

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

PROJETO EXECUTIVO DE AMPLIAÇÃO  
DO AÇUDE CHILE

TOMO V RELATÓRIO SÍNTESE

**PIVOT**

projeto de Irrigação consultoria eAssessoria LTDA

**FORTALEZA- CE**  
**MAIO 2001**



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

## SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

### AÇUDE PÚBLICO CHILE

Lote 02502 - Prep (X) Scan ( ) Index ( )  
Projeto Nº 238105/A  
Volume /  
Qtd A4 \_\_\_\_\_ Qtd A3 \_\_\_\_\_  
Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_  
Qtd A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_

### RELATÓRIO GERAL

### TOMO V - RELATÓRIO SÍNTESE

MAIO / 2001



PROJETOS DE IRRIGAÇÃO  
CONSULTORIA E ASSESSORIA LTDA

0238105/A

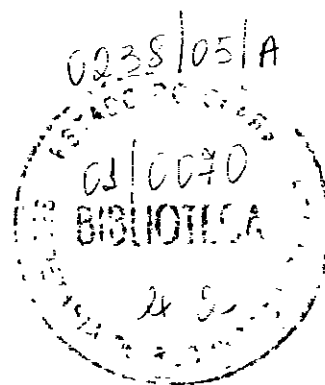
ex.2

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**AÇUDE PÚBLICO CHILE**

**RELATÓRIO GERAL**

**TOMO V – RELATÓRIO SÍNTESE**



**MAIO/2001**

001003

**APRESENTAÇÃO**

000004

## **APRESENTAÇÃO**

O presente documento refere-se ao Relatório Geral do Projeto para elaboração dos estudos de Ampliação do Açude Chile, objeto do contrato No 50/98 celebrado entre PIVOT – Projetos de Irrigação, Consultoria e Assessoria Ltda. e a Secretaria dos Recursos Hídricos do estado do Ceará

O Relatório Geral do Projeto é composto de 5 (cinco) tomos, a saber:

- Tomo I: Relatório Geral do Projeto
- Tomo II. Memória de Cálculo.
- Tomo III: Orçamento e Especificações.
- Tomo IV. Desenhos.
- Tomo V: Relatório Síntese

A seguir é apresentado o Tomo V – Relatório Síntese.

**ÍNDICE**

**APRESENTAÇÃO..... 2**

**1.0 – INTRODUÇÃO ..... 6**

**2.0 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS..... 8**

**2.1 – ÁREA DA BACIA HIDRÁULICA ..... 9**

**2.2 – ÁREA DO BARRAMENTO ..... 9**

**3.0 – ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS..... 10**

**3.1 - ESTUDO GEOLÓGICO ..... 11**

**3.1.1 - Geologia Geral..... 11**

**3.1.2 - Geologia Local..... 11**

**3.1.3 - Materiais Destinados a Empréstimos..... 12**

*3 1 3 1 - Jazida Areal (JA) ..... 12*

*3 1 3 2 - Jazida Terrosa (JT) ..... 13*

*3 1 3 3 – Jazida de Pedra (JP) ..... 15*

**3.2 – ESTUDO GEOTÉCNICO..... 15**

**3.2.1 - Sondagens..... 16**

**3.2.2 – Ensaios de Perda D’Água ..... 16**

**3.2.3 - Estudos dos Materiais..... 16**

**4.0 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS ..... 18**

**4.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA ..... 19**

**5.0 – DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA OBRA..... 20**

**5.2 – BARRAGEM EXISTENTE..... 21**

**5.3 – DESENHOS EXECUTIVOS ..... 21**

**5.4 – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO ..... 22**

**5.4.1 – Tipo de Maciço..... 22**

**5.4.2 – Fundação..... 23**

<b>5.4.3 – Descrição da Seção Tipo .....</b>	<b>24</b>
<b>5.4.4 – Análise da Estabilidade.....</b>	<b>25</b>
<b>5.4.5 – Estudos de Percolação da Barragem .....</b>	<b>27</b>
<b>5.4.6 – Análise dos Recalques .....</b>	<b>27</b>
<b>5.5 – SANGRADOURO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.6 – PROJETO DA TOMADA D'ÁGUA .....</b>	<b>28</b>
<b>6.0 – CUSTOS DOS SERVIÇOS .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1 – SÍNTESE DOS CUSTOS DOS PRINCIPAIS SERVIÇOS.....</b>	<b>30</b>

**1.0 – INTRODUÇÃO**



## **1.0 - INTRODUÇÃO**

Este relatório é parte integrante do conjunto de documentos apresentado a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH/CE), durante a fase de Projeto Executivo da Ampliação do Açude Chile

Este relatório engloba os seguintes assuntos

- Estudos Topográficos.
- Estudos Geológicos
- Estudos Geotécnicos.
- Estudos Hidrológicos.
- Descrição Sumária da Obra
- Custos dos Serviços

**2.0 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**

000010

## **2.0 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**

Os estudos topográficos associados à ampliação da Barragem Chile envolveram levantamentos do eixo barrável, do sangradouro e das faixas de domínio, na bacia hidráulica, nas áreas do canal de restituição, no trecho da calha do rio imediatamente a jusante da barragem e nas áreas de empréstimo de materiais de construção.

### **2.1 – ÁREA DA BACIA HIDRÁULICA**

Na área da bacia hidráulica foi feito o levantamento planialtimétrico através de seções espaçadas a cada 100,0m e piquetadas a cada 50,0m. Além da bacia hidráulica, este levantamento abrangeu também a área de interesse para o eixo do barramento. Este levantamento compreendeu toda a área limitada na cota 100,0m.

O levantamento efetuado permitiu a elaboração de uma planta da bacia hidráulica, com curvas de nível a cada 1,0m. Este elemento possibilitou a determinação da curva cota x área x volume do reservatório.

### **2.2 – ÁREA DO BARRAMENTO**

Além do levantamento da bacia hidráulica, foram executados na área de interesse do barramento os seguintes levantamentos.

- Levantamento das regiões de interesse para a implantação das estruturas componentes do barramento, através de seções ao longo do eixo das mesmas e espaçadas a cada 20,0m, abrangendo uma faixa de 100,0m para cada lado.
- Amarração das investigações executadas na área do barramento, áreas de empréstimo e jazidas de areia.

**3.0 – ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS**

### **3.0 – ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS**

Foi executada uma campanha de investigações geológico-geotécnico e ensaios de campo e laboratório, visando a obtenção dos dados básicos necessários à execução do projeto de ampliação.

#### **3.1 - ESTUDO GEOLÓGICO**

Os estudos geológicos está sendo abordados nos seguintes tópicos.

- Geologia Geral.
- Geologia Local.
- Materiais Destinados a Empréstimos

##### **3.1.1 - Geologia Geral**

A geologia superficial da bacia hidráulica é parte da hidrográfica da Barragem Chile, no município de Morada Nova, de acordo com as observações de campo e pesquisa bibliográfica, compreende um conjunto de unidades, posicionados estratigraficamente no Pré-Cambriano indiferenciado onde o Pré-cambriano representado pelo Complexo Caicó englobando, litologias de alto grau metamórfico (in Ferreira 1979 a) e Grupo Ceará reunindo rochas de baixo e moderado grau metamórfico (Crandall (1910)), uma unidade de idade posicionada no Terciário/Quaternário representado pela Formação Faceira (Unidade do Grupo Barreiras), e uma unidade Cenozóica de idade quaternária é representada pelos aluviões, ocorrentes nos vales e leitos dos rios e riachos da região.

##### **3.1.2 - Geologia Local**

Litologicamente ocorrem na área (bacia hidráulica da barragem Chile) gnaisses migmatizados do Complexo Caicó (pcc), e uma unidade Quaternária (Qa) representada pelas aluviões

O estudo da geologia local deteve em mapear a área, através de um reconhecimento superficial de campo, executando caminhamentos em toda área da bacia e ao longo das seções topográficas locadas, abrangendo faixas de 300m para montante e para jusante, dos eixos estudados, utilizando, bússola (topochaix), GPS (Garmin II plus), martelo(stanley), caderneta de

campo e bases topográficas fornecidas (mapas) . onde foram identificados todos os afloramentos existente na bacia hidráulica e nos eixos topográficos ( Barragem e Vertedouro).

### 3.1.3 - Materiais Destinados a Empréstimos

Os estudos de materiais iniciaram-se com reconhecimento da área regional nos municípios de Ibicuitinga e Morada Nova, de modo a classificar o tipo de ocorrências, exame de qualidade e estimativa dos volumes de materiais disponíveis e suas localizações em coordenadas UTM das possíveis jazidas, pedreiras, materiais arenosos e materiais terrosos, com os seguintes condicionantes: boa qualidade, fácil exploração, que seja próximo e que tenha um bom acesso Serão descritas e referenciadas a seguir

#### 3 1 3 1 - Jazida Areal (JA)

As jazidas foram estudadas e detalhadas através de um segmento de sondagens a trado, realizadas ao longo dos depósitos, (Rio Palhano) e abertura de poços numa malha quadrática dentro da bacia hidráulica, onde se situa um outro depósito natural.

As sondagens realizadas permitiram a cubação dos volumes de materiais disponíveis e a coleta de amostras para realização de análises granulométricas

As jazidas (JA) encontram-se nas proximidades do eixo Barrável

#### **JAZIDA JA – 01 ( Rio Palhano)**

Localização: Coordenadas UTM (E) - 560.186,00  
(N) - 9 461.223,00

#### **Dados gerais da jazida (JA - 01)**

Comprimento do Trecho.....	400,00m
Largura média do Trecho....	8,80m
Número de sondagens realizadas..	06
Espessura média da camada..	0,90m
Volume de material explorável. .	3 168m <sup>3</sup>
Distancia do areal ao eixo .....	452,37m

**JAZIDA JA – 02 ( Dentro da Bacia Hidráulica)**

Localização: Coordenadas UTM (E) - 558 791,00  
(N) - 9 460.357,00

**Dados gerais da jazida (JA - 02)**

Comprimento . . . . .	50,60m
Largura média . ....	60,25m
Número de sondagens realizadas. . . . .	05
Espessura média da camada . ... ..	3,40m
Volume de material explorável. . . . .	10.365 41m <sup>3</sup>
Distância do areal ao eixo . . . . .	1.201,04m
<b><u>VOLUME TOTAL( JA-01 + JA-02 ).....</u></b>	<b><u>13.533,41m<sup>3</sup></u></b>

**JAZIDA JA – 02 (Dentro da Bacia Hidráulica)**

3 1 3 2 - Jazida Terrosa (JT)

Com base no reconhecimento de campo foram pré-selecionadas 03 (três) áreas propensas para o fornecimento dos materiais de empréstimos; após analisados tãctil-visualmente pode-se constatar que trata-se de solo de composições lateriticos (piçarra) de coloração vermelho a castanho escuro, textura fina a média constituídos por silte, areia e argila com horizontes por vezes pedregulhosos), toda essa composição compõe um solo siltico-areno-argiloso, com níveis de seixos angulosos e subarredondados de tamanhos variando de 0,05cm a 2,00cm de comprimentos, apresenta pouco a médio nível de plasticidade, relativamente moldável e com médio nível de cerosidade

Para o detalhamento das jazidas terrosas JT-01, JT-02 e JT-03 realizou-se uma malha retangular/ quadrática de furos a pá/picareta, de distâncias variáveis (ver esquema de sondagens) e posicionamento em relação ao eixo da barragem onde conforme levantamento realizado, foram permitido a cubação do material terrosos existente

Das 04 (quatro) jazidas somente 03 (três) se enquadraram nos parâmetros técnicos exigidos, como também na espessura da camada de material possível de ser explorada, e dessa forma coletou-se amostras para a realização de ensaios laboratoriais, somente das jazidas consideradas de relativas espessuras Todas estas jazidas situam-se próximas das outras se limitando apenas por riachos e micro planícies existentes

**JAZIDA 01 (JT - 01) Localidade Fazenda Arapua**

Localização: Coordenadas UTM (E) – 561 668,00

(N) – 9.459.386,00

Área Total Estudada: 6.500,00 m<sup>2</sup>

Profundidade Média dos Furos: 1,29 m

Volume Total do Material 8.385,00 m<sup>3</sup>

Camada Média de Expurgo: 0,12 m

Espessura Média Útil. 1,17 m

Volume do Material Utilizável: 7 605,00 m<sup>3</sup>

Distância em Linha Reta ao Eixo da Barragem: 1.908.19 m

**JAZIDA 02 (JT - 02) Localidade Fazenda Arapua**

Localização: Coordenadas UTM (E) - 561 711,00

(N) - 9.458 998,00

Área Total Estudada: 9.792,17 m<sup>2</sup>

Profundidade Média dos Furos: 1,35 m

Volume Total do Material: 13.219,43 m<sup>3</sup>

Camada Média de Expurgo: 0,14 m

Espessura Média Útil: 1,21 m

Volume do Material Utilizável: 11.848,52 m<sup>3</sup>

Distância em Linha Reta ao Eixo da Barragem: 2 680,32 m

**JAZIDA 03 (JT - 03) Localidade Fazenda Arapua /Chapada**

Localização: Coordenadas UTM (E) - 561.532,00

(N) - 9.458.584,00

Área Total Estudada: 96 000,00 m<sup>2</sup>

Profundidade Média dos Furos 1,16 m

Volume Total do Material: 111 360m<sup>3</sup>

Camada Média de Expurgo: 0,12 m

Espessura Média Útil 1,04 m

Volume do Material Utilizável 98.840,00 m<sup>3</sup>

Distância em Linha Reta ao Eixo da Barragem 2 890,25 m

**VOLUME TOTAL(JT-01 + JT-02 + JT-03).....118.293,52m<sup>3</sup>**



### 3 1 3 3 – Jazida de Pedra (JP)

As pedreiras (afloramentos e blocos) (JP) estudadas nas imediações da bacia hidráulica/hidrográfica, possuem variações desde granito-gnaisses, metatexitos e gnaisses migmatizados, são afloramentos e blocos basculados de pequenas dimensões e de difícil exploração devido a pouca profundidade e o difícil acesso, no entanto pode-se utilizar como complemento na medida de suas necessidades. Foram analisados e cubados “*in loco*” e concluiu-se que o volume é de pouca a média expressividade, mas devido às condições de lavra torna-se economicamente inviável, no levantamento custo/exploração.

Uma pedreira localizada na localidade Currais de propriedade do Senhor Geraldo Ferreira Nobre possui todas as características ideais para exploração como frente de lavra com bancada, volume satisfatório, fácil exploração, bom acesso (próximo da CE – 265 que liga Quixadá a Morada Nova), no entanto fica distante da área aproximadamente 18km.

#### **Características da pedreira JP-01(Currais)**

Localização em Coordenadas UTM (E) - 549.045,00

(N) - 9.447 382,00

Extensão.....	82,00m
Largura .	56,00m
Profundidade explorável .....	3 40m
Volume explorável..	15.612,80m <sup>3</sup>
Volume metralha 30% .	4 683,84m <sup>3</sup>
Volume aproveitável . .	10 928,96 m <sup>3</sup>
Distancia para o eixo. . . . .	17.408,32m
Classificação... ..	Metatexito
<b>VOLUME TOTAL (JP 01).....</b>	<b>10.928,96 m<sup>3</sup></b>

### 3.2 – ESTUDO GEOTÉCNICO

Os estudos geotécnicos constituíram na investigação do subsolo no eixo barrável, ensaios de campo e ensaios de laboratório, como descritos nos itens a seguir

### **3.2.1 - Sondagens**

No local da barragem, foram executadas 3 sondagens mistas, iniciando com percussão e prosseguindo com rotativa. Os resultados destas sondagens são apresentados no relatório da GEONORTE – Engenharia de Solos e Fundações Ltda. As cotas das bocas dos furos foram obtidas do levantamento topográfico realizado no local.

### **3.2.2 – Ensaio de Perda D'Água**

Os ensaios de perda d'água sob pressão (em rocha), nos trechos com rotativa, foram realizados pela empresa GEONORTE – Engenharia de Solos e Fundações Ltda.

### **3.2.3 - Estudos dos Materiais**

Os estudos das ocorrências de materiais para a utilização na ampliação do Açude Chile foram iniciados por um simples reconhecimento de toda a área em volta do eixo do barramento, de modo que fossem selecionadas as ocorrências potencialmente aproveitáveis, levando-se em conta a qualidade do material e os volumes disponíveis, como descritos no estudo geológico.

Foram estudadas as seguintes ocorrências

- Jazida JT-01: material terroso para o maciço
- Jazida JT-02: material terroso para o maciço
- Jazida JT-03: material terroso para o maciço
- Jazida JA-01: material arenoso para o maciço.
- Jazida JA-02: material arenoso para o maciço.
- Pedreira 01: para produção de pedra para enrocamento e brita

A localização e acesso de todas as ocorrências em relação ao eixo barrável são apresentados em anexo.

Das sondagens executadas nas jazidas, foram coletadas dez amostras para a classificação táctil-visual e para serem submetidas aos seguintes ensaios geotécnicos de laboratório

- Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 80-64).
- Limite de Liquidez (DNER-ME 44-71).
- Limite de Plasticidade (DNER-ME 82-63)
- Compactação - Proctor Normal (DNER-ME 48-64)

O Areal (A-01), e a Pedreira (P-01) foram identificados e estudados para execução dos drenos, riprap e concretos.

Foram coletadas duas amostras do areal, para a realização da classificação táctil-visual e dos seguintes ensaios geotécnicos de laboratório

- Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 51-64).

A classificação táctil-visual e os resultados dos ensaios de laboratório são apresentados no anexo.

Em função dos resultados apresentados, conclui-se que os materiais disponíveis nos empréstimos apresentam características adequadas para a utilização nos aterros compactados. Apresentam ainda boas condições para exploração e trabalhabilidade, prevendo-se que será necessário o umedecimento prévio do material para execução dos aterros

**4.0 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

## 4.0 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos constituíram na descrição detalhada dos aspectos hidroclimatológicos, estudo das cheias intensas, estudo da cheia de projeto, estudo do volume regularizado e simulações de interferência do açude Chile na regularização do açude Santo Antônio de Russas.

### 4.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

As características físicas de uma bacia são elementos de grande importância, pois, dentre outros fatores, influenciam fortemente em seu regime hidrológico. Os principais elementos que caracterizam uma bacia são: área e sistema de drenagem, forma e relevo. A seguir é apresentado o Resumo dos Índices Climáticos

Pluviometria média anual-----	832,60 mm
Semestre chuvoso-----	Jan./Jun
Trimestre úmido-----	Fev /Abr.
Trimestre seco-----	Ago/Out
Mês de maior pluviosidade-----	Mar
Temperatura média anual-----	26,2°C
Média das temperaturas mínimas-----	20,0°C
Média das temperaturas máximas -----	33,8°C
Amplitude das médias extremas-----	11,7°C
Umidade relativa média anual-----	67,7%
Período de maior umidade relativa-----	Mar/Abr
Período de menor umidade relativa-----	Set/Out
Insolação anual-----	2.900 horas
Período de menor insolação-----	Fev /Abr.
Ventos predominante-----	SeE
Velocidade média dos ventos-----	3,00 m/s
Evaporação média anual em tanque classe A-----	2.476 mm
Período de menor evaporação-----	Fev./Abr.
Período de maior evaporação-----	Ago/Out
Classificação climática de Köppen-----	BWx'

**5.0 – DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA OBRA**

## **5.0 – DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA OBRA**

A ampliação da Barragem Chile surgiu como uma forma de gerar uma vazão regularizada satisfatória, capaz de distribuir melhor espacialmente e temporalmente as águas que escoam na parte da Bacia do Rio Palhano e que poderão ser acumuladas no Açude Chile.

Nos estudos hidrológicos obteve-se a resposta de que o tamanho do Açude Chile, não gera um impacto negativo na operação do Açude Santo Antônio, a jusante da Barragem Chile, que a barragem de maior expressão existente na bacia do Rio Palhano

De maneira que o Governo Estadual do Ceará através da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos – SRH implementou uma ação visando o melhor aproveitamento do Açude Chile, através da sua ampliação, para que este, com maior volume acumulado, possa distribuir espacialmente e temporalmente de forma mais uniforme, com uma garantia satisfatória, uma vazão que permita à população circunvizinha da área da barragem obter melhor qualidade de vida, pela geração de emprego e renda, através do abastecimento humano, animal, piscicultura e irrigação.

## **5.2 – BARRAGEM EXISTENTE**

A barragem existente tem extensão pelo coroamento de 300,00 metros. A altura máxima é de 13,0 metros e acumula na cota do vertedouro 4,5hm<sup>3</sup>. A cota do coroamento é 93,0 metros, o sangradouro é um canal escavado em rocha, com 120,0 metros de largura, na cota 91,0 metros (soleira).

O maciço do barramento é do tipo homogêneo de solo, com taludes de montante e jusante na inclinação de 1:2,0 (V H). Não existe nem proteção de montante (rip-rap), nem dreno de pé (rock fill) A tomada d'água é feita numa galeria de diâmetro de 250mm, cujo eixo está na cota 84,00m. A tomada d'água está construída na ombreira direita. Seu controle é feito por um registro de gaveta, situado na extremidade de jusante A tubulação da galeria é em F<sup>o</sup>F<sup>o</sup>.

## **5.3 – DESENHOS EXECUTIVOS**

O projeto de ampliação da Barragem Chile são detalhados nos seguintes desenhos.

- Bacia Hidráulica

DESENHO Nº	DESCRIÇÃO
BH-01/05	Articulação 01/05
BH-02/05	Articulação 02/05
BH-03/05	Articulação 03/05
BH-04/05	Articulação 04/05
BH-05/05	Articulação 05/05

- Projeto Executivo

DESENHO Nº	DESCRIÇÃO
01	Planta e Perfil do Boqueirão - Topografia
02	Planta e Perfil do Boqueirão – Geotecnia
03	Localização da Jazida
04	Planta e Perfil da Barragem
05	Seção Tipo 01 e 02
06 a 12	Seções Transversais
13	Detalhe da Barragem
14	Injeção de Cimento
15 e 16	Tomada d'Água
17	Vertedouro

## 5.4 – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

### 5.4.1 – Tipo de Maciço

O Vale do Rio Palhano no local da barragem é formado de pequena cobertura de solo assente em cima do solo residual de gnaiss como indicou as sondagens a pá e picareta realizada pelo pé do talude da barragem existente nas seguintes estacas:



<b>ESTACA</b>	<b>SPP</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
0 + 040	SPP-01	OD
0 + 080	SPP-02	OD
0 + 460	SPP-03	OE
0 + 500	SPP-04	OE
0 + 780	SPP-05	OE
0 + 820	SPP-06	OE
0 + 860	SPP-07	OE
0 + 900	SPP-08	OE
0 + 960	SPP-09	OE
1 + 000	SPP-10	OE
1 + 0,40	SPP-11	OE

As sondagens mistas, iniciadas a percussão e prosseguidas com rotativa, foram executadas nas seguintes estacas:

<b>ESTACA</b>	<b>SM</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
0 + 220	01	Vale
0 + 300	02	Vale
0 + 360	03	Vale

Diante desse cenário favorável quanto a fundação da obra, fez-se a opção de por uma barragem homogênea pelos seguintes motivos:

- Características geológica-geotécnica da fundação;
- A barragem existente é, também, um maciço homogêneo;
- Não existe praticamente desmonte de rocha;
- Existe material de boa qualidade a pequena distância;  $DMT \leq 3,0\text{km}$ .

#### **5.4.2 – Fundação**

Conforme a descrição do perfil geotécnico ao longo do eixo barrável, pode-se concluir que a barragem existente está fundada sobre o solo residual de gnaiss com cut-off, interrompendo a camada aluvionar de cerca de 6,13 metros detectado na sondagem mista SM-2.

Portanto a fundação do maciço de ampliação da barragem será assente nas ombreiras sobre o solo residual de gnaise e no leito do rio sobre a areia fina compacta com SPT > 10 golpes. Convém ressaltar que o cut-off da barragem ampliada será o existente na barragem atual.

Quanto a estanqueidade do maciço rochoso da fundação verificou-se que a rocha de fundação apresentou nos ensaios de perda d'água do tipo "LUGEON" permeabilidade menor que  $2,0 \times 10^{-4}$  cm/s. Este valor indica que o meio rochoso é fissurado medianamente permeável, sendo de bom agrado prever-se a redução desta permeabilidade de pelo menos vinte vezes, ou seja, fazer com que o coeficiente de permeabilidade da fundação  $K_f \leq 1,0 \times 10^{-5}$  cm/s.

Para redução desta permeabilidade, previu-se a execução de uma cortina de injeção limitada onde a barragem tem altura superior a 6,0 metros com profundidade variando de 6,0 a 12,0 metros dentro da rocha sã.

A cortina é composta de

- **Furos exploratórios**, executados com sonda rotativa diâmetro  $\varnothing = NX$ , espaçados de 48,0m, com retirada de amostras e ensaios de perda d'água em segmentos ascendentes de 3,0 metros. Os ensaios de perda d'água serão realizados em cinco estágios.
- **Furos primários**, executados com equipamento rotopercussor com diâmetro de  $\varnothing = 3"$ , espaçados a cada 12,0 metros.
- **Furos secundários**, eventuais, espaçados a cada 12,0 metros e defasados dos furos primários de 6,0 metros. Esses furos serão executados nas vizinhanças dos furos primários que apresentaram tomada de calda excessiva.
- **Furos terciários**, eventuais, espaçados de 6,0 em 6,0 metros e defasados de 3,0 metros dos furos secundários, serão executados nas vizinhanças dos furos secundários que tenha apresentado tomada de calda excessiva.

#### 5.4.3 – Descrição da Seção Tipo

A seção tipo da barragem ampliada engloba a barragem existente e apresenta as seguintes características:

##### ▪ **Crista**

A crista tem 6,0 metros de largura com o eixo na cota 100,20 metros apresenta um caimento para montante e receberá uma camada final com 20cm de espessura de cascalho argiloso compactado. Nos limites dos bordos serão colocados meio-fio moldado in situ com aberturas para montante e jusante.

**▪ Talude de Montante**

O talude de montante iniciará no bordo de jusante do coroamento da barragem existente com inclinação de 1V 3,5H em toda sua extensão. A partir da cota 93,0 metros, coroamento da cota existente o talude será protegido por uma camada de blocos de rocha sã com diâmetro médio de 0,30m assente sobre uma camada de transição com 0,40m de espessura formada por 0,20m de areia grossa e 0,20m de brita.

**▪ Talude de Jusante**

O talude de jusante tem inclinação de 1V 2,5H em toda sua extensão na cota 90,20m tem uma berma com 2,0 metros de largura. A proteção do talude de jusante é feita com uma camada de 0,30m de espessura de material britado.

**▪ Filtro Vertical**

Está previsto a execução de um filtro vertical com 1,0 metro de espessura executado com areia grossa com topo na cota 99,23m e se estendendo entre as estacas 0+080 a 0+440 e estacas 0+560 e 0+620.

**▪ Tapete Horizontal**

Será executado entre as estacas 0+080 a 0+440 e estacas 0+560 a 0+620 um tapete horizontal com 0,90 metro de espessura.

**▪ Dreno de Pé**

Será executado um dreno de pé do talude de jusante consistindo num enrocamento de pedra com seção trapezoidal com 2,0m de largura na crista e 2,0 metros de altura em toda sua extensão, com taludes de 1V:1H. Entre as interfaces da base do terreno natural e enrocamento e maciço da barragem e enrocamento serão colocadas camadas de transição com 0,30 metros de espessura sendo 0,15m de brita e 0,15m de areia grossa.

**5.4.4 – Análise da Estabilidade**

A geometria da barragem do Chile foi avaliada, desigualmente, recorrendo-se a análise de estabilidade estática e sísmica descritas a seguir.

A análise da estabilidade estática foi realizada recorrendo-se ao método de equilíbrio limite proposto por Bishop implementado automaticamente através do programa de cálculo SLOPE/W.

Os cálculos da estabilidade foram realizados sobre a seção mais condicionante no que concerne a estabilidade da barragem, ou seja, a seção de maior altura, tendo sido analisado as seguintes situações

- a) Final de Construção – taludes de montante e jusante;
- b) A Longo Prazo – talude de jusante,
- c) Rebaixamento Rápido – talude de montante.

A análise da estabilidade sísmica foi efetuado através de um método pseudo-estático recorrendo-se ao Método de Bishop Simplificado.

No que diz respeito à caracterização da ação sísmica, foi adotado, para a situação de regime permanente, um coeficiente sísmico de 0.1. Para as situações de final de construção e rebaixamento rápido o valor do coeficiente sísmico foi reduzido para 0,05, tendo em conta a menor duração destas fases durante o período de vida da obra e como tal, menor será a probabilidade de ocorrência de um evento sísmico com aceleração superior.

Quanto a obtenção das pressões neutras adotou-se os seguintes procedimentos

#### **a) Adoção do Coeficiente $R_u$**

Para a situação de final de construção adotou-se o coeficiente  $R_u$ . Este coeficiente é definido como a relação entre a pressão intersticial da água num determinado ponto com a tensão vertical nesse ponto através da expressão  $R_u = U/\sigma_1$ . Esse coeficiente é função do tipo do material. Para materiais de elevada permeabilidade nos quais a dissipação das pressões intersticiais é quase instantânea, o coeficiente toma valores próximo de zero. No limite, o coeficiente  $R_u$  pode atingir 0,50 caso se esteja na presença de materiais saturados de baixa permeabilidade.

#### **b) Definição da Linha Piezométrica**

Para os casos de regime permanente e rebaixamento rápido, as pressões neutras foram obtidas a partir do traçado da linha piezométrica cujos pontos determinou-se associando a linha freática à parábola de Kozeny teórica fazendo as correções de contorno

A anisotropia do solo foi contemplada considerando uma relação igual a 9 entre os coeficientes de permeabilidade horizontal/vertical

### c) Parâmetros de Resistência dos Materiais

Para análise da estabilidade foi necessário estimar os parâmetros de resistência dos materiais componentes da seção tipo. Os materiais do maciço argiloso foram ensaiados para obtenção de suas características eles foram enquadrados na classificação USC como solos “CL”, ou seja, argilas de baixa plasticidade e os seus parâmetros foram extraídos das recomendações do “Bureau of Reclamation” os demais materiais tais como areias, britas e enrocamentos tiveram os parâmetros avaliados da literatura e de experiência do projetista

#### 5.4.5 – Estudos de Percolação da Barragem

Os estudos de percolação realizados tiveram como objetivo principal a avaliação dos valores de vazões percoladas pelo corpo da barragem e pela fundação.

A permeabilidade do maciço foi considerada igual a  $K_M = 1,0 \times 10^{-7}$  cm/s e para a fundação considerou-se uma permeabilidade 10 vezes maior, ou seja,  $K_f = 1,0 \times 10^{-5}$  cm/s. Considerou-se, ainda, uma camada de 20,0 metros abaixo do cutoff com essa permeabilidade sobre o substrato impermeável

Para obtenção das vazões lançou-se mão do traçado da rede de fluxo admitindo que a carga total será dissipada entre a entrada e a saída.

Obtiveram-se as seguintes vazões

$$Q_{\text{maciço}} = 2,0 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{sxm}$$

$$Q_{\text{fundação}} = 2,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sxm}$$

Com esses elementos obteve-se o dimensionamento da drenagem interna da barragem

#### 5.4.6 – Análise dos Recalques

Para avaliação dos recalques do maciço consideraram-se apenas as deformações elásticas do maciço e a fundação como elemento rígido. Para tanto o maciço foi dividido em lamelas de 2,0 metros de espessura e calculado os recalques de cada lamela considerando a tensão média atuando neste Aplicou-se a expressão

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_m}{E} \Delta H_i$$

## **5.5 – SANGRADOURO**

O vertedouro será implantado entre as estacas 0+635,77 e 0+755,77 onde já existe um canal escavado em rocha com 120,00m de largura e cota média de 89,00m

O vertedouro será erguido nesse canal escavado em rocha e será um muro em perfil “CREAGER” com vista na cota 98,00 metros cujo dimensionamento é mostrado na Memória de Cálculo.

Compõem-se, ainda, o sangradouro dois muros laterais que se estendem de montante a jusante numa extensão de 46,00 metros cada muro

O dimensionamento hidráulico foi feito para a cheia de 1000 anos e verificado para a tormenta de 10000 anos.

No dimensionamento da forma do perfil adotou-se as recomendações do “Bureau of Reclamation”.

No cálculo da estabilidade do muro considerou-se a situação de barragem cheia na cota 98,00 metros e saturação da fundação do muro sem fluxo, com diagrama de tensões com distribuição triangular

O canal de jusante do muro está escavado em rocha, de boa qualidade, sendo portanto desnecessário o revestimento deste

## **5.6 – PROJETO DA TOMADA D'ÁGUA**

A tomada d'água existente é constituída de uma tubulação de ferro fundido de diâmetro de  $\varnothing = 250\text{mm}$  localizado na estaca 0+220 com o eixo do tubo na cota

Com a ampliação da barragem essa tomada d'água será, também, ampliada com a tubulação sendo envelopada de concreto e colocado dois registros de gaveta para operação da tomada d'água. Será, também, previsto uma caixa de jusante com a finalidade de dissipar a energia e medir a vazão. A caixa será de concreto armado.

**6.0 - CUSTOS DOS SERVIÇOS**

000031

## 6.0 – CUSTOS DOS SERVIÇOS

Conforme orçamento elaborado o custo total previsto para a ampliação do Açude Chile, incluindo todos os serviços e fornecimento é de R\$3.524 204,23 (três milhões e quinhentos e vinte e quatro mil e duzentos e quatro reais e vinte e três centavos)

### 6.1 – SÍNTESE DOS CUSTOS DOS PRINCIPAIS SERVIÇOS

Do orçamento global discriminou-se os custos dos principais serviços considerados no mesmo, o qual se apresenta a seguir.

Trabalhos Preparatórios.. . . . .	R\$	317 150,29
Barragem.. . . . .	R\$	1 846.127,72
Sangradouro . . . . .	R\$	854 933,17
Tomada D'água... . . . .	R\$	46 561,00
Bacia Hidráulica. . . . .	R\$	459 432,05
<b>Custo Total.....</b>	<b>R\$</b>	<b>3.524.204,23</b>