciço, sangradouro de soleira livre pela ombreira esquerda, taludes protegidos por pedras, e tomada d'água sob o maciço terroso.

A seção-tipo proposta, levou-se em consideração as condições geológicas da fundação no leito do riacho e ombreiras, os condicionantes topográficos do eixo, as disponibilidades de materiais granulares e rochosos, que em conjunto possibilitaram a escolha da seção final bastante econômica.

4.1.1 - BARRAGEM

Da análise do perfil topográfico do boqueirão e da visita ao local da obra, escolheu-se para a lâmina d'água estática a cota 435,74, cota da crista 439,00 e propiciar a máxima economia com a estrutura dos aterros do maciço e escavações do sangradouro, além do máximo aproveitamento do boqueirão.

A seção-tipo escolhida é composta por maciço terroso que será executado em solo sílico-argiloso retirada de jazidas e das escavações do sangradouro ou a montante próximo do eixo, terá filtro vertical e horizontal executado com seixo e areia com granulometria controlada, ambos materiais abundantes na região.

Uma trincheira de vedação do tipo cut-off, será escavada ao longo do eixo para identificação de buracos de tatu além de interceptar o pacote aluvional.

A proteção do maciço contra chuva, erosão e movimento das ondas será efetuado por rip-rap compactado a trator em camada de 70 cm no parâmetro de montante e 40cm no parâmetro de jusante. Sobre o sopé do talude de jusante será erguido rock-fill da cota 418,74 até a cota 422.

Detalhes da seção tipo do maciço, bem como algumas seções transversais do mesmo são apresentados nos desenhos do projeto.

4.1.2 – SANGRADOURO

A condição topográfica do perfil do boqueirão permitiu lançar a estrutura do sangradouro de soleira com um rápido aproveitando-se a facilidade de execução pela ombreira esquerda, com taludes na inclinação de 1:1. Como são raras a possibilidade de sangria desta barragem o sangradouro não será revestido nos taludes, apenas o fundo do

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

sangradouro será isolado da rocha transformada por uma camada de 10 cm de seixo com areia. A soleira de concreto ciclópico é exatamente o perfil do único rápido e que a partir desta soleira encontra-se rocha sólida e firme. A proteção da encosta será em talude escavado no terreno natural desde as cotas naturais até as cotas do projeto: cota 435,74 nível da soleira e desenvolvimento do primeiro rápido com pequena declividade segue-se da estaca 10 até o leito do Riacho acompanhando a rocha e desenvolvendo a bacia de dissipação com anteparo em gabião.

4.1.3 - TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água foi projetada com eixos na cota 394,403 e estaca E-7+2,00, conforme indicação no projeto. É composta por tubulação de aço de 300 mm de diâmetro, embocadura com caixa de 1,50x1,50 protegida por grade metálica, poço de visita a jusante de 3,00mx1,50m para abrigo de dois registro gaveta de 300mm, tampa metálica articulada e fechada a cadeado.

Na caixa de entrada, localizada a montante, será instalada grade de proteção da tubulação contra a entrada de galhos, pedras e outros elementos prejudiciais ao funcionamento da tomada d'água.

A galeria constituída de concreto estrutural envolve a tubulação de aço de 300mm de diâmetro e tem extensão de 78,0 m.

5 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

5.1 - GENERALIDADES

As obras que compreendem estas especificações, referem-se as obras civis e hidromecânicas da Barragem, do Sangradouro e da Tomada D'água para a barragem Madeira Cortada, em BETÂNIA do Piauí.

Para a determinação do local da barragem tomou-se as providências que objetivam o obediência às normas técnicas e da segurança necessária a este tipo de obra de engenharia.

As barragens de terra devem assentar-se sobre terra, sendo necessário fazer-se, antes, uma verificação cuidadosa do local e que deve se estender às imediações, para a escolha do melhor tipo de material disponível para a construção.

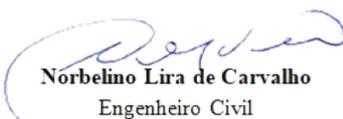
Havendo veios ou estratos de areia na fundação, deverá, a barragem, ser provida de núcleo impermeável inclusive estendendo-se em forma de tapete na horizontal, para impedir a infiltração da água através desse material. Se por outro lado, a fundação for constituída de uma camada de argila mole, deverá haver uma boa drenagem do local e a remoção parcial ou total da argila, a fim de que a barragem se assente sobre terreno firme e não fique sujeita ao escorregamento ou deslizamento da fundação.

O local escolhido deve ser limpo da vegetação e de toda camada orgânica do solo, incluindo raízes, tocos de árvores etc. Isso deve ser feito não só no fundo como nas ombreiras, onde a barragem vai encostar, bem assim, nas imediações de onde sairá o material para o aterro.

Norbelino Lira de Carvalho

49

Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil

Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

A necessidade do cut-off para assentamento da fundação serve também para identificar túneis de formigas buracos de tatus etc., causa às vezes de insucessos em muitas obras.

O aterro da barragem é feito colocando-se camadas de 15 a 20 cm de terra bem homogênea, sendo indispensável umedecê-las e comprimi-las com rolo pé-de-carneiro que deve passar sobre a camada tantas vezes quantas forem necessárias para a densidade do aterro atinja a 2.000 kg/m³.

O tubo de aço desarenador de ϕ 600mm deverá ser colocado antes da execução das camadas do aterro e deverá ser devidamente envelopado com concreto armado, se apoiará sobre leito de concreto regularizado sobre fundação resistente. Sua utilização como descarga de fundo é durante o período chuvoso, quando a barragem estiver vertendo, deverá permanecer aberto para carrear as partículas de solo e os sais presente na água acumuladas no sopé da barragem.

5.2 - OBRIGAÇÕES DA CONTRATADA

São inseridas nestas especificações entre outra as seguintes obrigações:

5.2.1 - Fornecer os equipamentos, materiais, serviços, pessoal, mobilizar equipamentos e instalações do canteiro e tudo o mais necessário à construção da obra da Barragem BETÂNIA, zona rural do município de BETÂNIA, Piauí.

5.2.2 - As instalações fixas do canteiro 100m² de construção ao término da edificação da barragem será entregue limpo e funcionando para o patrimônio da Prefeitura e se destinará à implantação de área de educação ambiental e/ou controle e manutenção da barragem.

5.3 - OBRAS

5.3.1 - Objetivos

A presente especificação tem por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas que, juntamente com os Desenhos do Projeto e Instruções Complementares de Campo, do Projetista e da Fiscalização, deverão ser obedecidas durante a construção das obras.

5.3.2 - Limpeza geral da área

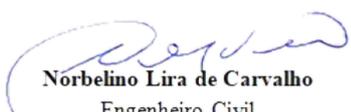
O local deve ser limpo da vegetação e de toda camada orgânica do solo, incluindo raízes, tocos de árvores etc. Isso deve ser feito não só no fundo como nas ombreiras, onde a barragem vai encostar, bem assim, nas imediações de onde sairá o material para o aterro ou nas áreas indicadas pela fiscalização, de forma que a superfície resultante se apresente completamente livre de qualquer detrito.

O material removido na operação de limpeza deverá ser transportado para locais previamente indicados pela fiscalização. As madeiras aproveitáveis terão destino indicados

Norbelino Lira de Carvalho

50

Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil

Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

pela fiscalização e deverão ser depositados pela executante em locais apropriados. O restante, após colocado em locais indicados serão queimados ou enterrados. Em nenhuma hipótese será permitido o lançamento no rio de galhos, troncos, raízes, ou detritos provenientes de operação de limpeza.

5.3.3 - Escavações e preparo das fundações

Todas as escavações deverão ser levadas até as linhas, declividades e taludes mostrados nos desenhos dos projetos ou indicados pela Fiscalização, e acompanhadas por técnicos da projetista.

5.3.3.1 Fundação das Ombreiras

As escavações deverão compreender a remoção dos solos húmidos, bem como os matacões soltos ou parcialmente enterrados, areias e siltes inconsolidados até a camada de solos impermeável ou substrato rochoso da fundação. O material removido deverá ser depositado em bota-foras ou depósitos, como determinado pela fiscalização.

Após remoção dos materiais imprestáveis, será regularizado e compactado o terreno, nas regiões onde ocorrerem solos permeáveis, antes de receber a primeira camada de material do de vedação cut-off. Se neste trecho o contato do maciço for com rocha, a mesma deverá ser limpa com jato de ar e/ou água.

5.3.4 - Maciço Terroso

Antes de se iniciar a construção do maciço de terra, deverá ser removida toda camada de solo imprestável.

O maciço será construído de acordo com os desenhos de projeto, a presente especificação e dentro de todas as normas técnicas e recomendações emitidas pela Projetista e Fiscalização.

5.3.4.1 - Materiais para o Maciço

Na construção do maciço da barragem serão empregados todo o material sílico-argiloso das áreas de empréstimos de jazidas próximas ao eixo e a montante do barramento. Antes da exploração da área do sangradouro, deverá ser realizado estudos, visando a caracterização e seleção dos materiais a serem lançados para proteção do maciço principalmente o material proveniente das escavações em rocha do sangradouro cut-off, tomada d'água.

5.3.4.2 - Construção do maciço

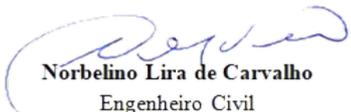
O processo de construção do maciço consiste em depositar os materiais nos locais convenientes, segundo suas características e indicações do projeto, lança-los e espalha-los com espessuras pré-determinadas, corrigir a umidade, quando necessário, e fazer a compactação obedecendo a especificação ou instruções de campo

O maciço impermeável quando indicado, deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que permitam ao mesmo a plenitude de suas

Norbelino Lira de Carvalho

51

Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil
Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

funções. Estas características deverão ser obtidas através do controle da variação de umidade, grau de compactação ou até mesmo pelo tipo de material.

O lançamento das camadas de solo será sempre em camadas horizontais e dispostas em faixas paralelas ao eixo da barragem. O trajeto do equipamento de transporte do material, deverá ser mudado freqüentemente, a fim de evitar um excesso prejudicial de compactação. Este trajeto deverá ser sempre paralelo ao eixo da barragem a fim de que, no caso de produzir uma estratificação nesta direção, seja menor o perigo de infiltração.

Deve ser previsto a drenagem natural do maciço impermeável, a fim de evitar que as águas das chuvas elevem a umidade além dos limites prescritos.

A compactação do maciço pode ser executada por meio de sapos, rolos pé-de-carneiro, rolos vibratórios ou rolos de impacto (tamping). O sapo mecânico ou pneumático só será utilizado nos locais inacessíveis a outros tipos de compactadores.

Como sugestão, recomenda-se 10 passadas com o rolo pé-de-carneiro, e 8 passadas para rolos vibratórios ou rolos de impacto, porém a fixação do número de passadas dos equipamentos será fixada na fase inicial da compactação do aterro, e deverá ser reavaliada após os primeiros resultados obtidos.

Quando indicado o rolo pé-de-carneiro, o pé desse rolo deve penetrar pelo menos até $\frac{3}{4}$ da espessura da camada fofa por ocasião da primeira passagem, a fim de assegurar a compactação da parte inferior da camada e permitir boa aderência com a camada subjacente. A velocidade do rolo compactador não deve exceder a 5km/h e 15 a 20km/h para os rolos de impacto.

A zona que recobre o filtro de areia compactada em camadas não superior a 50 cm, com saturação completa e com emprego de equipamentos vibratórios.

Para as zonas de proteção com seixos graúdos deverão ser composta por uma faixa previamente definida e utilizada compactação adequada ao tipo de material a empregar

5.3.5 - Controle tecnológico

O controle tecnológico de qualidade deverá ser realizado por pessoal da fiscalização, através de acompanhamento, inspeção tátil-visual e permanente das diversas operações de escavação, do lançamento, espalhamento, homogeneização e compactação. Este acompanhamento de campo será complementado com realização de poços de inspeção e ensaios geotécnicos de controle, objetivando um registro do acompanhamento técnico. Os métodos a serem empregados no controle tecnológico da obra são:

- Para o núcleo impermeável o controle tecnológico será realizado através de ensaios Hilf-Proctor, com uma freqüência de ensaios a cada 300 m³ de aterro compactado, ou no mínimo 2 ensaios por camada. Estes dados deverão ser tratados estatisticamente a cada 80 ensaios, onde será analisado o comportamento do grau de compactação e do desvio de umidade:

BARRAGEM MADEIRA CORTADA – BETÂNIA DO PIAUÍ - PI

- Para o material arenoso o controle será realizado através da determinação da capacidade relativa.

- Para os materiais de transição e enrocamento o controle será através dos métodos construtivos e do número de passadas do equipamento de compactação.

5.4 - OBRAS DE CONCRETO

5.4.1 - Objetivos

A presente especificação tem por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas que, juntamente com os Desenhos do Projeto e Instruções Complementares de Campo, do Projetista e da Fiscalização, deverão ser obedecidas durante a construção das estruturas de concreto simples e armado.

5.4.1.1 - FORMAS

As formas deverão ser executadas em painéis de madeira com espessura adequada às dimensões das peças estruturais para que a concretagem não sofra a mínima deformação. Não será tolerado escorrimento da nata do concreto nos planos de concretagem. Portanto, cordões de madeira deverão ser fixados, internamente, na forma, e programar a concretagem para a paralisação exatamente no encontro com o cordão de madeira.

5.4.1.2 - ARMADURAS

Serão utilizados os aços CA 50-A de procedência de um único fabricante . O posicionamento das armaduras deverão ser realizados rigorosamente de acordo com o indicado no projeto. As fixações das armaduras serão de modo a permanecerem indelocáveis durante os serviços de concretagem. O recobrimento das armaduras deverão ser assegurados pela utilização de um número adequado de espessadores ou pastilhas de concreto.

5.4.1.3 - CONCRETO SIMPLES

Deverá ser testado um traço para o concreto armado e concreto massa, utilizando-se a areia grossa o seixo local. Será utilizado o concretos $f_{ck} = 200\text{kg/cm}^2$ com teor de cimento mínimo de 350 kg/m^3 e fator água cimento não superior a 0,6. Concreto massa para cordão de fixação ou para os muros ou degraus do sangradouro terá o $f_{ck} = 100\text{kg/cm}^2$ com teor de cimento mínimo de 200kg/m^3 e fator água cimento de 0,80

Todo o preparo do concreto deverá ser sempre através de betoneiras, convenientemente dimensionadas para o atendimento do plano de concretagem sem interrupções. Após o preparo do concreto o seu transporte até as formas não deverá ultrapassar os 30 minutos.

Antes do lançamento do concreto, vistoriar todas as formas, retirar todo tipo de resíduos encontrado no interior das mesmas. Somente após este procedimento, é que deverão ser umedecidas e processado o lançamento do concreto.

Norbelino Lira de Carvalho

53

Eng. Civil CREA 2849/D-PI


Norbelino Lira de Carvalho
Engenheiro Civil
Registro Nacional (CREA-PI): 1902089391

O adensamento do concreto deverá ser executado através de vibradores de imersão com agulhas adequadas às dimensões das formas, evitando o contato prolongado das agulhas com as armaduras e as formas.

Deverá ser investigada a procedência da água de amassamento do concreto afim de evitar a utilização de águas salinas ou barrentas.

5.4.1.4 - DESFORMA

Nos serviços de desforma, deverão ser evitados impacto ou choque que possam danificar a estrutura e seus acabamentos.

5.4.1.5 - ESCORAMENTO

Deverão ser executados escoramentos para a utilização de formas com robustez suficientes para suportar a carga dos painéis e das concretagens.

6 - ESTRUTURA

6.5.1 - Dos Muros

- Se em alvenaria de pedra argamassada, executada com pedras com dimensões de 15 a 30 cm, forma semi-regular, com pelo menos duas faces paralelas, além de lavadas. A argamassa de assentamento será de cimento e areia grossa no traço 1:4, misturado mecanicamente através de betoneiras. O plano de execução das elevações deverá ser em camadas de no máximo 30 cm de espessura, com as pedras devidamente limpas e umedecidas. Poderá ser utilizado o concreto ciclópico $fck=150 \text{ kg/cm}^2$ com 30% de pedra de mão.

- Na região do parâmetro vertical em contato com a água suspender a colocação da alvenaria de pedra argamassada e aplicar o concreto simples $fck = 200 \text{ kg/cm}^2$, com espessura de 10 cm.
- Na região do sangradouro, em soleira, degraus, rampa e muro suspender a colocação da alvenaria de pedra argamassada e aplicar o concreto simples $fck = 200 \text{ kg/cm}^2$, na espessura de 10 cm.
- Na galeria da tomada d'água, caixa de embocadura e caixa da desembocadura será utilizado o concreto $fck = 200 \text{ kg/cm}^2$, armado conforme dimensões e detalhes do projeto.

Por fim uma barragem de terra requer a seguinte manutenção mínima:

a - Logo após a primeira cheia deverá ser observada se está havendo infiltrações importantes, caso isso ocorra a linha de saturação deve ficar sempre abaixo do pé da barragem, isto é, dentro do seu corpo. Se a linha de saturação ficar fora do corpo da barragem, um dique suplementar a jusante da barragem deverá ser imediatamente providenciado.

b - As ligeiras infiltrações que ocorrem, devem ter uma velocidade tão pequena que não arrastem os grãos do material de que é constituído o corpo da barragem.

c - Após cheias importantes o sangradouro deverá ser inspecionado e caso ocorra algum dano deverá ser imediatamente sanado.

d - Em hipótese nenhuma deverá nascer árvores no corpo da barragem, suas raízes são caminhos para infiltrações e poderá vir destruir a barragem.

e - Constantemente deverá ser verificada, no corpo da barragem, o surgimento de formigueiros, buracos de tatus, toca de roedores etc., sua presença deverá ser imediatamente combatida pois é causa de rompimento de muitas barragens.

Com tais cuidados a barragem de terra oferece segurança máxima durante toda sua vida útil.

Eng. Norbelino Lira de Carvalho
CREA 2849/D-PI