

Solotécnica

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
SECRETARIA DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS
DEPARTAMENTO DE FOMENTO A PRODUÇÃO MINERAL
E RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS E PROJETOS
EXECUTIVOS DE ENGENHARIA DE
PEQUENAS BARRAGENS.

CONVÊNIO SOSP / DNOCS / PMT

VOLUME N.º 01

ESPECIFICAÇÕES GERAIS DOS PROJETOS
ORÇAMENTO

SOLOTÉCNICA

FORTALEZA
MARÇO 1986



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria de Obras e Serviços Públicos
Departamento de Fomento à Produção Mineral
e Recursos Hídricos

Lote 01441 - Prep (X) Scan (X) Index ()
Projeto Nº 221/72
Volume _____
Qtd A4 54 _____ Qtd A3 _____
Qtd A2 _____ Qtd A1 _____
Qtd A0 _____ Outros 57 Size Legal

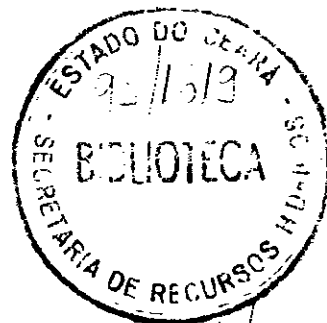
"ESTUDOS DE AVALIAÇÃO E PROJETO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA O CEARÁ..."

CONVÊNIO SOSP/DNOS/PMT

VOLUME Nº 01

RELATÓRIO FINAL DOS PROJETOS

MARÇO 1986



SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 - Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

NOVO ENDEREÇO

Rua Epaminondas Frot. 033 Vila União
FONE 227 7643



ÍNDICE

	Pág.
1.0 - <u>INTRODUÇÃO</u>	02
2.0 - <u>METODOLOGIA</u>	08
2.1 - Cartografia	09
2.2 - Clima e Hidrologia	10
2.3 - Cheia de Projeto	12
2.4 - Revanche e Folga	14
2.5 - Critérios de Dimensionamentos	15
2.6 - Coeficientes Utilizados	19
2.7 - Topografia	22
2.8 - Geotecnia	25
2.9 - Geologia	31
2.10- Tomada d'Água	33
3.0 - <u>CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE OS PROJETOS EXECUTIVOS</u>	50
4.0 - <u>CONCLUSÕES</u>	55

000003

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone. 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000



1.0- INTRODUÇÃO

000004

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024 367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

1.0 - INTRODUÇÃO

Este relatório corresponde ao produto final dos serviços contratados pela Secretaria de Obras e Serviços Públicos do Estado do Ceará - SOSP, visando a Elaboração de Estudos Básicos e Projetos Executivos de Engenharia de Pequenas Barragens, situadas nos municípios de Tauá e Mombaça.

O programa foi financiado pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS, com a participação efetiva da SOSP e da Prefeitura Municipal de Tauá - PMT.

O propósito da SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda é que este documento técnico, juntamente com as especificações, permitam o conhecimento dos resultados básicos e dos processos empregados nos dimensionamentos dos Projetos Executivos.

O projeto global é composto dos volumes a seguir discriminados:

- . Volume 01 - Relatório Final dos Projetos,
- . Volume 02 - Especificações Gerais dos Projetos:
- . Volume 03 - Perfis de Sondagens,
- . Volume 04 - Ensaios de Laboratório,
- . Volumes 05 a 28 - Projetos Executivos.

Em cada volume de Projeto Executivo encontram-se enumerados os seguintes desenhos:

- 1- Planta de Situação,
- 2- Planta do Boqueirão, Perfil da Barragem e Projeto dos Muros,
- 3- Seções da Barragem,
- 4- Tomada d'Água,
- 5- Levantamento do Talvegue;
- 6- Locação das Jazidas,
- 7- Locação da Pedreira e Areal,
- 8- Mapa Geológico.

A diretriz delineada para execução dos trabalhos obedecem o critério de racionalizar os estudos básicos inerentes aos projetos de barragens, sem contudo, comprometer a otimização e segurança dos Projetos Executivos, os quais são de inteira e integral responsabilidade da SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda. Essa medida foi uma decisão em função dos estudos e apreciações "in loco", e, do objetivo maior de criar meios para ampliar e fortalecer a deficitária estrutura hídrica de superfície em pequenos reservatórios. Inclusive, a região é desprovida de projetos específicos para armazenamento d'água. Ademais, durante o período de estiagem, a água para consumo humano e animal chega a ser transportada de grandes distâncias através de caminhões pipa. Isto, em decorrência das limitações de potencial dos lençóis subterrâneos e das condições dos "barreiros" existentes estarem sujeitos aos danos causáveis pelos efeitos hidrológicos extremos.

Em anexo, as seguintes tabelas:

- Tabela 1.0.1-Relação dos Projetos Executivos de Pequenas Barragens
- Tabela 1.0.2-Principais Características dos Projetos Executivos
- Tabela 1.0.3-Extensões dos Coroamentos das Barragens

Conclui-se, informando que nos capítulos seguintes, serão feitas abordagens sobre o desenvolvimento dos trabalhos de campo e escritório.

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone. 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000



NOVO ENDEREÇO
Rua Epaminondas Frota, 333 - Vila União
FONE: 227-7643

Tabela 1.1 - Localização dos Pontos Executivos de Pequenas Barragens

Nº	ORDEN	VOLUME	BARRAGEM	RIO/RIACHO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		MUNICÍPIO	UF	PROPRIETÁRIO
					LATITUDE	LONGITUDE			
	01	05	Olho d'Aguiha	Afluente do Curiú	05°34'	39°57'	Tauá	Ce.	Francisco Moacir de Oliveira
	02	06	Cachoeira I	Curiú	05°55'	39°59'	Tauá	Ce.	José Alves de Oliveira
	03	07	São Martins	Curiú	05°59'	40°06'	Tauá	Ce.	Apolinono
	04	08	Garrote	Varas	05°57'	40°07'	Tauá	Ce.	Manoel Pequeno de Medeiros
	05	09	Vazantinha	Curiú	05°57'	40°01'	Tauá	Ce.	Luis Gonzaga Torres
	06	10	Isidoro	Varas	05°58'	40°07'	Tauá	Ce.	Edgar Jatai Cavalcante
	07	11	Alagoas	Curiú	05°58'	40°04'	Tauá	Ce.	Oziel Freire Sidrão
	08	12	Cachoeira II	Afluente do Curiú	05°55'	39°59'	Tauá	Ce.	José Alves de Oliveira
	09	13	Silvana (Bredos)	Bredos	05°57'	40°09'	Tauá	Ce.	Odécio Barreto Jatai
	10	14	Cachoeirinha	Carrapateira	05°37'	40°07'	Tauá	Ce.	Francisca Cavalcante Filho
	11	15	Marrecas	Puiú	06°08'	40°24'	Tauá	Ce.	José Castelo Sidrão
	12	16	Tigre	Afluente do Calumbá	05°57'	40°33'	Tauá	Ce.	José Paulo da Silva
	13	17	Poço de Pedra (*)	Jaguaribe	06°03'	40°16'	Tauá	Ce.	José Valdemar Rego
	14	18	Forquilha	Pitombeiras	05°31'	40°04'	Tauá	Ce.	José Pereira da Silva
	15	19	São Bento	São Bento	05°49'	40°18'	Tauá	Ce.	Olavo Ferreira/Antonio Domingos
	16	20	Vila Joaquim Moreira	São José (Roca)	06°07'	40°27'	Tauá	Ce.	Antonio Moreira
	17	21	Várzea da Serra	Poços	05°59'	40°07'	Tauá	Ce.	Azarias Cavalcante Mota
	18	22	Vacaria	Carrapateira	05°49'	40°11'	Tauá	Ce.	Pedro P. de C. Castro
	19	23	Queimadas	Afluente do Calumbá	05°36'	40°31'	Tauá	Ce.	Francisco Carolim Oliveira
	20	24	Manicoba	Manicoba	05°56'	40°33'	Tauá	Ce.	Orlando Rosemo da Costa
	21	25	Salgadinho	Forquilha	06°05'	40°14'	Tauá	Ce.	José Valdemar Rego
	22	26	Cajazeira I (**)	Cangati	05°56'	39°36'	Mombaca	Ce.	Francisco Feliciano Batista
	23	27	Cajazeira II (**)	Cangati	05°56'	39°36'	Mombaca	Ce.	Francisco Feliciano Batista
	24	28	Santa Luzia	Jurema	06°11'	40°15'	Tauá	Ce.	João Alves Simão

(*) Projeto inviável tecnicamente e financeiramente. Sem efeito para construção, substituído por Salgadinho.

(**) Refere-se à mesma seção com alternativas de alturas diferentes.

~~200008~~

Tabela 1 - Principais características dos projetos a serem

Nº	BARRAGEM	TIPO	CARACTERÍSTICAS DA CL- ÇÃO MÁXIMA			SOLO (USC)	TALUDES		BACIA		CAPAC. DADL. (10 ³ m ³)	VANT. CULAR PROTETO (m ² /s)	CARACTERÍSTICAS DO VERTEDEOR - TR = 100 ANOS				
			ALTURA h(m)	COROAMEN- TO b(m)	BASE B(m)		MONTANTE	JUSANTE	HEIDROGRA- FICA (km ²)	HEIDROG- RA (ha)			COEF. DE ESCALON.	RECALCRA (%)	RELANCH. Rv(m)	CARGA HEIDRAU- LICA ho(m)	POTEN- CIA (cm)
01	Olho d'Aguinha	Vertedora	6.10	0.80	7.10	-	-	-	3.5	11.5	350	23.7	2.20	125	-	0.19	-
02	Cachoeira I	Vertedora	6.80	0.75	7.00	-	-	-	17.7	7.5	500	61.8	2.20	221	-	0.26	-
03	São Martins	Terra	10.00	4.50	49.00	SC	2.5.1	2.1	83.7	60.0	2030	175.0	1.77	60	2.20	1.58	0.82
04	Garrote	Terra	8.50	4.00	43.00	SM	2.5.1	2.1	115.8	21.1	410	239.0	1.77	40	3.00	2.25	0.75
05	Vazantinha	Terra	8.35	4.00	38.40	SM	2.5.1	2.1	32.8	49.8	1200	95.6	1.77	19	3.00	2.01	0.99
06	Isidoro	Terra	7.30	4.50	25.60	SC	2.5.1	2.1	125.5	17.6	300	247.0	1.77	50	3.00	1.98	1.02
07	Alagoas	Vertedora	6.50	1.16	6.00	-	-	-	60.5	16.0	360	141.0	2.20	114.5	-	0.68	-
08	Cachoeira II	Terra	10.40	4.50	50.80	SC	2.5.1	2.1	7.2	17.3	770	36.7	1.77	20	2.00	1.02	0.98
09	Silvana (Bredos)	Terra	9.65	4.50	46.50	SM	2.5:1	2.1	5.3	31.6	1050	30.3	1.77	30	2.00	0.69	1.31
10	Cachoeirinha	Terra	10.65	4.50	52.80	SC-SM	2.5.1	2.1	185.0	47.3	2000	283.0	1.77	35	3.50	2.75	0.75
11	Marrecas	Vertedora	2.10	0.90	3.45	-	-	-	915.0	9.5	100	812.0	2.20	52.50	-	3.67	-
12	Tigre	Mixta	5.00	0.70 4.00	3.85 20.20	SC	2.5.1	2.1	3.0	17.1	250	22.0	2.20	30	1.00	0.48	0.52
13	Poço de Pedra (*)	Terra	9.80	4.50	48.30	SC	2.5.1	2.1	3150.0	19.4	200	2795.0	1.77	110	4.50	5.91	- 1.41
14	Forquilha	Terra	7.00	4.00	31.00	SM	2.5.1	2:1	25.0	28.0	540	80.2	1.77	60	1.65	0.83	0.82
15	São Bento	Terra	6.90	4.50	37.20	SM	2.5.1	2.1	115.0	57.6	1650	250.0	1.77	75	2.50	1.53	0.97
16	Vila Joaquim Moreira	Terra	6.00	4.00	36.20	SM	2.5.1	2.1	465.0	10.3	115	622.0	1.77	80	3.50	2.68	0.82
17	Várzea da Serra	Terra	10.00	4.50	47.60	SM	2.5.1	2.1	235.0	45.6	1150	330.0	1.77	70	3.00	1.92	1.08
18	Vacaria	Terra	10.50	4.50	48.10	GL	2.5.1	2.1	600.0	51.4	1400	700.0	1.77	140	3.00	2.00	1.00
19	Queimadas	Terra	10.10	4.50	48.80	SC	2.5.1	2.1	15.0	55.0	1500	58.6	1.77	20	2.50	1.40	1.10
20	Manicoba	Terra	9.80	4.50	38.80	SM	2.5.1	2.1	5.0	55.1	1560	29.9	1.77	20	2.00	0.89	1.11
21	Salgadinho	Terra	6.10	3.00	27.80	SM	2.5.1	2.1	2.5	22.0	370	18.8	1.77	20	1.50	0.66	0.84
22	Cajazeira I (**)	Terra	12.40	4.60	55.20	CL	2.5.1	2.1	17.0	83.6	3000	83.3	1.77	22	2.50	1.66	0.84
23	Cajazeira II (**)	Terra	7.35	4.00	32.00	CL	2.1	2.1	17.0	24.0	425	83.3	1.77	22	2.50	1.66	0.84
24	Santa Luzia	Terra	8.00	4.00	39.80	SC	2.5.1	2.1	5.0	35.0	750	29.1	1.77	15	2.00	1.06	0.94

(*) Projeto inviável tecnicamente e financeiramente. Sem efeito para construção, substituído por Salgadinho.

(**) Refere-se a mesma seção com alternativas de alturas diferentes, vertedora de alvenaria de pedra.

000009

Tabela 1.0.3 - Extensões dos Coroamentos das Barragens

Nº	BARRAGEM	EXTENSÃO DO COROAMENTO (m)
01	Olho d'Aguinha	125,00
02	Cachoeira I	221,00
03	São Martins	195,00
04	Garrote	205,00
05	Vazantinha	140,00
06	Isidoro	157,00
07	Alagoas	114,50
08	Cachoeira II	110,00
09	Silvana (Bredos)	175,00
10	Cachoeirinha	90,00
11	Marrecas	52,50
12	Tigre (*)	75,00
13	Poço de Pedra	200,00
14	Forquilha	202,50
15	São Bento	343,00
16	Vila Joaquim Moreira	94,50
17	Várzea da Serra	150,00
18	Vacaria	200,00
19	Queimadas	200,00
20	Manicoba	207,50
21	Salgadinho	130,00
22	Cajazeira I	250,50
23	Cajazeira II	140,00
24	Santa Luzia	82,00

(*) Extensão do Perfil Vertedouro = 30,00 m.

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

NOVO ENDEREÇO
 Rua Epaminondas Frota, 333 - Vila União
 FONE. 227-7643



2.0- METODOLOGIA

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

100001



2.0 - MEIODOLOGIA

Fundamentalmente, os estudos realizados foram dirigidos à aqueles indispensáveis para exclusiva definição geométrica dos Projetos Executivos.

As investigações necessárias obedeceram princípios e técnicas simples, compatíveis com o porte das pequenas barragens, características e especificidades locais do barramento. Assim, não foi objeto do contrato o levantamento das bacias hidráulicas e estudos de regularização. Contudo, estimou-se a capacidade de armazenamento por processo expedito, qual seja a partir da ampliação da carta da SUDENE escala 1.100.000 para escala 1:25.000 e regionalização de curvas cota-volume disponíveis na vizinhança. Deste modo, os valores indicados devem ser interpretados com as devidas limitações.

Em parte, os critérios utilizados estão inseridos na publicação "Roteiro Para Projetos de Pequenos Açudes", editada pelo DNOCS (1979 - 1983) e experimentada com sucesso no dimensionamento de mais de 1000 barragens no Nordeste do Brasil.

Em apenso ao final do capítulo, as tabelas necessárias e resultantes dos estudos de certos itens.

2.1 - Cartografia





Entre a cartografia disponível foram consultadas Cartas da SUDENE escala 1:100.000, Mapeamentos do Projeto RADAMBRASIL, Mapa Geológico do Ceará escala 1:500.000 e Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará escala 1.600.000.

2.2 - Clima e Hidrologia

O clima regional é semi-árido, tipo D-Megatérmico A'. Segundo a classificação de Gausseu é definido como tropical quente com seca acentuada (tipo 4aTh), ou ainda, através da teoria de Koeppen como semi-árido (tipo BSw'h').

As chuvas da região são irregularmente distribuídas no tempo e no espaço, sendo caracterizado baixo índice pluviométrico, cuja chuva efetiva é da ordem de 474 mm/ano. O trimestre mais chuvoso vai de fevereiro até abril, enquanto o mais seco de setembro até novembro.

Nas bacias dos riachos das Varas, Curu e complementares, região que pode ser considerada como representativa da grande parte da área dos projetos, efetuou-se um estudo estatístico das precipitações pelo método de Gumbel, tendo por base a chuva média (Método de





Thiessen) na bacia, originária das séries históricas dos postos de Marruas e São Martinho, que influenciam na bacia. A precipitação média anual resultante é de 583.4 mm, e, com 95% de confiança, esse valor está compreendido no intervalo $534.0 \text{ mm} \leq \bar{P} \leq 632.8 \text{ mm}$, observando-se que as precipitações médias calculadas nas demais bacias exceto para Mombaça, enquadram-se na amplitude do intervalo determinado.

Seguem as estimativas das precipitações extremas prováveis, a nível anual (chuva média) e das máximas média observadas diariamente em 42 anos e 48 anos respectivamente.

CHUVA (mm/ano) \ RECORRÊNCIA (anos)	10	25	50	75	100	500	1000
Máxima	796.7	917.5	1007.2	1059.3	1096.2	1301.9	1390.3
Mínima	403.5	360.8	335.9	323.3	315.1	276.9	263.4

CHUVA (mm/dia) \ RECORRÊNCIA (anos)	10	25	50	75	100	500	1000
Máxima	99.6	121.1	137.0	146.3	152.8	189.4	205.1
Mínima	29.7	22.1	17.7	15.4	14.0	7.2	4.8



O sistema hídrico é afetado por altas temperaturas, com média anual superior a 25°C e elevadas taxas de evaporação de 2983 mm/ano em tanque classe A.

A evapotranspiração potencial varia entre 1929 mm a 1979 mm/ano através dos métodos de Hangreaves e Blaney e Criddle respectivamente.

O balanço hídrico do solo caracteriza a região com déficit hídrico anual, confirmando o regime de escoamento temporário definido pelo Índice de Marton. Isto se deve por causas já citadas, associadas as condições da geologia e pedologia regional. Em consequência, decorre o fraco potencial das águas subterrâneas e a importância da açudagem na região, onde os coeficientes de deflúvios extremos são variáveis entre 4,85% e 17,7% podendo o valor 10,2% representar a média.

2.3 - Cheia de Projeto

Selecionou-se o período de retorno de 100 anos por tratar-se de uma recorrência econômica e consagrada no nordeste brasileiro para projetos dessa magnitude, considerando, a

vazão afluyente de pico no dimensionamento.

Por inexistência de dados fluviométricos (nível - vazão) nos eixos barráveis, as enchentes foram estimadas por processos sintéticos, dentre os quais o aprovado Método de Aguiar, o Hidrograma Unitário Triangular (HUT-S, Simples e HUT-C, Complexo) apoiado na técnica das Isozonas de Torrico e a Regionalização Tipo Creager.

Para uma simples verificação das folgas de recorrência de 500 anos, portanto, superior ao período de retorno de projeto, estimou-se a vazão correspondente em função da descarga de projeto ($Tr = 100$ anos), através de equação transformada de Iszkowski (Serviço Hidrológico Austríaco), testada em Curitiba, sem maiores contestações, dos resultados observados e calculados pelo Eng^o Armando de Melo.

a.) Fórmula de Aguiar ($Tr = 100$ anos)

$$Q_{100}(\text{m}^3/\text{s}) = 1.150 S/(\text{CL})^{.5} (120 + \text{KLC})$$

S - Área da bacia hidrográfica (km^2),

L - Linha de fundo ou comprimento do talvegue (km),

K - Fator de variação do rendimento superficial máximo,

C - Fator de variação da velocidade média do escoamento superficial,

K,C-Tabelado em função do tipo de bacia.

b.) Regionalização Tipo Creager (Tr = 100 anos)

$$Q_{100} \text{ (m}^3\text{)} = 10.56 \text{ (S)}^{.63}$$

S - Área da bacia hidrográfica em (km²), sendo as constantes valores regionais.

c.) Equação Transformada de Iszkowski

$$Q_{Tr} \text{ (m}^3\text{/s)} = 2^{.5 \log Tr} \bar{P} k S$$

\bar{P} - Precipitação média anual na bacia (m).

S - Área da bacia hidrográfica (km²);

k - Coeficiente em função das condições geológicas, fitológicas e topográficas da bacia,

Tr- Período de retorno (anos).

2.4 - Revanche e Folga

O revanche (Rv) arbitrado foi tal que a folga (f) correspondente à recorrência de

projeto ($Tr = 100$ anos) fosse superior a 50 cm e que fosse evitada a passagem d'água sobre o coroamento da barragem de terra para 500 anos de período de retorno.

Consideramos o critério satisfatório para a magnitude das pequenas barragens, principalmente, observando que no nordeste alguns projetistas usam.

- Bacias Pequenas. $Rv = 2,00$ m
- Bacias Médias : $Rv = 3,00$ m
- Bacias Grandes : $Rv = 4,00$ m

Por outro lado, a indisponibilidade do levantamento da bacia hidráulica não permitiu o cálculo do "Fetch" para avaliação mais precisa da folga.

Observe-se, que os valores das folgas estão próximos da unidade para vazão de projeto, salvo exceções que não induzem maiores comprometimentos.

2.5 - Critérios de Dimensionamentos

2.5.1 - Barragem de Terra

Os taludes foram definidos segundo a Classificação Unificada de So

los "USC", usando tabela publicada no livro "Design of Small Dams" editado pelo "United States Department of The Interior Bureau Of Recclamation". A largura do coroamento corresponde ao valor redondo dado pela fórmula:

$$b(m) = 1.10 (h)^{.5} + 1.00$$

b - Largura do coroamento,

h - Altura da seção máxima de barra-
gem (m).

2.5.2 - Muros de Proteção

Dimensionados conforme a teoria de J.Resal, indicada na publicação do DNOCS referenciada anteriormente.

2.5.3 - Vertedores Naturais

Dimensionados para atender a vazão de projeto, sem o maior perigo de transbordamento pela crista da barra-
gem.

$$h_o(100) = (Q_{100} / 1.77 L)^{2/3}$$



- $h_o(100)$ - Carga hidráulica (m),
 Q_{100} - Vazão de projeto (m^3/s),
 L - Lagura do Vertedor (m).

2.5.4 - Vertedores Tipo Creager

A estabilidade foi verificada por meio do método estático, enquanto que o perfil hidráulico foi traçado segundo o critério dos perfis tipos indicados na publicação do DNOCS antes citada. O peso específico (γ_c) do material foi $2.40 t/m^3$.

a.) Segurança ao Tombamento (α)

$$\alpha = MR/MD$$

MR - Momento resistente (tm/m);

MD - Momento derrubador (tm/m);

α - Coeficiente de segurança.

b.) Segurança ao Escorregamento (β)

$$\beta = uN/Eh$$

u - Coeficiente de atrito.

N - Normal (t/m);

Eh - Empuxo (t/m).

cada no limite extremo do terço médio da base substitutiva, ocasionando em um bordo tensão de compressão nula e no outro de valor:

$$\sigma_1 (\text{kg/cm}^2) = 2 N/3 an$$

N - Normal (t/m),

an- Ponto de aplicação da Normal em metros.

Em todas as situações, as tensões calculadas devem ser inferiores a taxa admissível do terreno.

2.6 - Coefficientes Utilizados

2.6.1 - Coefficiente de Subpressão (m)

Foi usado o critério estabelecido pela norma italiana, para barragem com altura inferior a 25 m, conforme descrição seguinte (Fonte: Cálculo de Barragens - ABCP, 1963 - S.P., Nahul Benevolo).

<u>Natureza da Fundação</u>	<u>Valor de m (h < 25m)</u>
a- Rocha muito homogênea, compacta e impermeável	0.0
b- Rocha em condições boas e defeitos mínimos	0.5
c- Rochas com condições me diócras e com defeitos, quando se faça a corre- ção desses defeitos com injeção de cimento	1.0

As características geológicas e geotécnicas locais permitem assegurar que as fundações em qualquer dos eixos não se enquadraria no item "c". Os valores de "m" indicados na tabela 2.5.4.1, poderiam ser menores na realidade, entretanto os valores selecionados tem uma função adicional de segurança.

2.6.2 - Coeficiente de Atrito (u)

Admitiu-se $u = 0.75$, por ser um valor aceitável e médio do intervalo $0.65 \leq u \leq 0.85$, veja expressão de

estimativa:

$$u = (1/\gamma_c - m \gamma_a)^{.5}$$

γ_c - Peso específico do material (t/m³);

γ_a - Peso específico da água (t/m³),

m - Coeficiente de subpressão.

$$2.0 \leq \gamma_c \leq 2.40$$

$$0.0 \leq m \leq 1.00$$

$$\gamma_a = 1.00 \text{ t/m}^3$$

2.6.3 - Coeficientes de Descarga dos Vertedores

Tipo Natural : C = 1.77

Tipo Creager : C = 2.20

2.6.4 - Limites Mínimos dos Coeficientes de Estabilidade dos Perfis Tipo Creager

a.) Segurança ao Tombamento

$$\alpha_{\text{lim}} = 1.10$$

b.) Segurança ao Escorregamento

$$\beta_{lim} = 1.00$$

Para maior proteção o perfil deve ser engastado na rocha, e, nestas condições pode-se admitir valores ligeiramente inferior a β_{lim} .

c.) Segurança ao Cisalhamento

$$\tau_{adm} = 17,0 \text{ kg/cm}^2$$

d.) Segurança ao Afundamento

$$\sigma_{1,2} \leq \sigma_{adm}$$

Os estudos geotécnicos locais revelaram que as tensões admissíveis são maiores que $5,0 \text{ kg/cm}^2$.

2.7 - Topografia

O estudo topográfico foi feito através de levantamento plani-altimétrico, usando-se teodolito, trena e nível de bolha esférico, de acordo com as etapas relatadas a seguir.

2.7.1 - Levantamento do Eixo

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

0000004

NOVO ENDEREÇO
Rua Epaminondas Frota, 333 - Vila União
FONE: 227-7643

No provável local do eixo da barragem foi feito o levantamento de um eixo topográfico, materializado através do uso de piquetes de madeira com estacas testemunhas espeçadas de 20 em 20 metros.

Este eixo, serviria de linha de base para o projeto das barragens.

Nas extremidades do eixo topográfico, foram colocados marcos de concreto com a finalidade de amarração e referência de nível.

O comprimento de cada eixo, juntamente com o número de estacas são apresentadas na tabela anexa.

2.7.2 - Seções Transversais

Em cada estaca do eixo topográfico, foram levantadas seções transversais com 50,00 metros para cada lado do eixo, perfazendo um total de 100 metros de seção.

Com este levantamento e mais o do eixo foi possível o traçado das cur

vas de níveis na região da barragem.

2.7.3 - Talvegue

Ao longo do talvegue dos rios e riachos, foram levantadas poligonais, usando-se o processo taquiométrico, que permitiu a locação destes.

Estas poligonais foram levantadas para montante até encontrar uma cota próxima do coroamento das barragens.

2.7.4 - Resultados

Os resultados destes levantamentos são apresentados nos projetos executivos na seguinte forma:

- Planta do eixo com curvas de níveis da região da barragem;
- Perfil longitudinal do eixo topográfico;
- Planta e perfil da poligonal do talvegue.

2.8 - Geotecnia

Estes estudos tiveram como objetivo a perfeita caracterização do subsolo nos locais das barragens para estudo das fundações, e a pesquisa de materiais de construção: areia e pedra para as alvenarias e materiais terrosos para as barragens de terra.

2.8.1 - Sondagens

Ao longo do eixo da barragem e do provável local do sangradouro, foram executadas sondagens iniciadas a percussão e prosseguidas por rotativa quando encontrado material impenetrável a este processo. A localização destas sondagens, pode ser vista na "Planta do Boqueirão", desenho apresentado no projeto executivo de cada barragem.

Em anexo, apresentamos tabela, mostrando a posição das sondagens e os respectivos comprimentos de percussão e rotativa.

Os resultados das sondagens são apresentados em forma de perfis indiviu

duais do subsolo no volume nº 03 "Perfis de Sondagens".

Para ser ter uma vizualização do subsolo nos locais da barragem foram preparadas seções esquemáticas do subsolo, partindo dos perfis individuais. Evidentemente o desenvolvimento provável das camadas, mostrado nas seções representa apenas uma estimativa, já que foram definidos a partir de pontos isolados, das sondagens. Estas seções são mostradas no "Perfil da Barragem", desenho apresentado no projeto executivo de cada uma delas.

Os trechos de sondagens a percussão foram executados através de dois processos. Primeiramente avançou-se o furo com o uso de trado concha de 4", até ser encontrado o lençol freático ou material resistente a perfuração por este processo. Sendo então o furo revestido e prosseguido pelo processo de circulação d'água (lavagem), até ser encontrado material também impetrável a este outro processo, quando

então foram prosseguidas por rotativa, até ser atingida uma profundidade sondada que permitisse a definição das fundações.

Na obtenção das amostras de solo utilizou-se o amostrador padrão de 2" e 1 3/8" de diâmetros externo e interno, respectivamente, o qual era crvado no terreno por meio de golpes de um martelo de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm.

Durante a cravação do amostrador foram registrados os números de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar cada 15 cm no solo, até uma penetração total de 45 cm. A soma dos golpes das últimas parcelas de 15 cm, ou seja dos 30 cm finais de cravação, é apresentada sob forma de tabela e gráfico nos perfis de sondagens. Este número de golpes é denominado de "Standard Penetration Test - SPT",

Os trechos de sondagens rotativas foram executados com coroa AX de diâmetro externo de 47,6 mm, acoplada

a um barrilete simples.

A sonda utilizada foi uma MACH-920 da MAQUESONDA, de avanço manual, impulsionada por motor YAMAHA NSB-90 de 9 HP.

2.8.2 - Pesquisa de Materiais de Construção

Os materiais foram identificados no campo, tendo suas localizações mostradas em planta no projeto executivo de cada barragem.

Para cada barragem foram pesquisadas, jazidas de materiais terrosos, uma pedreira e um areal.

As pedreiras normalmente foram encontradas no alto das ombreiras ou nos leitos dos riachos.

Os areiais são formadas em sua totalidade por bancos de areias existentes nos leitos.

As jazidas são formadas por solos residuais de rochas gnaíssicas, sendo dos tipos SC (areia argilosa), SM (areia siltosa), CL (argila de Baixa

Plasticidade, cremoso).

Em algumas barragens a serem construídas totalmente de alvenaria de pedra não foram pesquisadas jazidas de materiais terrosos.

Em tabela anexa apresentamos para as ocorrências de areia e pedra os valores da área do volume útil e da distância média de transporte.

Em outra tabela, apresentamos para as jazidas além dos valores acima, o tipo de material e parâmetros de compactação:

γ_s - Peso específico seco máximo;

$w_{ótima}$ - Umidade ótima.

A pesquisa da pedreira e do areal foi feita através de inspeção de campo com medições através de trenados e elementos geométricos das mesmas

2.8.3 - Ensaio de Laboratório

As jazidas de materiais foram estudadas através de sondagens a pã e

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone. 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

~~000031~~

NOVO ENDEREÇO
Rua Epaminondas Frota, 333 - Vila União
FONE 227-7643

picareta, espaçadas 100 metros uma da outra formando quadrados de 100 metros de lado.

De cada sondagem das jazidas foi coletada uma amostra do material a ser utilizado na construção da barragem. Então amostras levadas ao laboratório onde foram submetidas a exame total-visual. A partir deste exame foram escolhidas as amostras mais representativas de cada jazida, que foram submetidas aos seguintes ensaios.

- Granulometria por peneiramento.
- Limite de liquidez.
- Limite de plasticidade
- Compactação (Proctor Normal).

Os resultados destes ensaios são apresentados no Volume nº 04 "Ensaio de Laboratório".

Os métodos de ensaio utilizados foram os padronizados pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas e Rodagem) e pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

2.9 - Geologia

As barragens situadas no município de Tauá, normalmente encontram-se sobre formações cristalinas de origem metamórfica em zonas de intenso metamorfismo, destacando-se, portanto, dois tipos de formação: a gnaíssica e a migmática.

A gnaíssica apresenta tipos faciológicos dos mais variados, como gnaisses bandados, leuco-cráticos, biotita-gnaisses e em determinados pontos da área observam-se grandes ocorrências de gnaisse facoidais.

Os gnaisses bandados exibem uma seqüência interestratificada de leitos fêlsicos, quartzo-feldspáticos e leitos máficos, biotíticos ou de anfíbolitos. Os gnaisses em geral apresentam coloração cinza, textura média a grossa, sendo que no último caso os leitos quartzo-feldspático exibem um aspecto pegmatóide.

A migmatítica se sub-divide em migmatitos homogêneos e migmatitos heterogêneos a saber:

Os migmatitos homogêneos, caracterizam-se pela presença de estruturas do tipo ne

bulítica, anatexítica e schlieren, observando-se geralmente uma dominância do neossoma sobre o paleossoma.

No geral, a unidade é representada por migmatitos, meso a leucocráticos, com granulação variando de média a grossa, apresentando localmente micro-dobramentos e fraturas.

Os migmatitos heterogêneos, foram identificados em locais diversos com estruturas planares bem definidas. Da mesma forma que os migmatitos homogêneos, estes não ocupam áreas com limites definidos, havendo uma passagem gradacional para migmatitos homogêneos ou gnaisses, ao longo do mesmo afloramento.

Todas as barragens no município de Tauá, com exceção das n^os 04, 06, 10 e 11 encontram-se sobre uma formação gnaissica onde predominam de forma macroscópica os seguintes minerais: biotita, feldspato e quartzo. O grau de metamorfismo é elevado (Catametamórfico) e a nomenclatura da rocha é de biotita gnaisse.

As barragens n^os 10 e 11 encontram-se também sobre formação gnaissica de grau elevado de metamorfismo, porém em sua formação mineralógica macroscópica de destacam: a biotita,

o quartzo, o feldspato e a ornoblenda, tendo a rocha a nomenclatura de: Biotita Ornoblenda Gnaisse.

As barragens n^{os} 04 e 06 encontram-se sobre formação migmatíticos com predominância mineralógica de biotita, quartzo e feldspato. O metamorfismo é interno, sendo a rocha chamada simplesmente de migmatito.

As barragens projetadas no município de Mombaça n^{os} 22 e 23 encontram-se numa região de biotita gnaisse com características idênticas aos biotita gnaisses de Tauã com exceção de terem um grau menor de metamorfismo (Mesometamórfica).

2.10- Tomada d'Água

Para propiciar o uso dos reservatórios para pequenos fins utilitários foram projetados tomadas d'águas. Nas barragens de terra foram projetados sifões, por serem de baixo custo e de fácil execução, compatíveis portanto com os tipos de barragens.

Para dimensionamento dos sifões foi utilizada a metodologia publicada no livro Reteiro para Projeto de Pequenas Barragens do



Engº Vicente de Paula Vieira, editado pelo
DNOCS.

Nas barragens de alvenaria de pedra
foi projetada uma tomada d'água tipo comporta
de uso defundido na região com bom desempenho.

Em certos locais, omitiu-se o projeto
específico, supondo uso de tomada d'água flu-
tuante.

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza—Ceará CEP. 60.000

000036

RDV
Rua Epaminondas Freta, 335 - U. 3a
FONE: 227-7643

ANEXO 1 - Tabela de Estações Pluviométricas na Bacia Hidrográfica

Nº	BARRAGEM	RIO / RIACHO	BACIA HIDROGRÁFICA		ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS
			ÁREA S (km ²)	CHUVA MÉDIA P (mm/ano)	
01	Olho d'Aguiinha	Afluente do Curuiú	5,5	583,4	São Martinho e Marruas
02	Cachoeira I	Curuiú	17,7	583,4	São Martinho e Marruas
03	São Martins	Curuiú	83,7	583,4	São Martinho e Marruas
04	Garrote	Varas	115,8	583,4	São Martinho e Marruas
05	Vazantinha	Curuiú	32,8	583,4	São Martinho e Marruas
06	Isidoro	Varas	125,5	583,4	São Martinho e Marruas
07	Alagoas	Curuiú	60,5	583,4	São Martinho e Marruas
08	Cachoeira II	Afluente do Curuiú	7,2	583,4	São Martinho e Marruas
09	Silyana (Bredos)	Bredos	5,3	583,4	São Martinho e Marruas
10	Cachoeirinha	Carrapateira	185,0	618,9	Riachão do Banabuiú e Tróia
11	Marrecas	Puiú	915,0	547,6	Marrecas, Parambu e Cococi
12	Tigre	Afluente do Calumbi	3,0	596,4	Tauá e Coutinho
13	Poço de Pedra	Jaguaribe	3150,0	541,3	Riachão do Banabuiú, Stº Antônio, Iapi, Tauá, São Martinho, Marruas, Coutinho e Tróia
14	Forquilha	Pirombeiras	25,0	625,0	Riachão do Banabuiú
15	São Bento	São Bento	115,0	510,0	Iapi, Stº Antonio e Várzea do Boi
16	Vila Joaquim Moreira	São José (Roca)	465,0	544,3	Marrecas e Parambu
17	Várzea da Serra	Poços	235,0	583,0	São Martinho e Marruas
18	Vacaria	Carrapateira	600,0	618,9	Riachão do Banabuiú e Tróia
19	Queimadas	Afluente do Calumbi	15,0	596,4	Tauá e Coutinho
20	Manicoba	Manicoba	5,0	596,4	Tauá e Coutinho
21	Salgadinho	Forquilha	2,5	595,0	Tauá
22	Cajazeira I	Cangati	17,0	810,2	Mombaca
23	Cajazeira II	Cangati	17,0	810,2	Mombaca
24	Santa Luzia	Jurema	5,0	595,0	Tauá

000037

Tabela 2.3.1 - Parametros da Fórmula de Aguiar

N°	BARRAGEM	TIPO DA BACIA	PARAMETROS			
			S (km ²)	L (km)	K	C
01	Olho d'Aguinha	4	3.5	2.2	0.30	1.05
02	Cachoeira I	4	17.7	8.7	0.30	1.05
03	São Martins	4	83.7	25.1	0.30	1.05
04	Garrote	4	115.8	29.9	0.30	1.05
05	Vazantinha	4	32.8	12.1	0.30	1.05
06	Isidoro	4	125.5	33.2	0.30	1.05
07	Alagoas	4	60.5	19.5	0.30	1.05
08	Cachoeira II	4	7.2	4.1	0.30	1.05
09	Silvana (Bredos)	4	5.3	3.4	0.30	1.05
10	Cachoeirinha	5	185.0	30.0	0.40	1.15
11	Marrecas	5	915.0	65.0	0.40	1.15
12	Tigre	1	3.0	2.0	0.10	0.85
13	Poço de Pedra	5	5150.0	65.0	0.40	1.15
14	Forquilha	1	25.0	12.0	0.10	0.85
15	São Bento	5	115.0	15.0	0.40	1.15
16	Vila Joaquim Moreira	4	465.0	40.0	0.30	1.05
17	Várzea da Serra	4	235.0	36.8	0.30	1.05
18	Vacaria	5	600.0	43.3	0.40	1.15
19	Queimadas	1	15.0	7.0	0.10	0.85
20	Manicoba	1	5.0	3.0	0.10	0.85
21	Salgadinho	3	2.5	3.5	0.20	1.00
22	Cajazeira I	1	17.0	9.0	0.10	0.85
23	Cajazeira II	1	17.0	9.0	0.10	0.85
24	Santa Luzia	3	5.0	3.4	0.20	1.00

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza—Ceará CEP. 60.000

000038

LEVO ENDE...
 Rua Epitácio das Frotas, 333 - Vila União
 FONE: 227-7643

Tabela 2.3.2 - Parametros da Equação Transformada de Iszkowski

Nº	BARRAGEM	CHUVA MÉDIA	ÁREA (BH)	COEF. LOCAL	VAZÃO(m ³ /s)
		\bar{P} (m/ano)	S (km ²)	k	Tr=500(Anos)
01	Olho d'Aguinha	0.5834	3.5	5.71	29.7
02	Cachoeira I	0.5834	17.7	3.14	82.6
03	São Martins	0.5834	83.7	1.77	220.
04	Garrote	0.5834	115.8	1.77	305.
05	Vazantinha	0.5834	32.8	2.50	122.
06	Isidoro	0.5834	125.5	1.60	315.
07	Alagoas	0.5834	60.5	2.00	180.
08	Cachoeira II	0.5834	7.2	4.37	46.8
09	Silvana (Bredos)	0.5834	5.3	4.90	38.6
10	Cachoeirinha	0.6189	185.0	1.24	361.
11	Marrecas	0.5476	915.0	0.81	1035.
12	Tigre	0.5964	3.0	6.15	28.0
13	Poço de Pedra	0.5413	3150.0	0.82	3561.
14	Forquilha	0.6250	25.0	2.57	102.
15	São Bento	0.5100	115.0	2.13	319.
16	Vila Joaquim Moreira	0.5443	465.0	1.23	793.
17	Varzea da Serra	0.5834	235.0	1.20	421.
18	Vacaria	0.6189	600.0	0.94	892.
19	Queimadas	0.5964	15.0	3.28	74.7
20	Maniçoba	0.5964	5.0	5.01	38.1
21	Salgadinho	0.5950	2.5	6.32	24.0
22	Cajazeira I	0.8102	17.0	3.02	106.
23	Cajazeira II	0.8102	17.0	3.02	106.
24	Santa Luzia	0.5950	5.0	4.89	37.1

Tabela 2.3.3 - Comparação das Vazões Seculares

Nº	BARRAGEM	Q100 (m ³ /s) - MÉTODOS				CHEIA SECULAR DE PROJETO
		AGUIAR	CREAGER	HUT-S	HUT-C	
01	Olho d'Aguinha	21.9	23.3	19.6	13.3	23.3
02	Cachoeira I	54.9	64.8	50.1	53.3	64.8
03	São Martins	147.	173.	144.	171.	173.
04	Garrote	184.	212.	198.	239.	239.
05	Vazantinha	85.5	95.6	79.7	87.8	95.6
06	Isidoro	187.	223.	202.	247.	247.
07	Alagoas	122.	141.	118.	140.	141.
08	Cachoeira II	32.9	36.7	35.0	38.9	36.7
09	Silvana (Bredos)	26.6	30.3	27.1	21.0	30.3
10	Cachoeirinha	271.	283.	-	265.	283.
11	Marrecas	812.	775.	-	785.	812.
12	Tigre	22.0	21.1	-	-	22.
13	Poço de Pedra	2795.	1689.	-	1590.	2795.
14	Forquilha	74.0	80.2	-	-	80.2
15	São Bento	250.	210.	-	213.	250.
16	Vila Joaquim Moreira	622.	506.	-	565.	622.
17	Várzea da Serra	330.	329.	-	-	330.
18	Vacaria	700.	594.	-	-	700.
19	Queimadas	58.6	58.2	-	-	58.6
20	Manicoba	29.9	29.1	-	-	29.9
21	Salgadinho	12.7	18.8	-	-	18.8
22	Cajazeira I	58.5	62.9	83.3	-	83.3
23	Cajazeira II	58.5	62.9	83.3	-	83.3
24	Santa Luzia	25.8	29.1	-	-	29.1

Tabela 2.4.1 - Verificação da Folga (f_{Tr})

Nº	BARRAGEM	REVANCHE	VERTEDOR	$f_{100(m)}$	$f_{500(m)}$
		Rv (m)	L (m)	Tr=100anos	Tr=500anos
01	Olho d'Aguinha	*	125.0	*	*
02	Cachoeira I	*	221.0	*	*
03	São Martins	2.20	60.0	0.82	0.52
04	Garrote	3.00	40.0	0.75	0.35
05	Vazantinha	3.00	19.0	0.99	0.64
06	Isidoro	3.00	50.0	1.02	0.67
07	Alagoas	*	114.5	*	*
08	Cachoeira II	2.00	20.0	0.98	0.80
09	Silvana (Bredos)	2.00	30.0	1.31	1.19
10	Cachoeirinha	3.50	35.0	0.75	0.26
11	Marrecas	*	52.5	*	*
12	Tigre	1.00	30.0	0.52	0.44
13	Poço de Pedra	4.50	110.0	- 1.41	- 2.45
14	Forquilha	1.65	60.0	0.82	0.68
15	São Bento	2.50	75.0	0.97	0.71
16	Vila Joaquim Moreira	3.50	80.0	0.82	0.35
17	Várzeada Serra	3.00	70.0	1.08	0.74
18	Vacaria	3.00	140.0	1.00	0.65
19	Queimadas	2.50	20.0	1.10	0.85
20	Maniçoba	2.00	20.0	1.11	0.95
21	Salgadinho	1.50	20.0	0.84	0.73
22	Cajazeira I	2.50	22.0	0.84	0.55
23	Cajazeira II	2.50	22.0	0.84	0.55
24	Santa Luzia	2.00	15.0	0.94	0.75

(*) = Barragens vertedouras.

(**) = Projeto inviável, não devendo ser construído.

900041

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

NOVO ENDEREÇO
 Rua Epaminondas Frato, 333 - Vila União
 FONE: 227-7643

Tabela 2.3.4.1 - Verificação de Estabilidade dos Vertedores tipo Creager
Recorrência de Projeto Fr = 100 anos

Nº	BARRAGEM	m	u	α	β	τ (kg/cm ²)	TENSÕES (kg/cm ²)				TENSÕES (kg/cm ²) - HIPÓTESE ALTERNATIVA			
							CHEIA		VAZIA		CHEIA		VAZIA	
							MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
01	Olho d'Aguinha	1.0	0.75	1.77	1.27	0.32	0.38	0.71	1.68	0.05	-	-	-	-
02	Cachoeira I	1.0	0.75	1.61	1.11	0.40	0.23	0.95	1.85	0.04	-	-	-	-
07	Alagoas	0.9	0.75	1.57	1.08	0.40	0.06	1.11	1.64	0.10	-	-	-	-
11	Marrecas	0.5	0.75	1.14	1.37	0.29	- 0.76	1.81	0.95	0.38	0	3.80	-	-
12	Tigre	0.5	0.75	1.80	1.16	0.31	0.07	0.87	1.12	0.04	-	-	-	-

Legenda.

- m - Coeficiente de subpressão.
- u - Coeficiente de atrito.
- α - Coeficiente de segurança ao tombamento.
- β - Coeficiente de segurança ao escorregamento.
- τ - Tensão de cisalhamento.
- $\sigma_{m,j}$ - Tensões nos bordos de montante e jusante.
- $\sigma_{adm} \geq 5.0 \text{ kg/cm}^2$.
- $\gamma_t = 1.8 \text{ t/m}^3$
- $\sigma_{m,j} \leq \sigma_{adm}$ - Segurança de afundamento.

OBSERVAÇÕES.

1. Com exceção da barragem Marrecas, os coeficientes de segurança dos demais perfis são satisfatórios para atender descargas de até 500 anos de período de retorno.
2. Valores de "m" e "hipótese alternativas" comentados no texto do relatório.

000042

Tabela 2.7.1.1 - Dados Topográficos

Nº	BARRAGEM	EIXO COMPRIMENTO (m)	Nº DE ESTACAS
01	OLHO D'AGUINHA	180	10
02	CACHOEIRA I	226	13
03	SÃO MARTINS	265,40	15
04	RIACHO DOS GARROTES	245	14
05	VAZANTINHA	200	11
06	ISIDORO	280	15
07	ALAGOAS	200	11
08	CACHOEIRA II	140	08
09	RIACHO DOS BREDOS	240	13
10	CACHOEIRINHA	133,80	09
11	MARREAS	95	06
12	TIGRE	160	09
13	POÇO DAS PEDRAS	310	17
14	FORQUILHA	270	15
15	S. BENTO	418	22
16	VILA JOAQUIM MOREIRA	172	09
17	VÁRZEA DA SERRA	220	12
18	VACARIA	400	20
19	QUEIMADAS	240	13
20	MANIÇOBA	240	13
21	SALGADINHO	160	09
22	CAJAZEIRA I	320	17
23	CAJAZEIRA II	320	16
24	STA. LUZIA	97	06

900043

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza—Ceará
 CEP. 60.000

NOVO ENDEREÇO
 Epaminondas Fraga, 333 Vila União
 FONE 227-7643

Tabela 2.8.1.1 - Sondagens

Nº	BARRAGEM	SONDAGEM Nº	ESTACA Nº	COMPRIMENTO PER- FURADO	
				PERCUSSÃO (m)	ROTATIVA (m)
01	OLHO D'ÁGUINHA	SR - 1	7	0,00	5,00
	TOTAL			0,00	5,00
03	SÃO MARTINS	SR - 1	- 3	0,00	5,00
		SR - 2	0	0,00	5,00
		SR - 3	4	0,00	5,00
		SR - 4	7+3,60	3,45	1,55
		SP - 5	8	5,45	0,00
	TOTAL			8,90	16,55
04	GARROTE	SP - 1	4+15,00	5,36	0,00
		SP - 2	6+15,00	6,12	0,00
		SP - 3	8	8,55	0,00
		SR - 4	12	0,00	5,00
	TOTAL			20,03	5,00
05	VAZANTINHA	SM - 1	0	1,45	3,55
		SP - 2	2+10,00	5,00	0,00
		SP - 3	5	3,45	1,55
		SM - 4	7	1,40	3,60
		SR - 5	9	0,00	5,00
	TOTAL			11,30	13,70
06	ISIDORO	SR - 1	- 1	0,00	5,00
		SR - 2	1	0,00	5,00
		SM - 3	3+2,50	1,50	3,50
		SP - 4	5+10,00	5,60	0,00
		SR - 5	8	0,00	5,00
		SR - 6	11	0,00	5,00
	TOTAL			7,10	23,50

900044

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

PROJETO
 Rua 333 - Via União
 22-7-7643

Continuação da tabela anterior.

Nº	BARRAGEM	SONDAGEM Nº	ESTACA Nº	COMPRIMENTO PER- FURADO	
				PERCUSSÃO (m)	ROTATIVA (m)
07	ALAGOAS	SP - 1	1	0,65	0,00
		SR - 2	4	0,00	3,00
		SR - 3	5	0,00	5,00
		SR - 4	8	0,00	5,00
	TOTAL			0,65	13,00
08	CACHOEIRA II	SR - 1	- 1	0,00	5,00
		SR - 2	1	0,00	5,00
		SR - 3	2+10,00	2,30	2,70
		SR - 4	4	0,00	5,00
		SR - 5	6	0,00	5,00
	TOTAL			2,30	22,70
09	SILVANA (BREDOS)	SR - 1	10+15,00	0,00	5,00
		SR - 2	9+15,00	0,00	5,00
		SP - 3	3	2,30	0,00
		SR - 4	4+2,00	2,50	2,50
	TOTAL			4,80	12,50
10	CACHOEIRINHA	SR - 1	0+10,00	0,00	5,00
		SR - 2	2	0,00	5,00
		SR - 3	3+5,00	2,00	3,00
		SP - 4	4+10,00	5,05	0,00
	TOTAL			7,05	13,00
11	MARREAS	SR - 1	1	1,88	3,12
		SP - 2	1+17,00	2,90	0,00
		SP - 3	2+8,10	2,30	0,00
		SP - 4	2+18,30	2,20	0,00
		SP - 5	2+18,30/ 9,30Juz.	3,20	0,00
		SP - 6	1+17,90/ 10,00Juz.	2,30	0,00
	TOTAL			14,78	3,12

Continuação da tabela anterior.

Nº	BARRAGEM	SONDAGEM Nº	ESTACA Nº	COMPRIMENTO PER- FURADO	
				PERCUSSÃO (m)	ROTATIVA (m)
12	TIGRE	SM - 1	1	3,30	1,70
		SM - 2	7	2,50	2,50
	TOTAL			5,80	4,20
13	POÇO DE PEDRA	SP - 1	- 1	8,05	0,00
		SP - 2	1	8,45	0,00
		SP - 3	3	8,45	0,00
		SP - 4	5	8,45	0,00
		SP - 5	7+3,00	8,45	0,00
	TOTAL			41,85	0,00
14	FORQUILHA	SR - 1	0	1,15	3,85
		SR - 2	3	1,45	3,55
		SR - 3	6	1,10	3,90
		SR - 4	8	3,70	1,30
		SR - 5	9+8,00	2,70	2,30
		SR - 6	13+10,00	0,00	5,00
	TOTAL			10,10	19,90
15	S. BENTO	SP - 1	4	2,50	0,00
		SP - 2	6	7,70	0,00
		SP - 3	8	10,45	0,00
		SP - 4	10	8,12	0,00
		SR - 5	13	0,00	5,00
		SR - 6	16	0,00	5,00
	TOTAL			28,77	10,00
16	VILA J. MOREIRA	SR - 1	0	0,00	5,00
		SR - 2	2	0,00	5,00
		SP - 3	7	5,45	0,00
		SP - 4	9	5,30	0,00
	TOTAL			10,75	10,00

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza—Ceará CEP. 60.000

900046

NOVO ENDEREÇO
 Rua Epaminondas Freta, 333 - Vila União
 FONE. 227-7643

Continuação da tabela anterior.

Nº	BARRAGEM	SONDAGEM Nº	ESTACA Nº	COMPRIMENTO PER- FURADO	
				PERCUSSÃO (m)	ROTATIVA (m)
17	VÁRZEA DA SERRA	SR - 1	1	0,00+3,05	5,00+1,95
		SP - 1	2	7,20	0,00
		SR - 3	6	0,00	5,00
		SR - 4	8+10,00	0,00	5,00
		SR - 5	11	0,00	5,00
	TOTAL			10,25	16,95
18	VACARIA	SR - 1	7	0,00	5,00
		SR - 2	3+10,00	0,00	5,00
		SR - 3	0	0,00	5,00
		SR - 4	0	0,00	5,00
		SR - 5	4	3,10	1,90
		SR - 6	7	5,43	0,00
		SR - 7	9	3,25	1,75
	TOTAL			11,78	35,00
19	QUEIMADAS	SR - 1	0	10,00	5,00
		SR - 2	1+10,00	0,00	5,00
		SM - 3	3+5,00	1,70	3,30
		SP - 4	5	6,93	0,00
		SP - 5	8	6,37	0,00
		SP - 6	16	3,05	0,00
	TOTAL			18,05	13,30
20	MANIÇOBA	SR - 1	0	0,00	5,00
		SM - 2	2	2,45	2,55
		SM - 3	4+6,00	0,68	4,32
		SM - 4	7	1,75	3,25
		SM - 5	10	1,45	3,55
	TOTAL			6,33	18,67

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
 Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone. 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
 Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

900047

ENDEREÇO
 Rua Epitácio Pessoa, 333 - Vila União
 FONE. 227-7643



Continuação da tabela anterior.

Nº	BARRAGEM	SONDAGEM Nº	ESTACA Nº	COMPRIMENTO PER- FURADO	
				PERCUSSÃO (m)	ROTATIVA (m)
21	SALGADINHO	SR - 1	0+20,00	0,00	5,00
		SR - 2	1	0,00	3,50
		SR - 3	3	0,00	5,00
		SR - 4	5	0,00	4,00
		SR - 5	6	0,00	5,00
	TOTAL			0,00	22,50
22	CAJAZEIRA I e II	SR - 1	14	2,15	3,85
		SR - 2	13	0,00	6,00
		SP - 3	10+2,80	10,12	0,00
		SR - 4	9	1,35	4,65
		SR - 5	7+8,00	3,60	2,40
		SR - 6	6	2,40	3,60
		SR - 7	1	2,38	2,92
		SR - 8	0-40,00	1,00	4,00
	TOTAL			23,00	27,42
24	SANTA LUZIA	SR - 1	0	0,00	4,50
		SR - 2	1	0,00	4,50
		SR - 3	2	0,00	4,50
		SR - 4	3	0,00	5,00
		SR - 5	4+2,00	0,00	5,00
	TOTAL			0,00	23,50

900048

SOLOTECNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

NOVO EMBLEMA
RECEBIDO EM 17/04/83
F. 17-7343

Tabela 2.8.2.1 - Ocorrências de Materiais - Pedreiras e Areiais

BARRAGEM Nº	OCORRÊNCIA	ÁREA (m ²)	VOLUME UTIL (m ³)	DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE (m)
01	Areal (01)	500	500	30
01	Areal (02)	500	500	12.100
01	Pedreira (01)	6.000	18.000	70
02	Areal (01)	1.000	1.000	5.000
02	Pedreira (01)	1.800	5.400	150
03	Areal (01)	160	160	70
03	Pedreira (01)	3.000	9.000	80
04	Areal (01)	2.000	2.000	26.000
04	Pedreira (01)	3.000	9.000	75
04	Pedreira (02)	5.000	5.000	100
05	Areal (01)	3.200	3.200	250
05	Pedreira (01)	5.000	15.000	450
06	Areal (01)	400	400	620
06	Pedreira (01)	15.000	15.000	1.150
07	Areal (01)	1.500	1.290	250
07	Pedreira (01)	4.000	8.000	300
08	Areal (01)	1.000	1.000	50
08	Pedreira (01)	2.000	6.000	100
09	Areal (01)	400	400	50
09	Pedreira (01)	2.000	6.000	5.000
10	Areal (01)	300	300	80
10	Pedreira (01)	5.000	15.000	90
11	Areal (01)	400	400	20
11	Pedreira (01)	2.000	6.000	90
12	Areal (01)	10.000	5.000	350
12	Pedreira (01)	1.000	2.000	110
13	Areal (01)	600	600	400
13	Pedreira (01)	10.000	20.000	70
14	Areal (01)	240	360	40
14	Pedreira (01)	1.200	3.600	130
15	Areal (01)	1.000	1.000	80
15	Pedreira (01)	10.000	30.000	150
16	Areal (01)	6.000	6.000	80
16	Pedreira (01)	4.000	8.000	50
17	Areal (01)	200	200	10
17	Pedreira (01)	1.040	3.120	670
18	Areal (01)	1.000	1.500	30
18	Pedreira (01)	200	600	20
19	Areal (01)	500	500	100
19	Pedreira (01)	3.000	3.000	80
20	Areal (01)	1.000	650	250
20	Pedreira (01)	120	360	410
21	Areal (01)	500	500	500
21	Pedreira (01)	160	540	20
22	Areal (01)	600	600	130
22	Pedreira (01)	800	2.400	300
23	Areal (01)	600	600	130
23	Pedreira (01)	800	2.400	300
24	Areal (01)	200	200	50
24	Pedreira (01)	5.000	15.000	80

SOLOTEC ENGENHARIA LTDA.

Rua Justiniano de Serpa, 391 - Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94

Fortaleza-Ceará

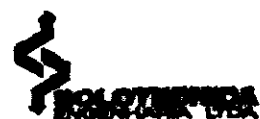
CEP. 60.000

000049

Tabela 2 8.2.2 - Ocorrências de Materiais - Jazidas

Nº	BARRAGEM	JAZIDA Nº	ÁREA (m ²)	VOLUME ÚTIL (m ³)	TIPO DE MATERIAL	PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO (g/cm ³)	UMIDADE ÓTIMA (%)	DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE (m)
01	OLHO D'ÁGUINHA	01	2.500	2.000	SM	1,92	7,7	50
03	SÃO MARTINS	01	20.000	19.667	SC	1,92	9,5	250
04	DOS GARROTES	01	10.000	7.000	SM	1,94	8,7	260
04	DOS GARROTES	02	10.000	7.000	SM	1,96	8,9	560
04	DOS GARROTES	03	8.000	5.600	SM	2,00	7,2	150
05	VAZANTINHA	01	60.000	55.000	SM	1,93	8,8	260
06	ISIDORO	01	30.000	17.063	SM	1,97	10,3	380
06	ISIDORO	02	10.000	4.750	SM	1,99	7,4	50
07	ALAGOAS	01	25.000	18.000	SM	1,99	8,8	50
08	CACHOEIRA II	01	20.000	17.000	SC	1,87	10,5	220
09	DOS BREDOS	01	20.000	18.000	SC	1,85	10,4	200
09	DOS BREDOS	02	10.000	9.000	SM	1,97	7,2	150
10	CACHOEIRINHA	01	6.000	3.300	SC	1,87	10,7	480
10	CACHOEIRINHA	02	7.000	3.150	SM	1,98	7,8	50
12	DO TIGRE	01	10.000	9.500	SC	1,87	10,7	50
12	DO TIGRE	02	5.000	4.750	SC	1,84	11,5	50
12	POÇO DE PEDRA	01	20.000	6.600	SM	1,90	8,5	300
14	FORQUILHA	01	30.000	15.000	SM	1,77	14,5	230
15	SÃO BENTO	01	5.000	3.500	SM	1,99	8,4	500
16	VILA J. MOREIRA	01	8.900	9.033	SM	1,91	10,7	200
17	VÁRZEA DA SERRA	01	20.000	11.000	SM	1,96	8,1	200
18	VACARIA	01	30.000	22.500	CL	1,76	15,6	400
19	QUEINADAS	01	20.000	18.000	SC	1,82	11,2	250
20	MANIÇOBA	01	12.000	10.800	SM	1,90	8,1	150
21	SALGADINHO	01	20.000	10.000	SM	1,88	12,1	100
22	CAJAZEIRA I	01	45.000	42.750	CL	1,76	16,7	450
23	CAJAZEIRA II	02	45.000	42.750	CL	1,76	16,7	450
24	SANTA LUZIA	01	10.000	9.000	SC	1,83	10,5	100

000050



3.0 - CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE OS PROJETOS EXECUTIVOS

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

000051

Fortaleza, 227-7613

5.0 - CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE OS PROJETOS EXECUTIVOS

Serão apresentados, exclusivamente, comentários sobre supostas e eventuais questões que possam deixar dúvidas ao contratante, analista ou usuário. Assim, outras considerações julgadas desnecessárias serão omitidas.

Em princípio, tendo em vista o pequeno porte das barragens e as especificidades locais dos eixos, no que se refere as satisfatórias condições de jusante, omitiu-se estudar com maior profundidade, bem como projetar dissipadores de energia, pelos seguintes motivos:

- Em geral, as condições naturais de jusante são satisfatórias para proteção contra erosão;

- As características das rochas cortadas para execução dos sangradouros naturais são de resistências satisfatórias para não ocorrerem danificações prejudiciais a segurança quando nas condições de sangria.

Tradicionalmente, é usado coeficiente de subpressão unitário, entretanto, dado as características das rochas de assentamento dos perfis das barragens Tigre e Marrecas, adotou-se o valor 0.5, sem qualquer inconveniência técnica quanto a segurança e a favor da economia construtiva.

Quanto aos revanches adotados, os mesmos não fo

ram ampliados por questão de ordem econômica, sem prejuízo a segurança, dado que, as folgas para recorrência de projeto (100 anos) de um modo geral estão próximas de 1.00 m e verificações para recorrência de 500 anos mostraram que o nível d'água não atingirá a cota do coroamento da barragem.

Dentre os projetos elaborados, há necessidade de hierarquizar a ordem de construção de pelo menos 3 (três) açudes, na seguinte seqüência:

1. Isidoro e São Martins
2. Várzea da Serra

A inversão desta ordem eliminará os dois eixos citados no primeiro item. Os demais açudes são independentes.

Seguem considerações particulares, para maior esclarecimento de certos projetos executivos.

1. Marrecas

Adotou-se uma solução de acordo com o critério de máxima economia para recorrência de 100 anos, sem prejuízo a segurança. Recomenda-se um enrocamento a jusante, que no período de estiagem permitirá o tráfego de veículo através da vicinal que corta o canal e durante a sangria, tem a função razoável de um dissipador de energia.

As características da rocha de assentamento do perfil permite adotar coeficiente de subpressão $m = 0.5$ (meio). Para o enchimento, o peso específico da areia compactada foi 1.8 t/m^3 .

2. Tigre

Com relação ao coeficiente de subpressão é válida a consideração feita na barragem de Marrecas, quanto ao valor e justificativa do mesmo.

3. Poço de Pedra

Este projeto não deve ter sua construção materializada. Os estudos e projetos, revelaram indiscutivelmente a inviabilidade técnica, econômica e financeira.

Em substituição, para beneficiar a comunidade, foi desenvolvido o projeto de Salgadinho. Portanto, o projeto de Poço de Pedra fica sem efeito.

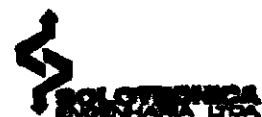
4. São Bento

Por ocasião das revisões dos projetos modificou-se a largura do sangradouro de 50.00 m para 75.00 m. Pelo exposto, o projeto enviado anteriormente ($L=50.00 \text{ m}$) fica sem efeito.

5. Cajazeira I e II

Trata-se de uma mesma seção, sendo desenvolvido duas alternativas com alturas distintas, por solicita

ção da contratante após a conclusão do projeto de Cacho
eira I.



4.0 - CONCLUSÕES

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 — Fone: 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

000056

NOVO ENDEREÇO
Rua Epaminondas Frato, 333 - Vila União
FONE. 227-7643

4.0 - CONCLUSÕES

- 4.1 - A execução das barragens deverão obedecer os projetos executivos e especificações, respectivamente, salvo, eventuais problemas constatados durante a construção;
- 4.2 - A seção do subsolo representa apenas uma indicação provável do desenvolvimento de suas camadas, verificadas somente nas verticais de sondagens. Portanto, é possível e admissível as ocorrências eventuais de variações, o que só poderá ser constatado durante a execução da obra;
- 4.3 - A base deverá ser regularizada para marcação dos "off-set",
- 4.4 - A SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda., fica a disposição da SOSPE para dirimir eventuais dúvidas e ou verificar soluções de problemas observados durante a construção.

Cordialmente.

Fortaleza, 03 de março de 1986.

FRANCISCO ATUALPA SOARES
ENG^o CIVIL CREA/CE.2850-D

SOLOTÉCNICA Engenharia Ltda.
Rua Justiniano de Serpa, 391 - Fone. 223-9841 CGC 07.024.367/0001-94
Fortaleza-Ceará CEP. 60.000

000057

NOVO ENDEREÇO
Rua Epaminondas Frota 333 - Vila União
FONE 227-7643