

TOMO III - RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO GERAL

VOLUME 1 - TEXTO

Elaborado para:

*SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH – CE
Fortaleza – CE
Brasil*

Elaborado por:

*Consórcio GOLDER-PIVOT
Rua Leonardo Mota, 699
Fortaleza – CE
Brasil*

Distribuição:

02 Cópias- Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH – CE
01 Cópias- Consórcio GOLDER-PIVOT

Setembro, 2000

009-5601-OS1-008

TOMO III - RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO GERAL

VOLUME 2 - DESENHOS

Elaborado para:

*SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH – CE
Fortaleza – CE
Brasil*

Elaborado por:

*Consórcio GOLDER-PIVOT
Rua Leonardo Mota, 699
Fortaleza – CE
Brasil*

Distribuição:

02 Cópias- Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH – CE

01 Cópias- Consórcio GOLDER-PIVOT

Setembro, 2000

009-5601-OS1-008

TOMO III - RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO GERAL

VOLUME 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO

Elaborado para:

*SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH – CE
Fortaleza – CE
Brasil*

Elaborado por:

*Consórcio GOLDER-PIVOT
Rua Leonardo Mota, 699
Fortaleza – CE
Brasil*

Distribuição:

02 Cópias- Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH – CE
01 Cópias- Consórcio GOLDER-PIVOT

Setembro, 2000

009-5601-OS1-008

2.1	Eixos Selecionados para Estudos.....	01
2.1.1	Características dos Eixos	02
2.1.2	Aspectos Geológico-Geotécnicos	02
2.2	Aspectos Hidrológicos.....	03
2.3	Estimativas de Custos	04
2.4	Eixo Selecionado para o Barramento.....	06
3.	CONCEPÇÃO DO BARRAMENTO.....	06
3.1	Análise dos Estudos Básicos.....	06
3.1.1	Cartografia	07
3.1.2	Topografia.....	08
3.1.3	Estudos Geotécnicos	08
3.1.3.1	Estudos Geotécnicos Realizados.....	08
3.1.3.2	Caracterização do Maciço Rochoso de Fundação	09
3.1.3.3	Materiais Naturais de Construção.....	10
3.1.3.3.1	Solos Argilosos	10
3.1.3.3.2	Materiais Granulares.....	17
3.1.3.3.3	Material Pétreo.....	19
3.1.4	Hidrologia e Dimensionamento Hidráulico	19
3.1.4.1	Apresentação.....	19
3.1.4.2	Dados Básicos.....	20
3.1.4.3	Volume Útil de Regularização.....	23
3.1.4.4	Cheias de Projeto	23
3.1.4.5	Trânsito de Cheias no Reservatório	26
3.1.4.6	Cálculo da Borda Livre.....	28
3.1.4.7	Remanso no Reservatório	28
3.1.4.8	Cálculo de Perfis de Escoamento.....	30
3.1.4.9	Dimensionamento Hidráulico	30
3.1.4.10	Síntese dos Dimensionamentos Hidrológicos e Hidráulico	31
3.2	Alternativas de Barramento Estudadas	31
3.2.1	Estimativas de Custos das Alternativas Examinadas.....	33
3.2.2	Alternativa Selecionada	53
3.2.2.1	Recomendações do Painel de Consultores para Otimização do Projeto.....	53
4.	OTIMIZAÇÃO	54
5.	ANTEPROJETO.....	55

objetivo de selecionar o eixo mais atrativo do ponto de vista técnico-econômico.

- Na **segunda fase** foram elaborados os estudos da implantação do barramento na alternativa de eixo selecionada, tendo sido estudadas 9 (nove) possíveis possibilidades de arranjos, considerando combinações construtivas, dentre os seguintes tipos maciços: barragem de terra, barragem de enrocamento com núcleo argiloso e barragem em concreto compactado com rolo.

Os diversos arranjos tiveram suas alternativas de custos cotejadas, observando a disponibilidade, distância de transporte e aproveitamento dos materiais provenientes de escavações exigidas. Resultaram destes estudos a seleção do tipo de barragem e sua respectiva seção transversal, bem como o tipo de vertedouro e de tomada de água. Os aspectos hidrológicos, geológico-geotécnicos e os critérios que embasaram as decisões, que resultaram na concepção da Barragem Arneiroz II, estão descritos no desenvolvimento deste relatório.

Nesse relatório estão apresentados, essencialmente, os textos descritivos dos estudos realizados, ilustrados com figuras e gráficos. Os desenhos de projeto resultantes e as memórias de cálculo estão apresentados em documentos separados, respectivamente agrupados nos Volumes 2 e 3.

2. ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE EIXOS DO BARRAMENTO

Apresenta-se neste Capítulo o resultado dos estudos elaborados para seleção do eixo da Barragem Arneiroz II, correspondentes à **primeira fase** do trabalho. Para tal, foram estudadas três seções, onde as condições topográficas e geológico-geotécnicas apresentavam características favoráveis à implantação de barramentos.

2.1 Eixos Selecionados para Estudos

Os estudos de reconhecimento por fotointerpretação, associados às visitas de inspeção ao campo e à configuração cartográfica das plantas de restituição aerofotogramétrica, indicaram três possíveis seções, cujas características eram favoráveis à implantação do barramento. Dos três eixos selecionados, o Eixo 1 corresponde ao sítio do projeto elaborado anteriormente pelo DNOCS, em 1992. Os Eixos 2 e 3 situam-se a montante do Eixo 1. Após esta atividade de seleção preliminar, foi feita uma nova inspeção de campo aos locais indicados, com o objetivo de verificar as características de cada um deles.

- **Eixo 1**

O Eixo 1 corresponde ao sítio do projeto desenvolvido pelo DNOCS. Neste eixo a barragem tem um comprimento de crista de 1176 m, e o vertedouro, posicionado na margem direita, tem uma largura de 437 m. A baixada aluvial tem comprimento de 240 m, com espessura média de aluvião da ordem de 1,00 m.

- **Eixo 2**

Neste eixo, o comprimento da barragem é de 1589 m, sendo o vertedouro posicionado na margem direita e com uma largura de 300 m. A baixada aluvial tem 240 m de extensão e espessura média da ordem de 1,00 m.

- **Eixo 3**

Neste eixo, o comprimento da barragem é de 1192 m, sendo o vertedouro posicionado na margem esquerda e com comprimento de 300 m. A baixada aluvial tem comprimento de 170 m e espessura média de 2,00 m.

2.1.2 Aspectos Geológico-Geotécnicos

Os dados obtidos dos estudos e investigações já desenvolvidos na região, além das observações feitas durante a inspeção de campo, permitiram fazer as considerações apresentadas a seguir.

De um modo geral, os aspectos geotécnicos são semelhantes para os três locais selecionados como alternativas de barramento, cujas características são: a pequena cobertura de solo residual/colúvio nas ombreiras e a ocorrência de solos aluviais na calha do rio.

O substrato rochoso é formado por gnaisses variados, com características ora xistosas ora graníticas que, associadas aos sistemas de fraturamento, definem a compartimentação do maciço rochoso. Embora o maciço seja predominantemente são, diversos trechos apresentam horizonte de rocha alterada, com espessura da ordem de 2 metros. Os gnaisses apresentam-se, em geral, homogêneos sob o aspecto geomecânico, sendo pouco a medianamente fraturados. As fraturas encontram-se geralmente seladas, existindo alguns casos de fraturas abertas e oxidadas, mostrando indícios de percolação de água.

A análise das condições topográficas mostra que, nos Eixos 2 e 3, o posicionamento do vertedouro é mais desfavorável do que no Eixo 1, pois os volumes de escavação em rocha são significativamente maiores.

Vê-se, portanto, que não existe nenhuma condicionante de natureza geológico-geotécnica que inviabilize qualquer dos eixos.

2.2 Aspectos Hidrológicos

Os aspectos hidrológicos mais relevantes de suporte à seleção de alternativas de eixos de barramento referem-se à magnitude da área de drenagem da bacia de contribuição, que condiciona o potencial de regularização de vazões e a geração de cheias, e à morfologia da bacia hidráulica do reservatório que, para um mesmo volume de acumulação, determina a altura do maciço da barragem.

Como as áreas de drenagem dos eixos analisados apresentam diferenças de magnitudes relativamente pequenas, pode-se considerar que os potenciais de regularização de vazões e de geração de hidrogramas de cheias sejam pouco distintos. Assim, o condicionante hidrológico básico fica por conta da morfologia da bacia hidráulica do reservatório.

Nos estudos hidrológicos elaborados para caracterizar o regime fluvial do rio Jaguaribe, foram feitas simulações de balanço hídrico do reservatório a ser formado pela Barragem Arneiroz II, em operações isoladas e conjugadas com o sistema formado com o Açude de Orós. Como resultado desses estudos, o volume ótimo de acumulação recomendado foi de 197.060.000 m³, adotando-se como critério de otimização o custo unitário da água armazenada.

Em cada um dos eixos analisados, a alocação desse volume ótimo no reservatório, observando as relações cota-volume do desenho nº III-2-1/21, define a posição do NA máximo normal (cota da soleira do vertedouro) e, por conseguinte, a elevação da cota de coroamento do maciço da barragem. Os valores obtidos para o NA máximo normal estão resumidos no quadro abaixo.

EIXO	1	2	3
NA máximo normal (m)	El. 368,00	El. 369,00	El. 371,00

A posição relativa dos eixos analisados, com localização em seções com áreas de drenagem pouco diferenciadas, não alteram o potencial de regularização de uma alternativa para outra.

topografia, em locais onde seria necessária a previsão de diques ou barragens auxiliares.

Portanto, sob o aspecto hidrológico, a alternativa do Eixo 1 apresenta-se como a mais favorável.

2.3 Estimativas de Custos

As estimativas de custo foram elaboradas com base nos arranjos apresentados no desenho nº III-2-1/21. Considerou-se, para os comparativos de custos, os seguintes itens principais: a escavação da fundação, o maciço da barragem e a escavação do sangradouro, que são os quantitativos condicionantes para a definição do custo de implantação do barramento. Os resultados são apresentados nas Tabelas 2.1 a 2.3, a seguir.

Fundação	m ³	29.300	3,50	103.050,00
Sangradouro				
Escavação comum	m ³	20.000	2,46	49.200,00
Escavação em rocha	m ³	170.000	17,58	2.988.600,00
Custo Total				12.345.141,04

TABELA 2.2

Estimativa de custo para a Alternativa do Eixo 2

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE (m ³)	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Barragem				
Maciço	m ³	1.061.134	11,72	12.436.490,48
Fundação	m ³	21.600	3,50	75.600,00
Sangradouro				
Escavação comum	m ³	50.400	2,46	123.984,00
Escavação em rocha	m ³	453.600	17,58	7.974.288,00
Custo Total				20.610.362,48

TABELA 2.3

Estimativa de custo para a Alternativa do Eixo 3

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE (m ³)	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Barragem				
Maciço	m ³	796.020	11,72	9.329354,40
Fundação	m ³	30.600	3,50	107.100
Sangradouro				
Escavação comum	m ³	159.450	2,46	392.247,00
Escavação em rocha	m ³	1.435.050	17,58	25.228.179,00
Custo Total				35.056.880,40

A análise das Tabelas 2.1 a 2.3 indica que o fator condicionante na definição do custo do empreendimento é o vertedouro, cujo volume de escavação, e conseqüentemente o custo, crescem significativamente nas alternativas dos Eixos 2 e 3, em relação à alternativa do Eixo 1.

um do outro, tendo em vista as características topográficas da região. No Item 2.2 - Aspectos Hidrológicos, os estudos mostraram que, devido à relativa proximidade dos três eixos analisados, as áreas de drenagem pouco diferenciadas não alteram o potencial de regularização de uma alternativa em relação às outras. O fato relevante, resultante dos estudos hidrológicos, é que, na alternativa do Eixo 1 o NA máximo normal fica posicionado em uma elevação inferior às outras duas alternativas estudadas, o que implica em uma menor altura para a barragem. No Item 2.3 - Estimativas de Custos, a alternativa que apresentou menor custo de investimento foi a do Eixo 1, o que a torna a mais atrativa tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista econômico.

Assim sendo, recomendou-se que o empreendimento fosse implantado no Eixo 1, após apresentação dos aspectos acima discutidos ao Painel de Inspeção e Segurança de Barragens.

3. CONCEPÇÃO DO BARRAMENTO

Com a definição da alternativa de eixo para a implantação da barragem (Eixo 1), foi dada a seqüência à **segunda fase** dos estudos, que correspondeu à concepção do projeto. Nessa fase, foram elaborados estudos temáticos básicos, que forneceram os elementos necessários à definição de dimensões dos componentes estruturais da barragem (altura do maciço, largura do vertedouro, características da fundação) e da alternativa construtiva mais adequada. Como alternativas de construção da barragem, foram analisadas as implantações de maciços de CCR – Concreto Compactado a Rolo, de enrocamento e de terra.

3.1 Análise dos Estudos Básicos

Dentre os estudos básicos de maior importância para o projeto da barragem, destacam-se os de Cartografia, Topografia, Aerofotogrametria, Geotecnia e Geologia, Hidrologia e Dimensionamento Hidráulico.

- Volume 2 - Topografia
- Volume 2A - Topografia – Desenhos
- Volume 2B - Topografia – Memória de Cálculo
- Volume 2C - Topografia – Caderneta de Campo
- Volume 3 - Estudos Geológicos e Geotécnicos
- Volume 4 - Aerofotogrametria

3.1.1 Cartografia

As características físicas da bacia do rio Jaguaribe foram determinadas com base na cartografia disponível, em escalas 1:100.000 e 1:250.000, listada a seguir:

- Carta de Arneiroz, folha SB.24-Y-B-I, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (1972).
- Carta de Novo Oriente, folha SB.24-V-C-VI MI-967, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE (1987).
- Carta de Parambu, folha SB.24-A-III, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE (1972).
- Carta de Várzea do Boi, folha SB.24-V-D-IV MI-968, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE (1987).
- Carta de Independência, folha SB.24-H-II, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE (1969).
- Carta de Mombaça, folha SB.24-V-D-V, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE (1972).
- Carta de Catarina, folha SB.24-Y-B-II MI-1046, escala 1:100.000, elaborada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército (1971).
- Carta de Iguatu, folha SB-24-Y-B, elaborada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército (1971).
- Carta de Crateús, folha SB-24-V-C, elaborada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército (1971).
- Carta de Quixeramobim, folha SB-24-V-D, elaborada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército (1971).

Além dos mapas relacionados acima, outros em escalas menos detalhadas foram utilizados para visualização global da divisão em sub-bacias e, em destaque, da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, possibilitando o início da análise dos impactos advindos da implantação de mais um barramento na cascata. Essa documentação cartográfica está listada a seguir:

- Atlas do Ceará - IPLANCE - Fundação Instituto de Planejamento do Ceará;
- Mapas do Estado do Ceará - da SEPLAN, IPLANCE, DCG, escala 1:500.000, de 1994;
- Mapa da Rede de Açudagem de Leitões Perenizados do Estado do Ceará, da COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, escala 1:700.000, de 1999.

3.1.2 Topografia

Os trabalhos de topografia constaram dos levantamentos planialtimétricos da área de implantação dos eixos da barragem e do vertedouro, da linha de base e infra-estrutura existente na bacia hidráulica, e das jazidas de materiais naturais da construção. Estes levantamentos estão consubstanciados nos desenhos "Levantamento Planialtimétrico do Eixo Barrável e Vertedouro" na escala 1:2.000, "Topografia do Eixo e Perfil Longitudinal" na escala 1:5.000 e "Topografia da Bacia Hidráulica" (divididos em trinta e três desenhos) na escala 1:2.000.

Os estudos topográficos realizados estão detalhados no Tomo II - Volumes 2, 2A, 2B e 2C - que são parte integrante do Relatório dos Estudos Básicos da Barragem Arneiroz II.

3.1.3 Estudos Geotécnicos

3.1.3.1 Estudos Geotécnicos Realizados

Os estudos geológico-geotécnicos levados a cabo tiveram o objetivo de identificar as características geomecânicas da fundação da barragem, bem como levantar a disponibilidade e características dos materiais naturais de construção.

Os estudos geológicos de superfície envolveram trabalhos de fotointerpretação geológica, mapeamento geológico-geotécnico, reconhecimento dos materiais naturais de construção e levantamento de geologia estrutural.

Assim, os estudos geológicos de subsuperfície envolveram a execução de sondagens rotativas, sondagens à percussão, ensaios de perda de água sob pressão, ensaios de infiltração e uma

Os principais aspectos do ponto de vista geológico-geotécnico, que orientaram as decisões da concepção do barramento, são apresentados, de modo resumido, nos itens seguintes.

3.1.3.2 Caracterização do Maciço Rochoso de Fundação

As condições de fundação da barragem e do vertedouro podem ser consideradas boas. O grau de fraturamento do maciço, em geral, é maior nos primeiros metros superficiais, condicionados pelo alívio de tensões gerado pela erosão do vale. Entretanto, é conveniente salientar que as sondagens e ensaios de perda de água executados não identificaram nenhuma feição geológica importante, como juntas de alívio, que pudessem condicionar maiores precauções quanto ao tratamento de fundação.

A fundação do vertedouro será constituída, parte em maciço tipo III / IV e parte em maciço tipo II. O maciço tipo III / IV, nesta região, apresenta grau de fraturamento F4 e perda de água da ordem de 2 l/m x min x kg/cm², o que significa perda de água mediana. Já o maciço tipo II apresenta grau de fraturamento variável, de F1 a F4, e perdas de água variando entre zero e 1,0 l/mxminxkg/cm², o que significa baixa perda de água. Em ambos os trechos, os resultados descritos indicam que a maior parte das fraturas se encontram fechadas.

Na ombreira direita, entre o vertedouro e o leito do rio, a barragem terá como fundação os maciços tipo III/IV e II. Nesta região, os dois tipos de maciço apresentam majoritariamente, grau de fraturamento F3. As perdas de água foram baixas, da ordem de 1,0 l/m x min x kg/cm².

No leito do rio, o maciço apresenta grau de fraturamento F4 para o maciço tipo III/IV e grau de fraturamento tipo F2, para o maciço tipo II. Nesta região, as perdas de água foram mais elevadas, sendo determinadas perdas da ordem de 8,0 l/m x min x kg/cm².

Na ombreira esquerda, a barragem será apoiada no maciço tipo III/IV em toda a sua extensão. Distinguem-se para esta região dois trechos: o primeiro entre o leito do rio e a estaca 58 + 00, onde a perda de água foi elevada (perda da ordem de 9,0 l/m x min x kg/cm²), e o segundo da estaca 58 + ,00 até o final da barragem, onde as perdas foram médias (perdas da ordem de 2,0 l/m x min x kg/cm²). Observa-se que a sondagem SR-01, executada na campanha de investigações do projeto elaborado pela DNOCS em 1992, apresentou excessiva perda de água, não condizente com o restante dos ensaios executados. As perdas determinadas, da ordem de 160,0 l/m x min x kg/cm², também não se correlacionam com os graus de fraturamento e alteração do maciço tipo II. Assim sendo, o resultado destes ensaios não foram considerados.

duas linhas de furos rasos, uma a montante e outra a jusante, com profundidade de 4,00 m e espaçados a cada 3,00 m, para injeção de fraturas mais frequentes, à pequena profundidade.

Com relação ao tratamento superficial de fundação da barragem, este deverá seguir, em linhas gerais, as seguintes recomendações:

- **região do núcleo teórico** - o tratamento deverá ser rigoroso na região do núcleo teórico, onde deverá ser removido todo o material solto e alterado, e as fraturas preenchidas com material alterado ou erodível deverão ser escavadas até uma profundidade equivalente a três vezes a sua espessura, sendo a seguir recompostas com concreto. Depressões que não possam ser suavizadas também deverão ser preenchidas com concreto de forma a suavizar a superfície final da fundação. Os taludes existentes deverão ser abrandados para permitirem a rigorosa compactação. Após estes trabalhos, toda a região do núcleo teórico deverá ser lavada com jatos de água e ar;
- **região do tapete drenante** - o tratamento deverá incluir a regularização da superfície da rocha através de desmonte mecânico ou a fogo cuidadoso, de modo a permitir o lançamento do material drenante. Todo o material solto e alterado deverá ser removido e a região deverá ser preenchida com material do filtro;
- **região a montante do núcleo teórico** - o tratamento desta região deverá incluir a regularização da superfície e remoção das zonas de materiais muito alterados. As depressões existentes e aquelas formadas pela remoção de materiais alterados deverão ser preenchidas com o material do aterro. A superfície final desta zona deverá ser limpa apenas com jatos de ar.

3.1.3.3 Materiais Naturais de Construção

3.1.3.3.1 Solos Argilosos

Próximo ao eixo do barramento, as ocorrências de solos são escassas, não tendo sido identificadas no reconhecimento de campo, nenhuma área potencialmente aproveitável como área de empréstimo. No entorno do eixo é generalizada a ocorrência de solo residual de gnaiss, cuja espessura varia de 0,50 a 1,00 m, nas ombreiras. No leito do rio ocorrem aluviões silto arenosos com espessuras variáveis, atingindo até 4,00 m.

Áreas com ocorrências de solos coluvionares, com características adequadas à construção de barragens, foram identificadas na área do reservatório, a distâncias que variam de 4,00 a 8,00 km. Nestas áreas, o capeamento de solo também é pouco espesso, apresentando espessura média

Os volumes cubados nas três áreas estudadas são apresentados nas Tabelas 3.1 a 3.3. No Volume 3A - são apresentados o boletins de sondagem e os ensaios geotécnicos de laboratório.

TABELA 3.1

Área de Empréstimo 1 - Proprietário: Joaquim Quincas

Área Estudada	880.000 m ²
Nº de Poços Executados	31
Espessura Média do Expurgo	0,10 m
Espessura Média de Material Utilizável	0,55 m
Volume de Material Utilizável	457.400 m ³
Volume de Expurgo	89.300 m ³
Distância ao Eixo da Barragem	4,6 km

TABELA 3.2

Área de Empréstimo 2 - Proprietário: Jenival Benício

Área Estudada	720.000 m ²
Nº de Poços Executados	29
Espessura Média do Expurgo	0,10 m
Espessura Média de Material Utilizável	0,52 m
Volume de Material Utilizável	401.900 m ³
Volume de Expurgo	83.400 m ³
Distância ao Eixo da Barragem	5,2 km

Espessura Média de Material Utilizável	0,52 m
Volume de Material Utilizável	792.100 m ³
Volume de Expurgo	167.500 m ³
Distância ao Eixo da Barragem	7,4 km

A Tabela 3.4 apresenta o resumo do volume cubado nas três áreas selecionadas.

TABELA 3.4

Resumo dos Volumes das Áreas de Empréstimo

LOCAL	VOLUME (m ³)	
	Utilizável	Expurgo
Área de Empréstimo 1	457.400	89.300
Área de Empréstimo 2	401.900	83.400
Área de Empréstimo 3	792.100	167.500
Volume Total	1.651.400	340.200

A localização das áreas de empréstimo e dos respectivos poços de investigação estão indicados no desenho nº III-2-2/21.

As principais características dos solos coluvionares dos empréstimos são apresentadas nas Tabelas 3.5 a 3.7 - Resumo dos Ensaio de Caracterização, na Figura 3.1 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Curvas de Distribuição Granulométrica, na Figura 3.2 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Compactação - Proctor Normal e na Figura 3.3 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Carta de Plasticidade.

1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	98	99	100	100	97	100	99	100	99	100	99	99
3/8"	95	98	100	100	96	97	100	97	99	99	98	98
Nº 4	92	92	97	100	93	98	95	95	91	96	97	93
Nº 10	86	86	93	99	88	94	90	86	90	96	85	85
Nº 40	72	74	81	93	74	80	66	74	75	73	86	68
Nº 200	50	54	61	66	53	52	37	48	45	38	56	45
<0,005	15	17	20	28	19	17	11	17	15	12	16	13
LIMITES DE ATTERBERG												
Lim. de Liquidez LL - (%)	35	35	36	37	36	37	34	35	35	34	36	34
Lim. de Plasticidade - LP (%)	20	19	18	18	20	20	22	20	21	22	19	21
Índice de Plasticidade (%)	15	16	18	19	16	17	12	15	14	12	17	13
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.												
Classificação U.S.C.S.	SC	CL	CL	CL	CL	CL	SC	SC	SC	SC	CL	SC
COMPACTAÇÃO												
Densidade Seca (máx.) - γ_s (t/m ³)	2,028	1,82	1,568	1,6	1,725	1,799	1,866	1,802	1,866	1,928	1,72	1,846
Umidade ótima - $h_{ótima}$ (%)	17,5	14,3	15,9	17,7	13,7	13,3	13	13,5	11,3	11,2	15,5	13,6
Umidade Natural - h - (%)	17,57	17,6	12,19	16,67	10,63	11,44	13,42	11,64	9,89	11,15	12,91	13,7

TABELA 3.6

Área de Empréstimo 2 - Resumo dos Ensaio de Caracterização

GRANULOMETRIA											
Peneira	Porcentagem Passante (%)	Poço de Investigação Nº									
		3	7	9	10	13	15	17	19	21	24
2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	93	100	100	100
1"	98	97	100	99	100	100	93	100	100	100	100
3/4"	97	96	100	97	100	100	92	100	98	98	97
1/2"	95	95	97	94	99	96	89	99	96	96	96
3/8"	93	94	96	92	97	93	87	98	95	94	94
Nº 4	90	91	94	87	85	83	82	95	91	91	91
Nº 10	84	86	92	80	70	71	73	91	84	87	87
Nº 40	69	74	86	65	54	56	60	77	71	79	79
Nº 200	40	49	63	51	41	37	39	53	56	62	62
<0,005	10	12	18	15	8	7	9	16	17	17	17
LIMITES DE ATTERBERG											
Lim. de Liquidez LL - (%)	29	30	32	31	29	30	30	31	31	31	31
Lim. de Plasticidade - LP (%)	21	20	19	17	19	20	21	19	18	18	19
Índice de Plasticidade (%)	8	10	13	14	10	10	9	12	13	12	12
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.											
Classificação U.S.C.S.	SC	SC	CL	CL	SC	SC	SC	CL	CL	CL	CL
COMPACTAÇÃO											
Densidade Seca (máx.) - γ_s (t/m ³)	1,97	1,794	1,765	1,832	1,906	1,933	1,868	1,77	1,793	1,77	1,77
Umidade ótima - $h_{ótima}$ (%)	10,4	14,6	14,3	13,9	12	12,3	14,5	17	15	15	16
Umidade Natural - h - (%)	9,91	11,7	11,65	6,64	7,03	12,31	14,02	8,66	7,16	7,16	16,61

TABELA 3.7

Área de Empréstimo 3 - Resumo dos Ensaio de Caracterização

GRANULOMETRIA															
Peneira	Poço de Investigação N°														
	1	4	7	10	12	16	19	22	23	25	27	30	34	37	39
2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	100	97	100	100	100	99	96	100	100	100	98	98	99	97	98
1/2"	100	95	99	100	100	99	92	99	100	100	98	98	97	93	95
3/8"	100	94	98	98	100	98	88	98	99	100	97	98	94	89	91
N° 4	98	91	94	95	99	94	85	94	97	99	97	96	83	77	85
N° 10	92	85	83	92	96	91	84	91	92	93	95	91	68	70	77
N° 40	60	69	56	83	77	80	62	81	77	68	60	78	35	53	59
N° 200	35	47	34	56	37	53	35	57	51	37	33	38	19	33	37
<0,005	11	15	10	25	13	23	14	27	20	14	10	15	6	11	13
LIMITES DE ATTERBERG															
Lim. de Liquidez LL - (%)	34	38	34	38	36	37	34	39	39	35	33	33	29	31	35
Lim. de Plasticidade - LP (%)	23	22	23	21	22	20	22	21	22	22	23	22	23	23	22
Índice de Plasticidade (%)	11	16	11	17	14	17	12	18	17	13	10	11	6	8	13
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.															
Classificação U.S.C.S.	SC	SC	SC	CL	SC	CL	SC	CL	CL	SC	SC	SC	SM	SC	SC
COMPACTAÇÃO															
Densidade Seca (máx.) - $\gamma_{s(u/m^3)}$	1,85	1,82	1,91	1,69	1,69	1,710	1,86	1,63	1,86	1,88	1,83	1,900	1,92	1,88	1,84
Umidade ótima - $h_{ótima}$ (%)	12,5	13,5	11,7	17,3	12	17	14	17,6	13,6	12,3	13,7	10,7	9,7	12,2	14,4
Umidade Natural - h (%)	14,3	14,6	11,3	16,7	11,8	16,21	12,8	16	12,6	11,1	11,6	9,47	7,53	9,81	12,7

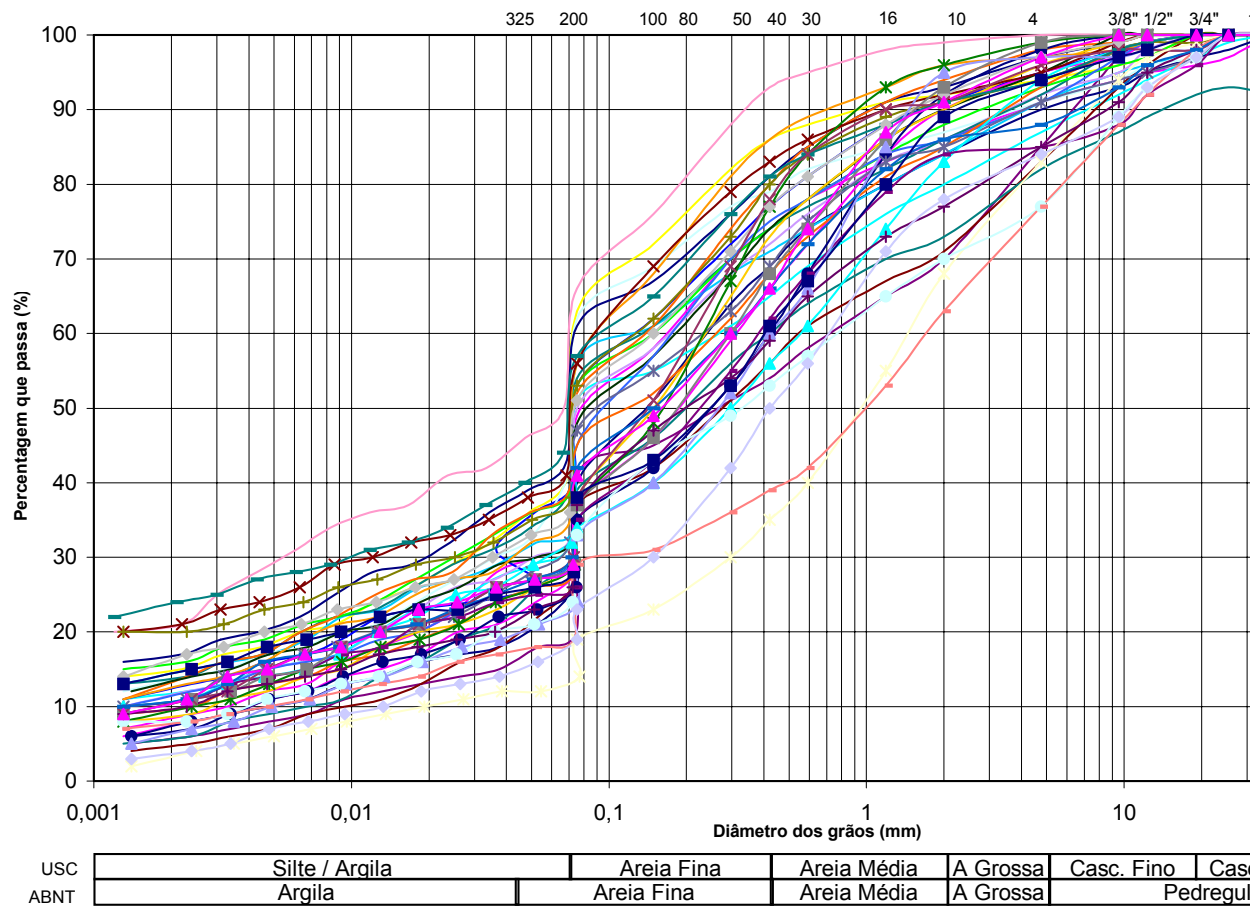


Figura 3.1 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Curvas de Distribuição Granulométrica

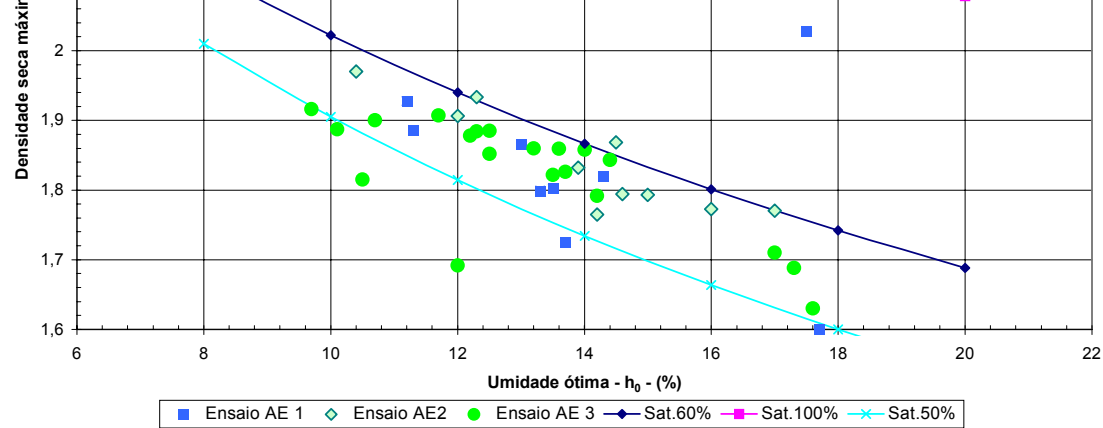


Figura 3.2 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Compactação Proctor Normal

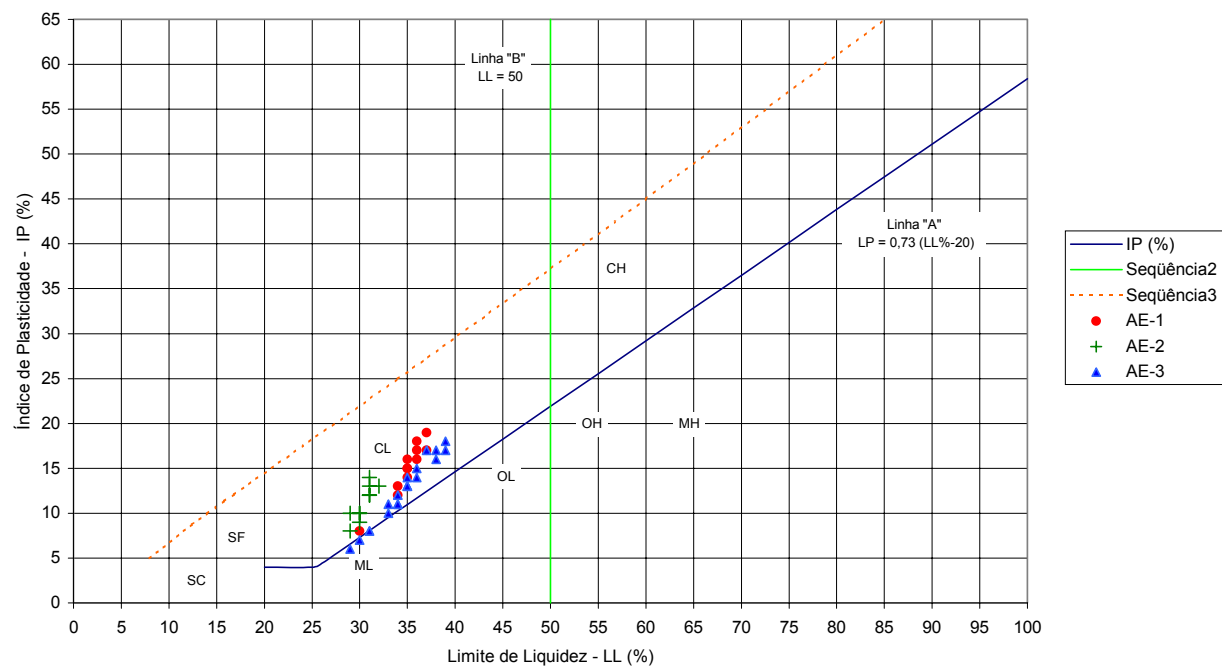


Figura 3.3 - Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 - Carta de Plasticidade

que as amostras foram coletadas nos meses de março e abril, período de chuvas na região, e que nos meses de verão, a umidade natural certamente apresentará valores mais baixos.

Quanto ao tratamento corretivo de umidificação, este poderá ser executado na praça de trabalho do maciço ou na própria área de empréstimo. É conveniente aqui salientar que, o tratamento na praça de trabalho tem o inconveniente de provocar o ressecamento superficial do solo quando as operações de gradeamento se estendem por longos períodos. Tal fato propicia a formação de películas endurecidas, que dificultam o destorroamento e o umedecimento homogêneo do material.

Os ensaios de permeabilidade, em permeâmetro de carga variável, revelaram para as áreas de empréstimo, os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade.

Empréstimo nº 1 $k = 8,53 \times 10^{-7}$ cm/s;
Empréstimo nº 2 $k = 7,00 \times 10^{-7}$ cm/s; $\bar{k} = 7,24 \times 10^{-7}$ cm/s
Empréstimo nº 3 $k = 6,18 \times 10^{-7}$ cm/s

Observa-se também através da permeabilidade, uma excelente uniformidade dos solos das três áreas selecionadas como fonte de material para construção do maciço.

No respeitante à resistência ao cisalhamento, foram ensaiados três amostras de solos compactados dos empréstimos em câmara triaxial na condição não drenada, tanto na unidade de compactação como na saturada.

Os resultados destes ensaios forneceram valores muito baixos e discrepantes para c' e ϕ' , entre os diversos tipos de ensaios (Q, R e R_{SAT}). Assim sendo, estes valores não foram considerados. Já os ensaios de cisalhamento direto forneceram valores coerentes entre os diversos ensaios. A comparação entre os valores de c e ϕ obtido nos ensaios de cisalhamento direto com dados de ensaios pesquisados na literatura, permitiu estabelecer os valores de c' e ϕ' a serem utilizados nos estudos de estabilidade da barragem Arneiroz II. Assim, as análises de estabilidade serão elaboradas considerando os parâmetros de resistência ao cisalhamento $c' = 20$ kPa e $\phi' = 28^\circ$.

3.1.3.3.2 Materiais Granulares

Dois extensos bancos de areia foram identificados a montante do eixo do barramento, no leito do rio. O primeiro banco de areia inicia-se a 600 m do eixo da barragem e possui extensão de 1,6 km. Este banco foi denominado Jazida nº 1, e o seu volume disponível foi estimado em 120.000 m³. O segundo banco de areia inicia-se a 3,2 km do eixo da barragem e possui extensão

Jazidas 1 e 2. A análise destas curvas mostra que os materiais dos dois bancos apresentaram-se bastante uniformes, e do ponto de vista granulométrico, adequados para aplicação tanto nos filtros da barragem, quanto como agregado para concreto.

Quanto à permeabilidade, os ensaios no permeâmetro de carga constante revelaram os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade:

Jazida 1 - $k = 4,75 \times 10^{-3}$ cm/s; $\bar{k} = 5,06 \times 10^{-3}$ cm/s

Jazida 2 - $k = 5,37 \times 10^{-3}$ cm/s.

Observa-se também para as areias das duas jazidas, um comportamento bastante uniforme, no respeitante à permeabilidade, o que as qualifica como material para construção do sistema de drenagem interna da barragem.

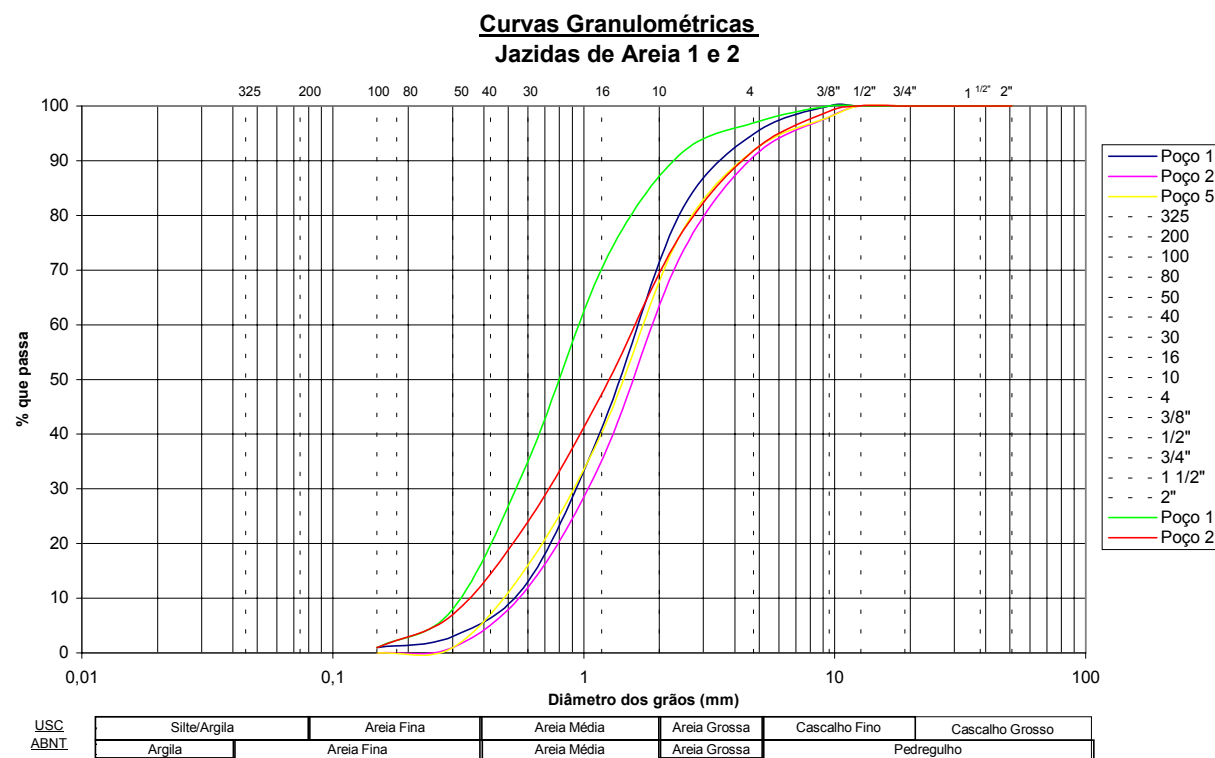


Figura 3.4 - Curvas de Distribuição Granulométrica da Areia

nas vizinhanças do barramento tem pequena espessura e diversos afloramentos de rocha foram identificados ao longo da margem direita do rio, a montante do eixo da barragem. Dentre estes afloramentos, foi identificado um de grandes proporções, distante 1,5 km do eixo da barragem, cujo volume é de 360.000 m³. No caso de se optar por uma barragem de enrocamento, será necessário complementar uma pequena parte deste volume. Para tal, será necessário explorar uma segunda pedreira, também no lado montante do eixo. Esta pedreira poderá ser aberta na margem direita, logo no início da ombreira, onde, conforme mostraram as sondagens, o topo rochoso é bem superficial.

As características visíveis da rocha e sua correlação com litologias semelhantes permitem afirmar que a alterabilidade do gnaíse é incipiente na escala da vida útil da obra. A resistência à compressão simples é alta e a perda máxima por abrasão, determinada no ensaio de Abrasão Los Angeles, graduação F, foi de 19,5%, bem abaixo do limite especificado pela norma NBR 6465/84 da ABNT, que é de 50%. Assim, a rocha apresenta boas condições de aplicação tanto para agregado graúdo para concreto, quanto para enrocamento.

3.1.4 Hidrologia e Dimensionamento Hidráulico

3.1.4.1 Apresentação

No presente Item estão sintetizados os principais resultados dos estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos, elaborados para a avaliação de alternativas e análise de viabilidade da Barragem Arneiroz II.

Os resultados contêm os elementos necessários à determinação das dimensões básicas da barragem e estruturas conexas, destacando-se os seguintes:

- Níveis de água operativos notáveis do reservatório (NA mínimo, NA máximo normal, NA máximo maximorum), função dos volumes mínimo e útil a serem alocados e dos resultados do trânsito de cheias.
- Cálculo da borda livre e cota de coroamento do maciço da barragem.
- Características da soleira do vertedouro.
- Traçado da curva de remanso do reservatório.
- Avaliação da vida útil do reservatório.

aparece também a posição relativa de outras obras de importância para o Estado do Ceará, tais como os Açudes de Orós e Castanhão e o Canal do Trabalhador.

A Figura 3.6 mostra a bacia do rio Jaguaribe, a montante do eixo de barramento Arneiroz II, indicando a posição relativa de cidades (Arneiroz e Tauá), distritos (Marrecas) e rodovias (BR-020), que representam pontos de interesse para o presente trabalho. No local selecionado para o eixo do barramento, o rio Jaguaribe drena uma área de 5342 km². O talvegue principal do rio tem um comprimento de 126 km, com declividade média equivalente de 0,156%. O tempo de concentração da bacia foi estimado em 38 horas.

Como informação subsidiária para a elaboração dos estudos hidrológicos, foi obtido o nivelamento das marcas da cheia de 1974 na Bacia do Alto Jaguaribe, conforme constam no Relatório “Primeiras Observações sobre os Boqueirões Opcionais nas Proximidades de Arneiroz” (AGUASOLOS – Consultoria de Engenharia Ltda., 1989).

Os estudos de regularização de vazões foram elaborados com base em simulações do balanço hídrico do reservatório, empregando séries sintéticas de vazões médias anuais. As simulações foram feitas para a Barragem Arneiroz II, operando isoladamente, e para o sistema formado em conjunto com o Açude de Orós.

As séries sintéticas de vazões foram geradas a partir dos registros históricos das estações fluviométricas do rio Jaguaribe em Arneiroz e em Iguatu, que foram aplicadas, respectivamente, para a Barragem Arneiroz II e para o Açude de Orós.

A acumulação mínima no reservatório, correspondente ao volume morto ou inerte, deve variar entre 5% do volume total (9.853.000 m³) e 20% do deflúvio médio anual (28.130.000 m³), conforme critério estabelecido na metodologia dos estudos de regularização de vazões. Por outro lado, os estudos sedimentológicos elaborados para a bacia do Alto Jaguaribe, incorporando as curvas de eficiência de retenção do reservatório, indicaram depósitos totais de material sólido da ordem de 11.300.000 m³, para um horizonte de vida útil de 50 anos. Como esse resultado apresenta-se com um valor intermediário entre os limites definidos nos estudos de regularização, o mesmo foi adotado para o volume morto. Assim, o volume útil disponibilizado para a regularização de vazões pode ser fixado em 185.760.000 m³.

Aplicando a metodologia da redução empírica de área, preconizada pelo US Bureau of Reclamation, foi analisada a distribuição dos depósitos de sedimentos no interior do reservatório, obtendo-se uma altura de assoreamento da ordem de 4,50 m, junto ao paramento de montante do maciço da barragem. Como as elevações do canal fluvial estão próximas da El. 340,00 m, o NA mínimo operativo foi fixado na El. 345,00 m, correspondente à geratriz inferior do eixo da tomada de água.

3.1.4.4 Cheias de Projeto

As cheias de projeto para o dimensionamento do vertedouro e cálculo da curva de remanso do reservatório foram calculadas a partir de modelação matemática, empregando metodologias de transformação chuva-vazão.

O estudo de chuvas intensas foi elaborado a partir do conceito metodológico estação-ano, selecionando as estações pluviométricas localizadas na bacia hidrográfica de contribuição, com períodos de registros mais longos. Foram analisadas as amostras de máximos anuais de alturas de chuvas, com durações de 1 dia e 2 dias. Aos pontos amostrais, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Gumbel, Log-Normal 2 Parâmetros e Log-Pearson Tipo III.

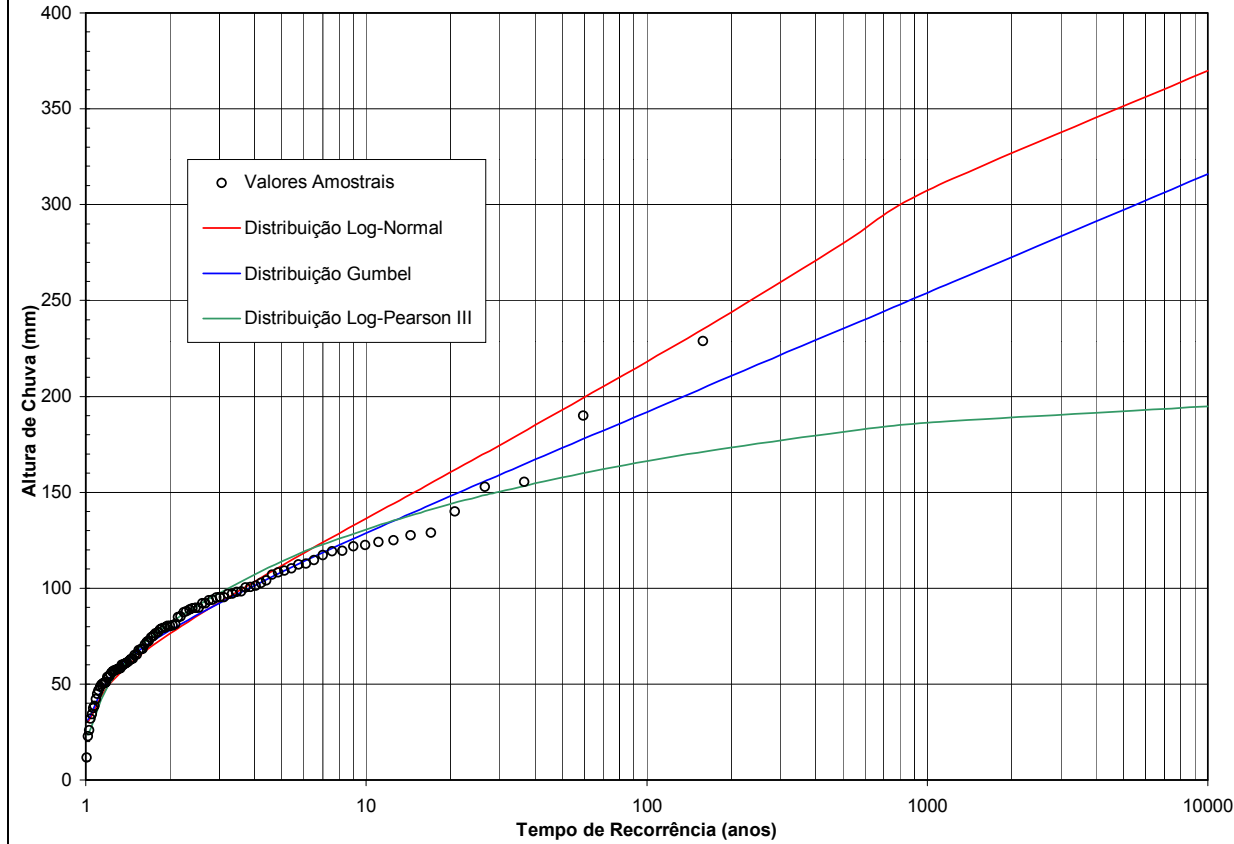


Figura 3.7 – Análise de Frequência de Chuva – Estação Ano – Barragem Arneiroz II – Chuva com Duração de 2 dias.

Os quantis de chuvas intensas, para a duração de 2 dias, foram assumidos como sendo a altura máxima do núcleo do evento de precipitação. Para levar em conta a distribuição espacial sobre a área da bacia hidrográfica de contribuição, foi adotada uma distribuição isoietal padrão, recomendada pelo US National Weather Service.

Para a transformação do evento de chuva em hidrograma de cheia, foi adotado o modelo HEC-HMS, distribuído pelo US Army Corps of Engineers. A bacia hidrográfica de contribuição foi dividida em 4 sub-bacias, compatíveis com a rede potamográfica e com a distribuição de açudes, já implantados. Dentre os algoritmos disponíveis no referido modelo, a chuva efetiva foi calculada pelo método do SCS – Soil Conservation Service, aplicada sobre o hidrograma unitário triangular, sintetizado para cada sub-bacia.

Para estimar a vazão de pico da cheia, foram consideradas as marcas que estavam niveladas nas seções fluviais de estudo dos eixos Arneiroz I e Arneiroz II, reproduzindo-se o perfil de escoamento, com aplicação do modelo HEC-RAS. A vazão de pico estimada foi de 1157 m³/s, que foi reproduzida pelo modelo chuva-vazão, para o parâmetro da curva índice CN variando no intervalo de 63,2 a 63,8.

Para a geração das cheias de projeto, foi considerada a condição III de umidade antecedente na bacia, passando os valores de CN para o intervalo de 79,8 a 80,2. Aplicando-se as isoietas das chuvas de projeto, com períodos de retorno de 100 anos e 10.000 anos, no modelo chuva-vazão HEC-HMS, foram calculados os hidrogramas de cheias correspondentes, que apresentaram vazões de pico de 4790 m³/s e 2318 m³/s, respectivamente.

Para situar os valores das vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto, a Figura 3.8 mostra relações entre descargas específicas máximas e respectivas áreas de drenagem, aparecendo também os valores calculados para o evento de 1974, comparados com envoltórias típicas da fórmula de Creager e com os valores médios encontrados na bacia do rio Tennessee (EUA).

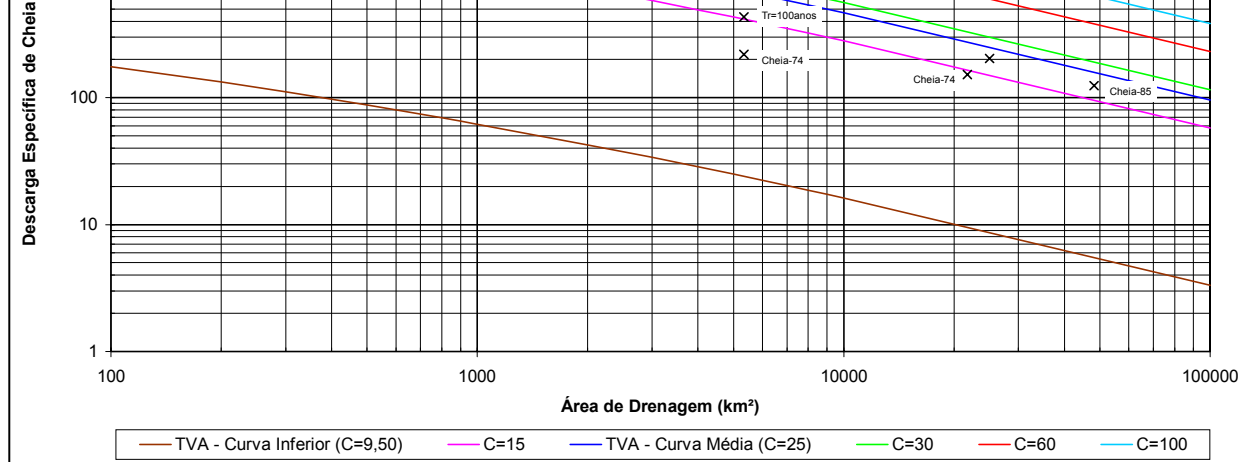


Figura 3.8 – Relação entre Descarga Específica de Cheia Instantânea e Área de Drenagem Envoltórias de Creager

3.1.4.5 Trânsito de Cheias no Reservatório

A operação de trânsito de cheias pelo reservatório foi simulada através do modelo HEC-HMS, empregando o método de Puls Modificado. Partindo da soleira do vertedouro na El. 368,00 m (NA máximo normal), foram analisado extravasores de diversas larguras, variando entre 300 m e 400 m, combinadas com perfis tipo soleira espessa e tipo Creager.

Os resultados obtidos ressaltaram o baixo potencial de amortecimento de cheias do reservatório, que reduz o pico da cheia afluyente decamilenar de 4790 m³/s para valores variáveis entre 3630 m³/s e 4160 m³/s, dependendo da largura e do tipo de perfil da soleira vertente. A sobrelevação máxima do nível de água do reservatório, que define o NA máximo maximorum, oscilou entre 3,60 m e 2,80 m.

As Figuras 3.9 e 3.10 mostram o resultado da operação simulada do trânsito de cheias pelo reservatório, respectivamente para as condições de vertedouro com soleira em perfil Creager (largura de 400 m) e com soleira espessa (largura de 300 m).

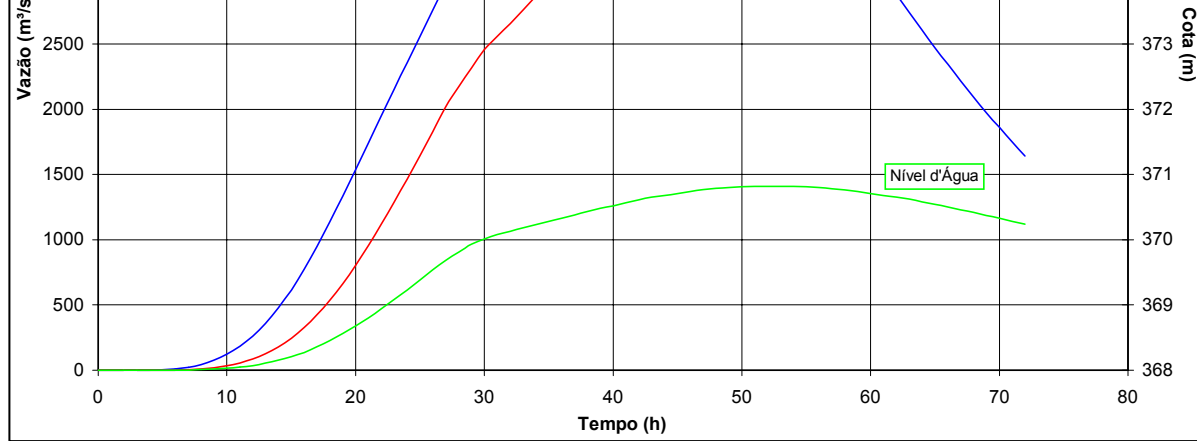


Figura 3.9 – Trânsito de Cheias no Reservatório da Barragem Arneiroz II Vertedouro Tipo Creager (L = 400 m)

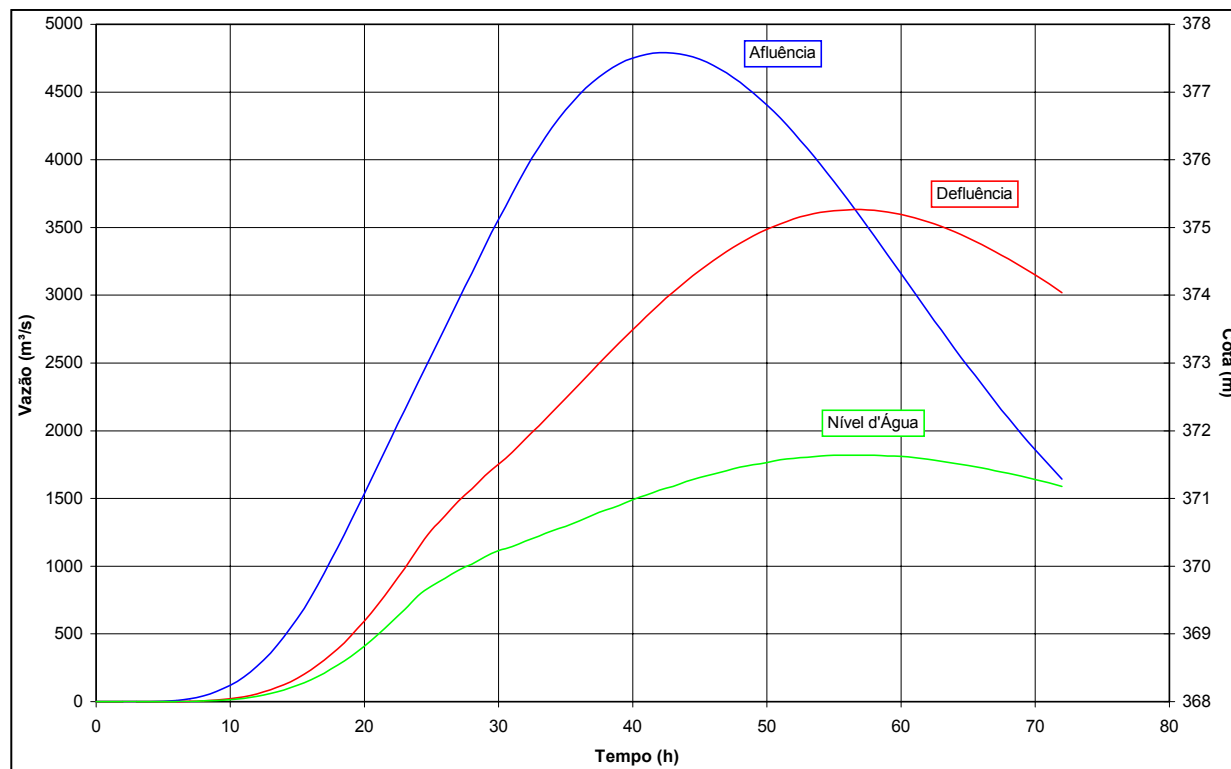


Figura 3.10 – Trânsito de Cheias no Reservatório da Barragem Arneiroz II Vertedouro Tipo Creager (L = 300 m)

3.1.4.7 Remanso no Reservatório

O estudo de remanso foi elaborado com a finalidade de avaliar a posição relativa das áreas inundadas, quando da ocorrência da cheia com período de retorno de 100 anos, que apresentou vazão de pico de 2318 m³/s. Como pontos de referência, foi confrontado o alcance do remanso, em relação ao distrito de Marrecas e com a ponte da BR-020, mostrados na Figura 3.6.

A Figura 3.11 apresenta a planta detalhada do reservatório e a localização das seções batimétricas, utilizadas no cálculo da curva de remanso. Os cálculos foram feitos para a hipótese de escoamento em regime permanente e variado, tendo como condição de contorno, a jusante, a sobreleção máxima atingida pelo nível de água do reservatório.

Foram consideradas 17 seções batimétricas, configurando a geometria da bacia hidráulica do reservatório, conforme a formatação do modelo HEC-RAS, empregado nos cálculos.

proteção do paramento de jusante da barragem e cálculo de estabilidade. Foram traçadas 5 seções transversais no trecho fluvial de implantação da barragem, abrangido pelos levantamentos topográficos, tendo como condição de contorno, a jusante, a profundidade normal do escoamento. Para as alternativas de barragem de terra/enrocamento, os canais de descarga dos vertedouros, constituídos por talvegues, afluentes da margem direita, foram agregados ao modelo de simulação (HEC-RAS) como confluências.

- Cálculo das perdas de carga nos canais de aproximação dos vertedouros, para as alternativas de barragens de terra/enrocamento, partindo da profundidade crítica no topo da soleira vertente e computando o nível de água atingido pelo reservatório.
- Cálculo de profundidades nos canais de restituição dos vertedouros das alternativas de barragens de terra/enrocamento, visando o dimensionamento dos muros de proteção.

3.1.4.9 Dimensionamento Hidráulico

– Perfil da Soleira Vertente

Os vertedouros das alternativas de barragens de terra/enrocamento foram concebidos com soleira espessa ou perfil tipo Creager. Para esse segundo tipo, foram adotados os critérios de dimensionamento do US Bureau of Reclamation, considerando uma carga de projeto igual a 75% da carga máxima prevista.

Para a alternativa de barragem de concreto, foi considerado apenas o perfil tipo Creager.

– Tomada de Água

A tomada de água foi concebida para operar em toda a amplitude de variação de nível do reservatório, na faixa compreendida entre o NA máximo normal e o NA mínimo. Em todas as alternativas de barramento, a estrutura da tomada de água está constituída por uma torre, conectada a uma tubulação de aço. Na extremidade de montante, a entrada deverá ser protegida com uma grade fixa, seguida de uma ranhura para introdução de uma comporta ensecadeira (“stop-log”). A jusante, a tomada de água está equipada com uma válvula borboleta, para controle das descargas, e protegida com uma comporta tipo gaveta, para possibilitar eventuais manutenções.

Para a dissipação da energia das descargas defluentes, foi prevista a implantação de uma bacia com viga de impacto, tipo IV do US Bureau of Reclamation. Na extremidade de jusante do conjunto hidráulico formado pela tomada de água, deverá ser construído um vertedouro de

3.1.4.10 Síntese dos Dimensionamentos Hidrológicos e Hidráulico

O quadro abaixo resume as grandezas básicas calculadas para as alternativas de barramentos, decorrentes dos dimensionamentos hidrológico e hidráulico.

ALTERNATIVA BARRAMENTO	CONCRETO	TERRA	TERRA	TERRA	TERRA
Soleira Vertedouro	CREAGER	CREAGER	ESPESSA	CREAGER	ESPESSA
Largura Vertedouro	300 m	300 m	300 m	400 m	400 m
NA máximo normal	El. 368,00 m	El. 368,00 m	El. 368,00 m	El. 368,00 m	El. 368,00 m
NA mínimo	El. 345,00 m	El. 345,00 m	El. 345,00 m	El. 345,00 m	El. 345,00 m
NA máximo maximorum	El. 371,28 m	El. 371,28 m	El. 371,64 m	El. 370,82 m	El. 371,15 m
Borda livre	1,19 m	2,01 m	2,01 m	2,01 m	2,01 m
Cota Coroamento	El. 372,47 m	El. 373,29 m	El. 373,65 m	El. 372,83 m	El. 373,16 m

3.2 Alternativas de Barramento Estudadas

Este Item apresenta os estudos levados a termo para definição do tipo de barragem e sua respectiva seção transversal.

Considerando que as condições geológico-geotécnicas da fundação são adequadas à implantação tanto de barragens de concreto quanto barragens de terra ou terra-enrocamento, foram estudadas três alternativas de barramento, quais sejam:

Alternativa 1 - Barragem de CCR com vertedouro e tomada d'água incorporados ao maciço da barragem;

Alternativa 2 - Barragem de enrocamento com vertedouro na margem direita;

Alternativa 3 - Barragem de terra, com vertedouro na margem direita.

As Alternativas 2 e 3 foram desdobradas nas sub-alternativas 2, 2A, 2B e 2C, e 3, 3A, 3B, e 3C que contemplam a adoção de vertedouros em soleira espessa e soleira Creager, operando em lâmina livre. Considerou-se ainda calha revestida e não revestida. A Tabela 3.8 relaciona as alternativas estudadas e indica os seus respectivos desenhos.

Alternativa 2B - Barragem de enrocamento com vertedouro em soleira Creager e calha revestida	III-2- 6/21 e III-2-7/21
Alternativa 2C - Barragem de enrocamento com vertedouro em soleira Creager e calha sem revestimento	III-2- 6/21 e III-2-7/21
Alternativa 3 - Barragem de terra	III-2-8/21 e III-2/9/21
Alternativa 3A - Barragem de terra com vertedouro em soleira espessa e calha sem revestimento	III-2- 9/21 e III-2-9/21
Alternativa 3B - Barragem de terra com vertedouro em soleira Creager e calha revestida	III-2-9/21 e III-2-9/21
Alternativa 3C - Barragem de terra com vertedouro em soleira Creager e calha sem revestimento	III-2-9/21 e III-2-9/21

Conforme acordado na reunião com o Painel de Consultores em março/2000, foram complementados os levantamentos topográficos e geológico-geotécnicos na margem direita, para o estudo de uma nova localização para o vertedouro.

Foram então estudados arranjos com o posicionamento do vertedouro, no local previsto no projeto anterior, elaborado pelo DNOCS em 1992, e no novo local situado à direita daquele vertedouro. Este arranjo está apresentado no desenho nº III-2/10/21.

As condições topográficas não permitiram local no novo sítio um vertedouro com a largura de 300 m, conforme definidos nos estudos de dimensionamento hidráulico. Foi então estudado um arranjo com dois vertedouros com 200 m de largura cada um. Estes vertedouros foram posicionados, um no local previsto no projeto anterior e outro à sua direita, no novo local.

Entretanto, este arranjo revelou-se insatisfatório, pois exigiria um dique de fechamento entre os dois vertedouros e um muro de contenção no canal de aproximação do vertedouro extremo. Além disso, o volume de escavação em rocha seria significativamente maior. Tendo em vista estas condições, este arranjo foi abandonado.

Os arranjos em barragem de terra e barragem de enrocamento foram então desenvolvidos reposicionando a soleira, de forma a permitir um escoamento mais distribuído no início do talvegue e minimizar a tendência à erosão regressiva.

Com referência à tomada de água, no caso da barragem em CCR, ela foi incorporada à estrutura do barramento e a galeria foi projetada numa cota inferior à fundação da barragem, visando não interferir com as operações de lançamento e compactação do CCR.

No caso dos arranjos em barragens de terra e terra-enrocamento, a tomada de água foi projetada com torre a montante e válvula borboleta a jusante. A adução é composta por uma tubulação de aço diâmetro 0,80 m, revestida com concreto.

As planilhas orçamentárias detalhando o custo de cada um dos arranjos são apresentadas a seguir.

TABELA 3.9

ALTERNATIVA	CUSTO TOTAL (R\$)
ALTERNATIVA 1- BARRAGEM CCR	21.664.561,75
ALTERNATIVA 2 - BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA ESPESSE E CALHA REVESTIDA	18.210.228,00
ALTERNATIVA 2A - BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA ESPESSE E CALHA SEM REVESTIMENTO	15.567.992,12
ALTERNATIVA 2B - BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA CREAGER E CALHA REVESTIDA	17.775.355,96
ALTERNATIVA 2C - BARRAGEM DE ENROCAMENTO COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA CREAGER E CALHA SEM REVESTIMENTO	15.270.909,55
ALTERNATIVA 3 - BARRAGEM DE TERRA COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA ESPESSE E CALHA REVESTIDA	17.876.615,81
ALTERNATIVA 3A - BARRAGEM DE TERRA COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA ESPESSE E CALHA SEM REVESTIMENTO	13.761.702,44
ALTERNATIVA 3B - BARRAGEM DE TERRA COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA CREAGER E CALHA REVESTIDA	15.755.992,76
ALTERNATIVA 3C - BARRAGEM DE TERRA COM VERTEDOIRO EM SOLEIRA CREAGER E CALHA SEM REVESTIMENTO	13.742.781,01

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

ALTERNATIVA 1

	Total do item 1.0				320.165,94
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	7,92	700,00	5.544,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	23760	1,97	46.807,20
	Total do item 2				261.421,20
3.0	Barragem em CCR				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	24757	2,46	60.902,22
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	69327	16,75	1.161.227,25
3.3	Concreto CCR	m ³	153629	60,00	9.217.740,00
3.4	Concreto convencional	m ³	33815	194,73	6.584.794,95
3.5	Argamassa de selo	m ³	1638	166,97	273.496,86
3.6	Forma de madeira	m ²	42965	21,68	931.481,20
3.7	Armadura	kg	1014450	2,10	2.130.345,00
	Total item 3				20.359.987,48
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação				
4.1	Prepararo, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação em rocha	m ²	28120	4,74	133.288,80
4.2	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	240	63,69	15.285,60
4.3	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	2000	32,73	65.460,00
4.4	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	70000	0,80	56.000,00
	Total item 4				270.034,40
5.0	Dique de Fechamento				
5.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	7145	2,46	17.576,70
5.2	Limpeza de Fundação	m ²	4679	4,74	22.178,46
5.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	36270	4,08	147.981,60
5.4	Espalhamento, umedecimento e compactação de material argiloso	m ³	28634	1,17	33.501,78
5.5	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração,				

6.0	Tomada d'água				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1100	2,46	2.706,00
6.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3125	16,75	52.343,75
6.3	Forma de madeira	m ²	298	21,68	6.460,64
6.4	Concreto estrutural	m ³	124	194,73	24.146,52
6.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	6200	2,10	13.020,00
6.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	20	642,46	12.849,20
6.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
6.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
6.9	Fornecimento e montagem de talha manual capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
6.10	Válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 6.0					185.473,11
Total geral					21.664.561,75

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

ALTERNATIVA 2

1.1	Administração e Fiscalização 1,5 (itens 2 a 6)		1,50%		269.116,67
Total do item 1.0					269.116,67
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	45,15	700,00	31.605,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	135459	1,97	266.854,23
Total do item 2					507.529,23
3.0	Barragem de Enrocamento				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	39712	2,46	97.691,52
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	4676	16,75	78.323,00
3.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	159315	4,08	650.005,20
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga transporte e descarga	m ³	229775	17,43	4.004.978,25
3.5	Espalhamento e compactação de enrocamento proveniente de escavações exigidas	m ³	285244	2,34	667.470,96
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	88358	25,62	2.263.731,96
3.6	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	125444	1,17	146.769,48
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	51197	10,52	538.592,44
Total item 3					8.447.562,81
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro				
4.1	Preparar, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	66265	4,74	314.096,10
4.2	Fornecimento e aplicação de argamassa	m ³	1650	143,07	236.065,50
4.3	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69	13.374,90
4.4	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	2815	32,73	92.134,95
4.5	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	70350	0,80	56.280,00
Total item 4					711.951,45

5.6	Forma de madeira	m ²	2707	21,68	58.687,76
5.7	Armadura - Aço CA-50	kg	449280	2,10	943.488,00
5.8	Fornecimento e aplicação de tirantes	m	3300	31,13	102.729,00
5.9	Drenos	m	3000	15,00	45.000,00
Total item 5.0					7.822.627,22
6.0	Tomada d'água				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	746	2,46	1.835,16
6.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1485	16,75	24.873,75
6.3	Forma de madeira	m ²	512	21,68	11.100,16
6.4	Concreto estrutural	m ³	396	194,73	77.113,08
6.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	19800	2,10	41.580,00
6.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	80	642,86	51.428,80
6.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
6.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
6.9	Fornecimento e montagem de talha manual capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
6.10	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 6.0					281.877,95
7.0	Dique de Fechamento				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
7.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
7.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
7.4	Espalhamento de material argiloso	m ³	14320	1,17	16.754,40
	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga,				
7.5	transporte e descarga	m ³	120	10,52	1.262,40
	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga,				
7.6	transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	17,43	30.415,35
7.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	724	25,62	18.548,88
Total item 7.0					169.562,67
Total geral					18.210.228,00

1.1	Administração e Fiscalização 1,5 (itens 2 a 6)		1,50%		230.068,85
Total do item 1.0					230.068,85
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	45,15	700,00	31.605,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	135459	1,97	266.854,23
Total do item 2					507.529,23
3.0	Barragem de Enrocamento				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	39712	2,46	97.691,52
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	4676	16,75	78.323,00
3.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	159315	4,08	650.005,20
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga transporte e descarga	m ³	229775	17,43	4.004.978,25
3.5	Espalhamento e compactação de enrocamento proveniente de escavações exigidas	m ³	285244	2,34	667.470,96
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	88358	25,62	2.263.731,96
3.6	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	125444	1,17	146.769,48
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	51197	10,52	538.592,44
Total item 3					8.447.562,81
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro				
4.1	Prepararo, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	66265	4,74	314.096,10
4.2	Fornecimento e aplicação de argamassa	m ³	1650	143,07	236.065,50
4.3	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69	13.374,90
4.4	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	2815	32,73	92.134,95
4.5	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	70350	0,80	56.280,00
Total item 4					711.951,45

5.7	Armadura - Aço CA-50	kg	22680	2,10	47.628,00
5.8	Fornecimento e aplicação de tirantes	m			-
5.9	Drenos	m			-
Total item 5.0					5.219.439,16
6.0	Tomada d'água				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com boca fora até 300 m	m ³	746	2,46	1.835,16
6.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com boca fora até 300 m	m ³	1485	16,75	24.873,75
6.3	Forma de madeira	m ²	512	21,68	11.100,16
6.4	Concreto estrutural	m ³	396	194,73	77.113,08
6.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	19800	2,10	41.580,00
6.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	80	642,86	51.428,80
6.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
6.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
6.9	Fornecimento e montagem de talha manual capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
6.10	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 6.0					281.877,95
7.0	Dique de Fechamento				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com boca fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
7.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
7.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
7.4	Espalhamento de material argiloso Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga,	m ³	14320	1,17	16.754,40
7.5	transporte e descarga Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga,	m ³	120	10,52	1.262,40
7.6	transporte e descarga Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
7.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	17,43	30.415,35
Total item 7.0					169.562,67
Total geral					15.567.992,12

1.1	Administração e Fiscalização			1,50%		262.689,99
	Total do item 1.0					262.689,99
2.0	Serviços Preliminares					
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00		209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	45,15	700,00		31.605,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	135459	1,97		266.854,23
	Total do item 2					507.529,23
3.0	Barragem de Enrocamento					
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	39712	2,46		97.691,52
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	4676	16,75		78.323,00
3.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	159315	4,08		650.005,20
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga transporte e descarga	m ³	229775	17,43		4.004.978,25
3.5	Espalhamento e compactação de enrocamento proveniente de escavações exigidas	m ³	285244	2,34		667.470,96
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transoporte e descarga	m ³	88358	25,62		2.263.731,96
3.6	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	125444	1,17		146.769,48
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	51197	10,52		538.592,44
	Total item 3					8.447.562,81
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro					
4.1	Prepararo, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	66265	4,74		314.096,10
4.2	Fornecimento e aplicação de argamassa	m ³	1650	143,07		236.065,50
4.3	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69		13.374,90
4.4	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	2815	32,73		92.134,95
4.5	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	70350	0,80		56.280,00
	Total item 4					711.951,45

5.7	Armadura - Aço CA-50	kg	399480	2,10	838.908,00
5.8	Fornecimento e aplicação de tirantes	m	3300	31,13	102.729,00
5.9	Drenos	m	3000	15,00	45.000,00
Total item 5.0					7.395.554,22
6.0	Tomada d'água				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	746	2,46	1.835,16
6.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1485	16,75	24.873,75
6.3	Forma de madeira	m ²	504	21,68	10.926,72
6.4	Concreto estrutural	m ³	392	194,73	76.334,16
6.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	19600	2,10	41.160,00
6.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	80	642,86	51.428,80
6.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
6.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
6.9	Fornecimento e montagem de talha manual capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
6.10	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 6.0					280.505,59
7.0	Dique de Fechamento				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
7.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
7.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
7.4	Espalhamento de material argiloso	m ³	14320	1,17	16.754,40
	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga,				
	transporte e descarga	m ³	120	10,52	1.262,40
7.5	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga,				
	transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
7.6	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	17,43	30.415,35
7.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	724	25,62	18.548,88
Total item 7.0					169.562,67
Total geral					17.775.355,96

1.0	Administração e Fiscalização				
1.1	Administração e Fiscalização 1,5 (itens 2 a 6)		1,50%		225.678,47
Total do item 1.0					225.678,47
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	45,15	700,00	31.605,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	135459	1,97	266.854,23
Total do item 2					507.529,23
3.0	Barragem de Enrocamento				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	39712	2,46	97.691,52
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	4676	16,75	78.323,00
3.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	159315	4,08	650.005,20
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga transporte e descarga	m ³	229775	17,43	4.004.978,25
3.5	Espalhamento e compactação de enrocamento proviniente de escavações exigidas	m ³	285244	2,34	667.470,96
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transoporte e descarga	m ³	88358	25,62	2.263.731,96
3.6	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	125444	1,17	146.769,48
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	51197	10,52	538.592,44
Total item 3					8.447.562,81
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro				
4.1	Prepararo, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	66265	4,74	314.096,10
4.2	Fornecimento e aplicação de argamassa	m ³	1650	143,07	236.065,50
4.3	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69	13.374,90
4.4	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	2815	32,73	92.134,95
4.5	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	70350	0,80	56.280,00
Total item 4					711.951,45

5.7	Forma de madeira	m	37800	2,10	79.380,00
5.8	Fornecimento e aplicação de tirantes	m			-
5.9	Drenos	m			-
Total item 5.0					4.928.134,09
6.0	Tomada d'água				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	740	2,46	1.820,40
6.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1485	16,75	24.873,75
6.3	Forma de madeira	m ²	504	21,68	10.926,72
6.4	Concreto estrutural	m ³	392	194,73	76.334,16
6.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	19600	2,10	41.160,00
6.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	80	642,86	51.428,80
6.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
6.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
6.9	Fornecimento e montagem de talha manual capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
6.10	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 6.0					280.490,83
7.0	Dique de Fechamento				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
7.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
7.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
7.4	Espalhamento de material argiloso	m ³	14320	1,17	16.754,40
7.5	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	120	10,52	1.262,40
7.6	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
7.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	17,43	30.415,35
Total item 7.0					169.562,67
Total geral					15.270.909,55

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

ALTERNATIVA 3

1.0	Administração e Fiscalização				
1.1	Administração e Fiscalização		1,50%		264.186,44
	Total do item 1.0				264.186,44
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	274,59	700,00	192.213,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	395970	1,97	780.060,90
	Total do item 2				1.181.343,90
3.0	Barragem de Terra				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	38706	2,46	95.216,76
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	1050674	4,08	4.286.749,92
3.3	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	827302	1,17	967.943,34
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento proveniente de escavações exigidas (rip-rap)	m ³	65760	2,34	153.878,40
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	14038	25,62	359.653,56
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	9200	10,52	96.784,00
3.7	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	35940	12,44	447.093,60
	Total item 3				6.407.319,58
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro				
4.1	Preparar, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	83500	3,00	250.500,00
4.2	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69	13.374,90
4.3	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	1070	32,73	35.021,10
4.4	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	42800	0,80	34.240,00
	Total item 4				333.136,00

5.6	Armadura - Aço CA-50	kg	620250	2,10	1.302.525,00
5.7	Fornecimento e aplicação de tirantes	m	3300	31,13	102.729,00
5.8	Drenos	m	3000	15,00	45.000,00
Total item 5.0					9.231.357,67
6.0	Dique de Fechamento				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
6.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
6.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
6.4	Espalhamento de material argiloso	m ³	14320	1,17	16.754,40
	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	120	10,52	1.262,40
6.5	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
6.6	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	2,34	4.083,30
6.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	724	25,62	18.548,88
Total item 7.0					143.230,62
7.0	Tomada d'água				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	600	2,46	1.476,00
7.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1200	16,75	20.100,00
7.3	Forma de madeira	m ²	339	21,68	7.349,52
7.4	Concreto estrutural	m ³	486	194,73	94.638,78
7.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	24300	2,10	51.030,00
7.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	105	642,86	67.500,30
7.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
7.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
7.9	Fornecimento e montagem de talha manual				
	capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
7.10	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 7.0					316.041,60
Total geral					17.876.615,81

1.0	Administração e Fiscalização				
1.1	Administração e Fiscalização		1,50%		232.847,18
	Total do item 1.0				232.847,18
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	274,59	700,00	192.213,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	395970	1,97	780.060,90
	Total do item 2				1.181.343,90
3.0	Barragem de Terra				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	38706	2,46	95.216,76
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	1050674	4,08	4.286.749,92
3.3	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	827302	1,17	967.943,34
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento proveniente de escavações exigidas (rip-rap)	m ³	65760	2,34	153.878,40
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	14038	25,62	359.653,56
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	9200	10,52	96.784,00
3.7	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	35940	12,44	447.093,60
	Total item 3				6.407.319,58
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro				
4.1	Preparar, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	83500	3,00	250.500,00
4.2	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69	13.374,90
4.3	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	1070	32,73	35.021,10
4.4	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	42800	0,80	34.240,00
	Total item 4				333.136,00

5.6	Forma de madeira	m	2742	21,08	57.740,50
5.7	Armadura - Aço CA-50	kg	399480	2,10	838.908,00
5.7	Tratamento de taludes (tirantes)	m	3300	31,13	102.729,00
5.8	Drenos	m	3000	15,00	45.000,00
Total item 5.0					7.138.323,24
6.0	Dique de Fechamento				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
6.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
6.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
6.4	Espalhamento de material argiloso	m ³	14320	1,17	16.754,40
	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	120	10,52	1.262,40
6.5	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
6.6	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	2,34	4.083,30
6.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	724	25,62	18.548,88
Total item 7.0					143.230,62
7.0	Tomada d'água				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	600	2,46	1.476,00
7.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1200	16,75	20.100,00
7.3	Forma de madeira	m ²	512	21,68	11.100,16
7.4	Concreto estrutural	m ³	486	194,73	94.638,78
7.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	24300	2,10	51.030,00
7.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	105	642,86	67.500,30
7.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
7.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
7.9	Fornecimento e montagem de talha manual capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
7.10	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 7.0					319.792,24
Total geral					15.755.992,76

1.0	Administração e Fiscalização				
1.1	Administração e Fiscalização		1,50%		203.095,29
	Total do item 1.0				203.095,29
2.0	Serviços Preliminares				
2.1	Caminhos de serviço com faixa de domínio de 6,0 m	km	20,2	10.350,00	209.070,00
2.2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	274,59	700,00	192.213,00
2.3	Expurgo nas áreas da implantação da barragem e jazidas com bota fora até 300 m, medido no corte	m ³	395970	1,97	780.060,90
	Total do item 2				1.181.343,90
3.0	Barragem de Terra				
3.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	38706	2,46	95.216,76
3.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	1050674	4,08	4.286.749,92
3.3	Espalhamento e compactação de material argiloso	m ³	827302	1,17	967.943,34
3.4	Espalhamento e compactação de enrocamento proveniente de escavações exigidas (rip-rap)	m ³	65760	2,34	153.878,40
3.5	Espalhamento e compactação de transições, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	14038	25,62	359.653,56
3.6	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	9200	10,52	96.784,00
3.7	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	35940	12,44	447.093,60
	Total item 3				6.407.319,58
4.0	Tratamento e Injeção da Rocha de fundação - Barragem e Vertedouro				
4.1	Prepararo, limpeza e tratamento superficial das áreas de fundação	m ²	83500	3,00	250.500,00
4.2	Perfuração com equipamento rotativo DN BX	m	210	63,69	13.374,90
4.3	Perfuração para injeção de cimento com equipamento rotopercussivo DN 21/2"	m	1070	32,73	35.021,10
4.4	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção	kg	42800	0,80	34.240,00
	Total item 4				333.136,00

5.6	Armadura - Aço CA-50	kg	173580	2,10	364.518,00
5.7	Tratamento de taludes (tirantes)	m			-
5.8	Drenos	m			-
Total item 5.0					5.154.863,38
6.0	Dique de Fechamento				
6.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	3570	2,46	8.782,20
6.2	Limpeza de fundação	m ²	2340	4,74	11.091,60
6.3	Escavação, carga, transporte e descarga de material argiloso proveniente de empréstimo	m ³	18186	4,08	74.198,88
6.4	Espalhamento de material argiloso	m ³	14320	1,17	16.754,40
	Espalhamento e adensamento de areia para filtro vertical, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	120	10,52	1.262,40
6.5	Espalhamento e adensamento de areia para filtro horizontal, inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	684	12,44	8.508,96
6.6	Espalhamento e compactação de enrocamento inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	1745	2,34	4.083,30
6.7	Espalhamento e compactação de transição inclusive extração, carga, transporte e descarga	m ³	724	25,62	18.548,88
Total item 7.0					143.230,62
7.0	Tomada d'água				
7.1	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	600	2,46	1.476,00
7.2	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 3ª categoria, com bota fora até 300 m	m ³	1200	16,75	20.100,00
7.3	Forma de madeira	m ²	512	21,68	11.100,16
7.4	Concreto estrutural	m ³	486	194,73	94.638,78
7.5	Armadura - Aço CA - 50	kg	24300	2,10	51.030,00
7.6	Fornecimento e montagem de tubo de aço DN 800 mm	m	105	642,86	67.500,30
7.7	Fornecimento e montagem de grade de aço	gl		20.332,00	20.332,00
7.8	Fornecimento e montagem de stoplog	gl		10.615,00	10.615,00
7.9	Fornecimento e montagem de talha manual				
7.10	capacidade 2 t	gl		8.000,00	8.000,00
	Fornecimento e montagem de válvula dispersora DN 800 mm	gl		35.000,00	35.000,00
Total item 7.0					319.792,24
Total geral					13.742.781,01

soleira, tendo em vista o fraturamento do maciço rochoso. Por outro lado, o revestimento total da calha que corresponde à Alternativa 3B, acarretaria um acréscimo de cerca de R\$2.000.000,00 (dois milhões de reais), quando comparado à solução de calha não revestida.

Assim sendo, na reunião conjunta acontecida em junho de 2000, entre a Comissão de Fiscalização da SRH/CE, Painel de Consultores e esta Consultoria, ficou definido que a alternativa a ser desenvolvida no nível de projeto básico seria a Alternativa 3B, que corresponde ao arranjo com barragem em terra homogênea com vertedouro em lâmina livre com soleira tipo Creager (calha revestida) na margem direita, tomada de água com torre a montante e válvula borboleta a jusante, mas considerando o revestimento parcial da calha. A função deste revestimento é diminuir o potencial erosivo junto pé das estruturas principais.

Os desenhos referentes à Alternativa de Barramento Selecionado, apresentados no Volume 2 deste relatório, incorporam as sugestões do Painel de Consultores da SRH, conforme descrito no item 3.2.2.1.

3.2.2.1 Recomendações do Painel de Consultores para Otimização do Projeto

Nas reuniões do Painel de Consultores, acontecidas nos meses de junho e agosto de 2000, foram feitas pelos Consultores e pela Comissão de Fiscalização da SRH-CE as seguintes recomendações, para otimização do projeto.

- **Barragem**

- utilização de um pé de enrocamento para formar uma berma na El. 353,00, 355,00;
- redução do talude jusante acima da El. 363,00 de 1V : 2H para 1V : 1,8H;
- redução da largura da crista para 7,00 m;
- redução do talude montante para 1,0 V : 2,0 H até a metade da altura da barragem e a partir deste ponto até a fundação 1,0 V : 2,2 H;
- rip-rap constituído por material de granulometria ampla diâmetro máximo 60 cm com lançamento em camada única.

- **Vertedouro**

- adotar soleira tipo Creager seguida de calha revestida, com comprimento de 40 a 50 m;
- situar metade da esquerda da crista (150 m de largura) na El. 368,00. Situar a metade da direita na El. 369,00;
- deslocar a eixo do vertedouro em planta cerca de 30 m para montante (50 m na extremidade esquerda e 20 - 25 m na extremidade direita);

Uma vez selecionado o eixo para implantação de uma barragem e definida a alternativa construtiva, pode-se ainda proceder a uma otimização das dimensões das estruturas. Em barragens para a regularização de vazões de estiagem, como no caso presente, a otimização pode ser feita através de uma análise conjunta de possíveis variações na largura da soleira vertente, avaliando as implicações na posição da cota de coroamento do maciço.

Considerando uma largura básica da soleira vertente de 300 metros, dividida em dois módulos de 150 metros e crista nas El. 368,00 m e El. 369,00 m, foi feita uma análise comparativa de variação dessas dimensões, alterando a largura para 280 metros e 320 metros. Procedendo-se ao amortecimento da cheia de projeto decamilenar no reservatório, foram determinadas as sobrelevações máximas do nível de água e as cotas de coroamento da barragem, para as diferentes larguras da soleira vertente. A síntese dos resultados obtidos está apresentada na Tabela 4.1.

TABELA 4.1
Varição da Cota de Coroamento em Função da Largura do Vertedouro

PARÂMETRO	VERTEDOIRO LARGURA 280m	VERTEDOIRO LARGURA 300m	VERTEDOIRO LARGURA 320m
NA máximo normal	El. 368,00 m	El. 368,00 m	El. 368,00 m
NA max. maximorum	El. 371,81 m	El. 371,69 m	El. 371,58 m
Borda Livre	2,01 m	2,01 m	2,01 m
Coroamento Barragem	El. 373,82 m	El. 373,70 m	El. 373,59 m

Ressalta-se que os valores constantes da Tabela 4.1, relativos à sobrelevação do nível de água do reservatório (NA máximo maximorum), foram determinados para um coeficiente de descarga $C=2,10 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$ na soleira vertente, sem incorporar as perdas de carga no canal de aproximação. Esse cálculo foi processado apenas para a dimensão definitiva de largura da soleira.

Observa-se com esses resultados que as variações da cota de coroamento da barragem são pouco sensíveis às alterações na largura da soleira do vertedouro. Ademais, as restrições topográficas no local de implantação do extravasor, representadas pela necessidade de dispersar o fluxo e evitar a concentração de vazões no talvegue natural do canal de restituição, não permitem a adoção de larguras de soleiras muito superiores a 300 metros.

Quando foi efetuada essa análise de sensibilidade entre largura da soleira vertente e cota de coroamento da barragem, uma série de condicionantes já havia sido estabelecida, não liberando

5. ANTEPROJETO

A alternativa selecionada foi então otimizada incorporando os refinamento dos estudos hidrológicos, os resultados finais dos estudos geológicos-geotécnicos e as recomendações do Painel de Inspeção e segurança de barragens.

Desta otimização resultou o anteprojeto, apresentado nos desenhos nºs III-2-11/21 a III-2-21/21, constantes do Volume 2, cujas principais características estão descritas a seguir:

• Reservatório

NA máximo normal:	El. 368,00 m
NA máximo maximorum:	El. 372,20 m
Borda livre:	2,20 m
Volume do reservatório no NA máximo normal:	197.060.000 m ³

• Barragem

A barragem foi projetada em seção homogênea de solo e terá, para o controle de percolação interna, filtro vertical e tapete drenante horizontal. A crista da barragem situa-se na El. 374,40 m e terá 7,0 m de largura, o talude de jusante tem inclinação 1,5 h : 1 v no pé de enrocamento, 2 h : 1 v até a El 363,00 m e acima desta elevação 1,8 h : 1v. O talude de montante apresenta declividade 2,2 h : 1 v na primeira metade da altura da barragem e 2 h : 1 v no trecho superior. A altura máxima sobre a fundação é 34,40 m e o comprimento total 1349 m, sendo 1100 m entre a ombreira esquerda e o vertedouro e 249 m entre o vertedouro e a ombreira direita. O talude de montante será dotado de proteção tipo “rip-rap” e o de jusante deverá ser protegido com enrocamento fino D.max = 15 cm.

• Vertedouro

O sistema de extravazão da barragem é constituído por um vertedouro de superfície em soleira tipo Creager, com calha parcialmente revestida. O vertedouro foi projetado com uma largura de 300 m, sendo que em metade da calha a soleira estará situada na El 368,00 m e em metade na El 369,00 m.

Considerando a natureza esporádica da operação do stoplog, o acesso à torre da tomada de água será feita por meio de barco. Um sistema de escadas tipo marinheiro, posicionado ao longo de toda a altura da torre, permite o acesso ao seu topo, qualquer que seja a elevação do nível de água do reservatório. A plataforma de operação do stoplog está localizada na El 374,40. A cota da sua fundação é El 345,00, sendo 29,40 m a altura total da torre.

A galeria de descarga será constituída por um tubo de aço com 0,80 m de diâmetro, revestido em concreto para garantir a compactação no seu entorno.

O sistema de descarga será composto por um dissipador de energia tipo impacto, sendo a descarga controlada por válvula borboleta e registro gaveta.

APÊNDICE 1 - MEMÓRIAS DE CÁLCULO - GEOTECNIA

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

adotou-se a permeabilidade na direção horizontal (K_h) nove vezes maior do que a permeabilidade vertical (K_v).

O valor médio obtido em laboratório para a permeabilidade vertical foi:

$K_v = 7,24 \times 10^{-7}$ cm/s, assim a permeabilidade horizontal adotada nos cálculos foi de $K_h = 6,52 \times 10^{-6}$ cm/s.

Para as análises efetuadas, representou-se a situação mais crítica, ou seja, a montante o N.A. máximo normal na EL. 368,00 m e a jusante não foi considerado N.A.

Os resultados obtidos nas análises estão indicados nas Figuras 1 a 3, que representam a malha de elementos finitos utilizada, a rede de fluxo e as isolinhas de pressão neutra, respectivamente.

Os resultados desta análise servem de suporte para o dimensionamento do filtro e para a definição da malha de pressão neutra que será utilizada nas análises de estabilidade.

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

delimitada pela superfície de deslizamento é subdividida em um número de fatias variável, que é função da geometria da massa deslizante e dos diferentes tipos de materiais que a constituem. No estabelecimento do Método admite-se algumas simplificações para que o problema se torne estaticamente determinado.

No respeitante às superfícies de deslizamento, a sua definição foi feita por busca automática, pelo programa Slide. Define-se uma malha onde será feita a procura do cálculo mais desfavorável, malha esta que é "varrida" por incrementos segundo os eixos dos "x" e "y" pré-estabelecidos, sendo também variável o raio do cálculo. Foram sempre analisados círculos superficiais, intermediários e profundos.

No que respeita à consideração das pressões neutras o programa permite o recurso a hipóteses alternativas, tendo sido no caso em estudo, recorrido as seguintes:

– **Parâmetro B:**

Esta hipótese foi utilizada no estudo da fase de construção tendo o parâmetro B sido caracterizado em função dos materiais constantes da seção transversal. A pressão neutra em um dado ponto foi tomada igual ao produto $n = B \sigma_v$, onde σ_v é a tensão vertical neste ponto. O parâmetro de pressão neutra $B = 0,10$ foi estimado a partir da análise dos ensaios de caracterização geotécnica dos solos dos empréstimos. Com base neste critério foi estabelecida a malha de pontos de pressão neutra para entrada no programa computacional.

– **Rede de Fluxo:**

Hipótese utilizada para as fases de operação e rebaixamento rápido, tendo sido a malha de pontos de pressão neutra calculada a partir das linhas equipotenciais obtidas em análise de percolação.

Para as seções mais desfavoráveis foram analisadas as seguintes situações da vida da obra:

- Fase de Construção - talude de jusante;
- Fase de Operação - talude de jusante;
- Rebaixamento Rápido - talude de montante.

Características geotécnicas dos materiais apresenta-se em seguida as propriedades geotécnicas dos materiais constituintes do corpo da barragem, cuja definição teve em conta a caracterização

- enrocamento
- peso específico $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$;
- coesão $c' = 0$;
- ângulo de atrito interno $\phi' = 40^\circ$.

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Apresenta-se na Tabela nº 6.1 os fatores de segurança que traduzem a estabilidade global do corpo da barragem.

TABELA 6.1

ESTABILIDADE DOS TALUDES DA BARRAGEM - FATORES DE SEGURANÇA

SITUAÇÃO ANALISADA	FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS	CRITÉRIOS DE SEGURANÇA (*)
Fase de Construção Talude Jusante	1,76	1,3
Fase de Operação Talude Jusante	1,61	1,5
Rebaixamento Rápido Talude Montante	1,23	1,1

(*) Cruz, 1996.

Os fatores de segurança mínimos obtidos para as diferentes fases de vida da obra garantem a sua adequada estabilidade sendo superiores os valores exigidos, pelo critério, constantes na Tabela 6.1.

Nas Figuras 4, 5, 6 são apresentados os círculos de ruptura obtidos e respectivos fatores de segurança.

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

APÊNDICE 2 - MEMÓRIAS DE CÁLCULO
HIDROLOGIA E HIDRÁULICA

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

APÊNDICE 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO - ESTRUTURAS

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil

Setembro, 2000

009-5601-0S1-008

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Mota, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60.170-040 - Brasil