



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE
RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO
PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO

ESTUDOS DE ALTERNATIVAS,
AVALIAÇÃO AMBIENTAL,
ESTUDOS BÁSICOS,
VIABILIDADE TÉCNICA, FINANCEIRA E
ECONÔMICA, DETALHAMENTO DO
PROJETO BÁSICO,
LEVANTAMENTO CADASTRAL,
PLANO DE REASSENTAMENTO,
EIA-RIMA,
PLANO DE OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO E
AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA
REFERENTES À BARRAGEM FIGUEIREDO,
SITUADA NA BACIA DO
RIO JAGUARIBE,
NO ESTADO DO CEARÁ



BARRAGEM FIGUEIREDO

CONTRATO Nº 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001

ETAPA A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

FASE III - ESTUDOS BÁSICOS E
CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

VOLUME IV - RELATÓRIO DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

JUNHO 2003



COBA



VBA

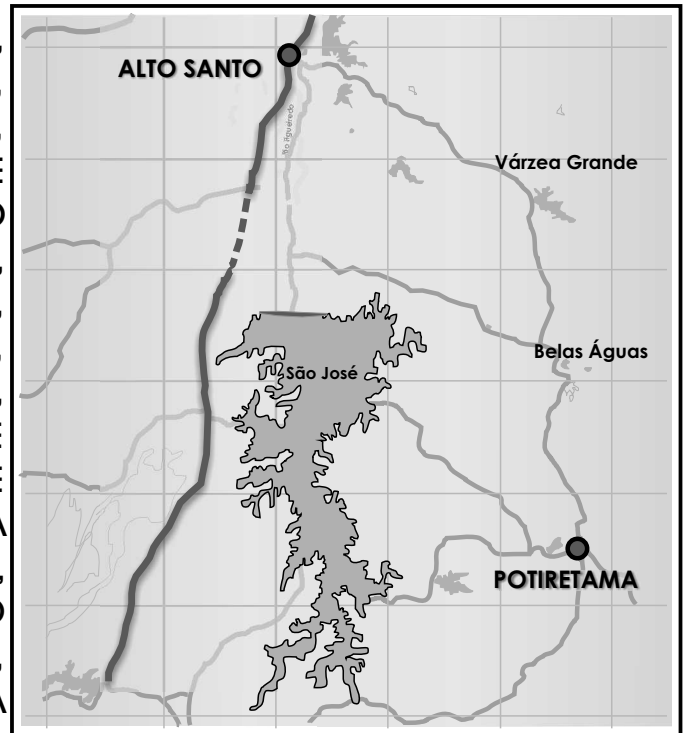


SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE
RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO

ESTUDOS DE ALTERNATIVAS,
AVALIAÇÃO AMBIENTAL,
ESTUDOS BÁSICOS,
VIABILIDADE TÉCNICA, FINANCEIRA E
ECONÔMICA, DETALHAMENTO DO
PROJETO BÁSICO,
LEVANTAMENTO CADASTRAL,
PLANO DE REASSENTAMENTO,
EIA-RIMA,
PLANO DE OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO E
AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA
REFERENTES À BARRAGEM FIGUEIREDO,
SITUADA NA BACIA DO
RIO JAGUARIBE,
NO ESTADO DO CEARÁ



BARRAGEM FIGUEIREDO

CONTRATO Nº 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001

ETAPA A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

FASE III - ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO
GERAL DO PROJETO

VOLUME IV - RELATÓRIO DOS ESTUDOS
GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

JUNHO 2003



CONTRATO Nº 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001**EQUIPE DE ELABORAÇÃO**

CONSÓRCIO COBA/VBA	ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA SRH
Jorge Vazquez Gonzalez Engº. Civil Coordenador dos Estudos pela COBA	Lucrécia Nogueira de Sousa Geóloga Presidente da Comissão
Joaquim Francisco Sousa Neto Engº. Civil Coordenador dos Estudos pela VBA	Ivoneide Ferreira Damasceno Engª. Civil Membro da Comissão
Ricardo Matos Oliveira Geólogo Consultor da Equipe Técnica pela COBA	Maria Alice Guedes Geóloga Membro da Comissão
Ednardo Fernandes Cardoso Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela VBA	Francisco José de Sousa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Maria de Lurdes Pimenta Engª. Civil Membro da Equipe Técnica pela COBA	Maria Elaine Bianchi Geógrafa Membro da Comissão
Samuel Antônio Silva Dias Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela VBA	Francisco Dário Silva Feitosa Dário Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Joana Rodrigues Carreto Engª. Civil Membro da Equipe Técnica pela COBA	Nelson L. de S. Pinto Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Luiz Fernando Menescal Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela VBA	Paulo Teixeira da Cruz Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Vicente Clérigo Rodrigues Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela COBA	Roneí Viera de Carvalho Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Benedito Lopes Santiago Geólogo Membro da Equipe Técnica pela VBA	
Naimar G. Barroso Severiano Esp. Meio Ambiente Consultora em Meio Ambiente	
José Valdeci Biserra Economista Consultor em Estudos Econômicos/Financeiros	
Elianeiva de Queiroz Viana Odísio Engª. Agrônoma Consultora em Desapropriação e Reassentamento	

LISTA DE VOLUMES DA EDIÇÃO FINAL

ETAPA A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

- Fase I - Estudos de Alternativas para Localização da Barragem
 - Volume I - Relatório de Opções para Localização do Eixo Barrável
- Fase II - Estudos de Viabilidade Ambiental - EVA
 - Volume I - Diagnóstico Ambiental
- Fase III - Estudos Básicos e Concepção Geral do Projeto
 - Volume I - Estudos Hidrológicos
 - Volume II - Relatório dos Estudos Cartográficos
 - Volume III - Relatório dos Estudos Topográficos
 - Volume IV - Relatório dos Estudos Geológico-Geotécnicos**
- Fase IV - Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Financeira do Projeto
 - Volume I - Relatório de Avaliação Técnica, Econômica e Financeira do Projeto

ETAPA B - DETALHAMENTO DO PROJETO BÁSICO

- Fase V - Detalhamento do Projeto Básico da Barragem
 - Volume I - Memorial Descritivo do Projeto
 - Volume II – Peças Desenhadas
 - Volume III - Especificações Técnicas
 - Volume IV - Quantitativos e Orçamento
 - Volume V - Relatório Síntese
- Fase VI - Cadastro e Plano de Reassentamento
 - Volume I - Levantamento Cadastral - Relatório Geral
 - Volume II - Plano de Reassentamento - Relatório Geral
- Fase VII - Estudos Ambientais
 - Volume I - Estudos de Impacto Ambiental (EIA)
 - Volume II - Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA)
- Fase VIII - Planos de Operação e Manutenção
 - Volume I - Manuais de Operação e Manutenção
- Fase IX - Avaliação Financeira e Econômica do Projeto
 - Volume I - Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

ÍNDICES

BARRAGEM DE FIGUEIREDO

FASE III – ESTUDOS BÁSICOS E CONCEÇÃO GERAL DO PROJETO

VOLUME IV - RELATÓRIO DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

ÍNDICE

A - TEXTO

	Pág.
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – GEOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA	2
2.1 - LITOESTRATIGRAFIA	2
2.2 - CARATERIZAÇÃO ESTRUTURAL	4
2.3 - METAMORFISMO	5
3 – GEOLOGIA DO EIXO BARRÁVEL	6
4 – GEOMORFOLOGIA	9
5 – SISMOLOGIA	10
6 - TRABALHOS DE PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA	14
6.1 – INTRODUÇÃO.....	14
6.2 – TRABALHOS JÁ REALIZADOS	14
6.2.1 – Sondagens mistas e à rotação.....	14
6.2.2 – Sondagens à pá e picareta e sondagens a trado.....	19
6.2.3 – Caracterização laboratorial.....	20

6.3 – TRABALHOS EM CURSO	23
	Pág.
6.4 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA COMPLEMENTAR.....	24
7 – CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS.....	26
7.1 – CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	26
7.1.1 – Eixo barrável.....	26
7.1.2 – Órgãos hidráulicos anexos	27
7.2 – TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO	27
7.3 – MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	29

B – ANEXOS

SONDAGENS MISTAS E À ROTAÇÃO

ENSAIOS DE PERDA DE ÁGUA

JAZIDAS – GRÁFICOS DE SONDAGEM

CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL

Análises Granulométricas por Peneiramento

Análises Granulométricas por Sedimentação

Limites de Liquidez e de Plasticidade

Ensaio de Compactação

JAZIDAS – CROQUIS DE LOCALIZAÇÃO

C – PEÇAS DESENHADAS

Desenho nº	Designação
0854-FC-40-0103-001	Localização dos trabalhos de prospecção. Planta e perfil geológico e geotécnico
0854-FC-40-0103-002	Materiais de construção

ÍNDICE DE QUADROS

Capítulo 5

Quadro 5.1 - Distribuição Geográfica dos Sismos do Nordeste de Magnitude $M_b \geq 3,0$ Capítulo 7

Quadro 5.2 - Distribuição dos Sismos no Nordeste, Segundo a Magnitude ($M_b \geq 3,0$)

Quadro 5.3 - Relação dos Sismos com Magnitude $M_b \geq 3,0$ ocorridos no Estado do Ceará

Quadro 5.4 – Distribuição dos Sismos na Área do Estudo (Raio de 100 Km)

Capítulo 6

Quadro 6.1 – Sondagens Mistas e à Rotação: Síntese das Principais Características

Quadro 6.2 - Graus de alteração, de coerência e de fraturamento: especificações

Quadro 6.3 – Ensaio de perda de água: síntese de resultados

Quadro 6.4– Sondagens à Pá e Picareta e a Trado: distribuição dos trabalhos

Quadro 6.5 - Caracterização laboratorial: Síntese dos ensaios de identificação

Quadro 6.6 – Caracterização laboratorial: síntese dos ensaios de compactação

Quadro 6.7 – Segunda fase de prospecção geotécnica: síntese dos trabalhos em curso

A - TEXTO

BARRAGEM DE FIGUEIREDO

FASE III – ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

VOLUME IV - RELATÓRIO DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

1 – INTRODUÇÃO

No âmbito do contrato 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001, adjudicado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) à COBA/VBA, vem o Consórcio apresentar o relatório da Fase III – “Relatório dos Estudos geológico-geotécnicos”, integrado nos **Estudos Básicos e Concepção Geral do Projeto da Barragem de Figueiredo**.

Estando em curso um conjunto de trabalhos de prospeção geotécnica diretamente relacionada com o eixo barrável e com as jazidas, a presente memória integra e trata o conjunto de elementos total ou parcialmente finalizados.

Em síntese, este relatório apresenta a caracterização geológica da região e nomeadamente da bacia hidráulica e do eixo barrável, a geomorfologia e a sismologia da região e o conjunto de trabalhos de prospeção geotécnica realizados até à presente data. De modo complementar, tece-se um conjunto de reflexões de natureza geotécnica relativas à definição das condições de fundação (do eixo barrável e dos órgãos anexos), ao tratamento da fundação e aos materiais de construção.

2 – GEOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA

2.1 - LITOESTRATIGRAFIA

O esboço geológico regional compreende basicamente um complexo de rochas Pré-Cambrianas não diferenciadas PX, que incluem rochas do tipo PI(B), com tipo litológico predominante de migmatitos e gnaisses diversos, com ocorrência maior na parte central da bacia. A área exibe nos relevos elevados, corpos de granitóides de composição granítica a granodiorítica, dioritos e granitos diversificados, de textura grosseira e porfiróides, que datam do Proterozóico Superior (PSy), com ocorrência na parte lesta da bacia hidrográfica.

Nos quadrantes leste e sudeste da bacia, ocorrem litologias do tipo (PPσp) Sienitos Potiretama do Paleozóico e arenitos (KISaa) do Cretáceo.

Regista-se também a presença específica de diques básicos do terciário (Tdb) formados por diabásicos e gabros, com direcionamento E-W, ocorrendo próximo dos limites extremos norte e sul da bacia e também no local do eixo barrável.

Os sedimentos aluviais do holoceno (QHa), areias quartzosas e areias argilosas, ocorrem em grandes faixas ao longo dos eixos de drenagem dos rios e riachos locais, por vezes formando bancos de areia.

Este complexo litológico está limitado ao norte, nas proximidades do boqueirão do Açude Castanhão, pelos sedimentos costeiros e inconsolidados do Terciário, pertencentes à Formação Faceira do Grupo Barreiras (TQc e TQbf) e aluviões Quaternários (QHa), e a leste pelas Coberturas Sedimentares da Formação Açú (KISaa).

Um resumo das principais características de cada um dos grupos litológicos é apresentado a seguir:

Unidade sem Denominação – PX, que incluem rochas do tipo PI (B)

É constituída por uma associação complexa de migmatitos e gnaisses diversos, encerrando jazimentos subordinados de corpos metacalcários, anfíbolitos, rochas calciosilicáticas e quartzitos.

Os gnaisses apresentam-se laminados, algo migmatizados, gradando para anfíbolitos. Os biotita-quartzo-feldspato gnaisses exibem tonalidades cinza-claro a cinza médio e cinza-escuro.

A estrutura normalmente mostra uma intercalação de bandas escuras, enriquecidas em máficos, com bandas claras, quartzo-feldspáticas. A granulação é principalmente equigranular média podendo variar para fina. Os gnaisses próximos às zonas de falha exibem porfiroblastos estirados de feldspatos, caracterizando os gnaisses facoidais.

Os quartzitos ocorrem dispersos por grande parte da área da bacia hidrográfica, sob a forma de lentes, encaixadas concordantemente ao lineamento das rochas gnáissicas e migmatíticas. Exibem tonalidades esbranquiçadas, granulação que varia de média a grossa, laminadas, quando micáceas.

Granitóides Pereiro – PSy

Compreendem as intrusões de composição granítica a granodiorítica, com fácies sienítica de granulação média a grosseira, por vezes porfiroblástica, apresentando estruturas tipo equigranulares, xenolíticas com encaves de anfibólios, gnaisses e dioritos.

Grupo Apodi – Formação Açú – KISaa

Estas coberturas sedimentares incluem rochas de características de ambiente marinho e estão constituídas por arenitos cinzentos e avermelhados, de granulometria fina a média e conglomerática, interestratificada, siltitos cinzentos a cinza-escuros, com lentes de calcário no topo.

Diques Básicos – Tdb

Esta unidade abriga litologias básicas, preenchendo fraturas, distribuídas ao longo da área estudada, alinhadas segundo a direção ENE - WSW, discordantes em relação às estruturas regionais. Trata-se de uma rocha compacta, de cor cinza esverdeada a preta, fraturada, ocorrendo muitas vezes em forma de blocos espalhados sobre o solo. A granulação varia de fina a média e sua textura é diabásica típica.

Grupo Barreiras - Formação Faceira – TQbf

Litologicamente, se caracteriza por sedimentos afossilíferos com níveis conglomeráticos basais, avermelhados, grosseiros, contendo seixos bem rolados de quartzo, principalmente, e rochas cristalinas diversificadas.

Coberturas Sedimentares – TQc

As coberturas sedimentares de espriamento aluvial incluem os capeamentos de planalto de coluviões holocênicas. São sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, de tom creme, de granulometria fina a média, ocasionalmente mais grosseira, inconsolidados onde localmente apresentam cascalhos laterizados na base, a matriz é areno-argilosa caulínica e o cimento é argilo-ferruginoso. Apresentam-se sob a forma de pequenas mesetas com bordas dissecadas e contorno irregular, com topografia suave, representando uma pequena elevação em relação ao substrato rochoso. De uma maneira geral, predomina uma seqüência clástica grosseira, do topo para a base, iniciando com um capeamento de solos arenosos, inconsolidados, esbranquiçados à creme, mal selecionados.

Aluviões – QHa

Litologicamente, as aluviões estão representadas pelas argilas, siltes, areias argilosas, areias puras e cascalho. As argilas e siltes são abundantes e se encontram com freqüência em todas as calhas de rios e riachos. Os cascalhos e areias constituem grandes reservas, formadas principalmente de areias grossas, mal selecionadas, puras, com seixos de quartzo e rochas cristalinas diversas.

A bacia de contribuição a partir da seção do barramento proposto, encontra-se completamente em terreno do Embasamento Cristalino, compreendidas pelas rochas Pré-Cambrianas e Proterozóicas descritas anteriormente.

2.2 - CARATERIZAÇÃO ESTRUTURAL

A bacia hidrográfica do açude Figueiredo, está localizada em zona de domínio estrutural de falhamento transcorrente do Jaguaribe, em contato com rochas do Pré-Cambriano não diferenciado, caracterizada por cizalhamentos e dobramentos, com presença de estruturas sinformes e antiformes sem caimentos definidos, cortando toda a área da bacia.

A ocorrência de falhamentos com menor representatividade, no lado oeste da bacia, próximo ao rio Figueiredo, justifica o controle da drenagem dendrítica retangular, com intensos traços de fraturas, expressos na grã topográfica, através de deflexões abruptas dos eixos de drenagem dos rios e riachos.

O lineamento estrutural apresenta forte tendência de orientação SSW-NNE, com esforços tectônico tafrogênico, associado a vulcanismo básico do terciário, comprovado com a presença

de diques de diabásios, com direção leste-oeste e ocorrendo com bastante intensidade nos extremos norte e sul da área da bacia hidráulica.

A estrutura destas formações está bem definida nos afloramentos da região, exibindo para além da foliação das rochas algumas famílias de diaclases conjugadas. O reconhecimento geológico de superfície feito mostra certa constância na atitude da foliação, o que permite concluir provisoriamente que não terá ocorrido forte tectonismo durante a história geológica do maciço cristalino.

Ao longo do eixo barrável, o maciço é praticamente aflorante em toda a extensão, mostrando pequena cobertura, em geral de apenas algumas dezenas de centímetros de solo residual de alteração da rocha. Pontualmente, foram identificadas maiores espessuras de alteração recobrando o maciço rochoso (por exemplo, local das sondagens SRC-07 e SRC-09). Os afloramentos alinham-se grosseiramente segundo a direção NE-SW.

São visíveis, em especial, na ombreira esquerda numerosos diques de quartzo e quartzito.

Desenvolvendo-se o curso do rio ao longo de um eixo sensivelmente paralelo ao sentido de ocorrência dos afloramentos rochosos da região, tem-se que o eixo da barragem intercepta, de forma mais ou menos perpendicular, esses alinhamentos geomorfológicos, não havendo a registar qualquer aspecto singular em relação com qualquer dos locais.

2.3 - METAMORFISMO

A grande variedade de rochas que constituem a Unidade sem Denominação (PX) é resultante do metamorfismo regional e está caracterizada por assembléias minerais diversas, que possibilitaram sugerir as condições genéticas da seqüência. As assembléias minerais ocorrem dentro de uma faixa ampla de temperatura e pressão, dentro do metamorfismo regional, e não são suficientemente seguros para determinar condições específicas de metamorfismo. Caracterizam-se pela presença constante de migmatização, que em certos casos leva a mesma a uma homogeneização total, originando núcleos granitóides.

3 – GEOLOGIA DO EIXO BARRÁVEL

Na etapa de desenvolvimento dos Estudos Básicos da Barragem Figueiredo, foram realizados estudos geológicos que compreenderam inicialmente consultas a mapas geológicos e bibliografias disponíveis sobre a região. Posteriormente foram conduzidos estudos fotogeológicos e efetuadas visitas de inspeção ao local dos serviços onde foi procedida uma campanha de investigações geológicas de campo.

A geologia do sítio da Barragem Figueiredo, principalmente em seu eixo, apresenta uma situação geológica característica da região, pois a área situa-se sobre rochas metamórficas do tipo gnaiss e migmatitos, e de corpos intrusivos ácidos e básicos, de idade Pré-Cambriana, pertencentes a Unidade sem Denominação, incluindo rochas tipo PI(B).

No sítio do barramento, na área que corresponde às ombreiras ou zonas mais elevadas, verificou-se um capeamento de solo residual de pouca espessura, constituído de areia siltosa, de coloração creme, amarela e cinza variegada, com muitos seixos rolados e pedregulhos.

Logo abaixo desta camada de solo residual encontra-se rocha gnaissica pouco a medianamente alterada em superfície, apresentando coloração cinza claro e escuro, com granulação variando de fina à média. Apresentam estruturas tipo bandamento gnaissico, boldinagem, alguens e bolas de neve. Apresentam orientação preferencial segundo a foliação regional, NE-SW com mergulhos para SE.

Associados ao gnaiss, ocorrem afloramentos de migmatitos, de coloração cinza claro e esbranquiçada, pouco a medianamente fraturadas, fraturas estas bem definidas, orientadas na direção NW-SE com mergulho para SW, apresentando texturas Shollen e Nebulítica e granulação fina.

Estas ocorrências rochosas apresentam características resistentes aos processos de decomposição e recobrem praticamente toda a margem esquerda, com grandes afloramentos e tabuleiros rochosos, desde a localização do furo de sondagem SRC-15 até o furo SRC-05. No restante da barragem, as ocorrências diminuem, restringindo-se a pequenos afloramentos de pequenas dimensões, dispostos espaçadamente uns dos outros.

As intrusões ácidas, quartzíticas, graníticas e pegmatíticas, ocorrem sob a forma de lentes, veios e por vezes como incrustações, concordantes com a foliação do gnaiss, segundo NE-SW. As intrusões quartzíticas e pegmatíticas ocorrem geralmente em tonalidades

esbranquiçadas, ligeiramente rosadas, laminadas. Já as intrusões graníticas apresentam textura equigranular fina e coloração cinza claro. Estas ocorrências estão dispostas por toda a área que abrange a margem esquerda da barragem, desde o furo SRC-15, passando pelo furo SRC-05 até próximo ao furo SRC-03.

A ocorrência de Dique Básico (Tdb) é tipicamente regional, apresentando-se discordante ao lineamento regional, sob a forma de blocos soltos amontoados, por vezes embricados, de coloração cinza escuro. Esta ocorrência foi evidenciada próximo ao furo de sondagem SRC-03.

Na parte baixa do boqueirão, nas margens do rio, estão restritos os sedimentos aluviais representativos no local do sítio barrável, sob a forma de solos silto-arenosos do período Terciário. Pouco elevados, estendem-se por toda a extensão do rio Figueiredo, desenvolvendo planícies aluviais (várzeas) sujeitos a inundações, e em particular na calha principal do rio, estão os depósitos de aluviões recentes, do período Quaternário, em forma de grandes bancos de areias bem graduadas, de cor creme e com granulometria de média a grossa (aluvião), com pedregulho, e sua ocorrência se dá em quantidades consideráveis.

Por toda a extensão da ombreira direita, que vai do furo SRC-04 até o furo SRC-10, ocorrem solos residuais de cor creme, amarela e avermelhada, por vezes laterizada, apresentando pedregulhos e blocos soltos de quartzo. Os afloramentos são raros e geralmente encontram-se bastante alterados e intemperizados, principalmente na área do sangradouro, que vai do furo SRC-10 ao furo SRC-12.

A determinação da direção preferencial de fraturamento das rochas de fundação foi obtida através de medidas efetuadas por bússola aferida, tomando-se um número significativo de 161 leituras de direção e mergulho.

A Fig. 3.1 apresenta o percentual de ocorrência das medidas de orientação dos fraturamentos, em faixas divididas a cada dez graus, partindo-se do Norte em sentidos opostos, para a esquerda o Oeste e para direita o Leste. Verificou-se, portanto, que 43,5% das medidas realizadas se posicionaram na faixa compreendida entre 71° e 80° na direção Noroeste (NW) com mergulhos no sentido SW, com alguma ocorrência de mergulho vertical.

Em fase posterior do estudo, se procurará fazer uma segunda campanha de medições com bússolas para melhor identificação das famílias de fraturas que caracterizam o maciço, tendo em atenção a grande extensão do barramento.

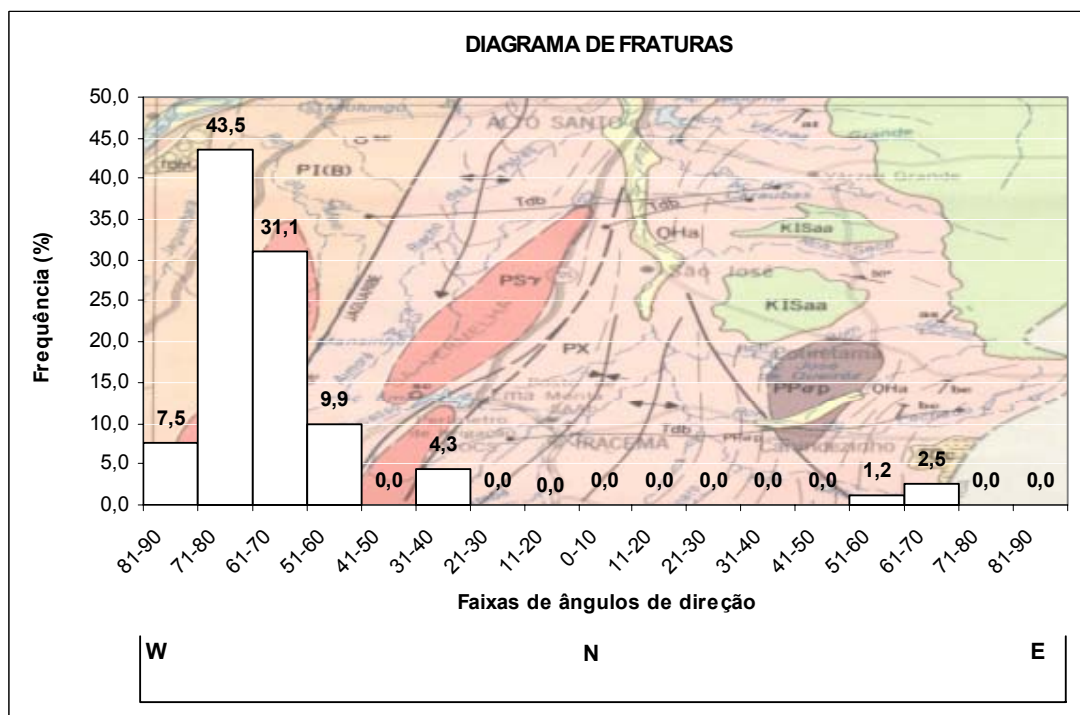


Fig. 3.1 – Gráfico com Diagrama de Fraturas

4 – GEOMORFOLOGIA

Quatro categorias morfológicas caracterizam o relevo, em escala regional da área da bacia hidráulica da barragem Figueiredo: o pediplano, as chapadas, os tabuleiros litorâneos e as planícies aluviais. O pediplano, feição dominante, constitui uma vasta planura, levemente ondulada, que cai de modo suave de sul para norte e dele surgem elevações esparsas, as serras e chapadas. As chapadas são elevações tabulares de grande extensão, formadas por terrenos sedimentares dispostos em camadas horizontais ou ligeiramente inclinadas. Dominam aí formações areníticas muito porosas, nas quais a água da chuva se infiltra, dando origem a fontes naturais no sopé das chapadas. A chapada localiza-se na divisa com o estado vizinho, o Rio Grande do Norte: a do Apodi, a nordeste.

Os tabuleiros litorâneos são também formações areníticas do período terciário, pouco elevadas, e abrangem toda a extensão dos rios Jaguaribe e Figueiredo, desenvolvendo-se em planícies aluviais (várzeas) sujeitas a inundações, que lhes renovam periodicamente os solos.

Os solos dos extensos plainos do sertão (pediplanos) são em geral rasos, mas apresentam boa composição química. As dificuldades que oferecem à utilização agrícola resultam apenas de sua deficiência em umidade. Os solos das chapadas são em geral pobres.

5 – SISMOLOGIA

A análise do panorama sismotectônico da Região Nordeste revela uma maior concentração de sismos nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, onde os abalos ocorrem em áreas de rochas do embasamento e nas áreas próximas ao litoral em que se iniciam as rochas sedimentares das bacias costeiras. Nos estados da Paraíba, Piauí e Alagoas as atividades sísmicas são praticamente ausentes. Como pode ser visualizado nos Quadros 5.1 e 5.2, os sismos nordestinos dificilmente atingem magnitude 5 na escala Richter.

No Ceará, especificamente, já foram identificadas quatro regiões sísmicas na zona nordeste do Estado: Cascavel (Pitombeiras), Chorozinho, Pacajus e Palhano. Dessas regiões, foi Pacajus a que apresentou eventos de maior magnitude, chegando a atingir em 1980, 5,2 graus na escala Richter e intensidade VII na escala Mercalli. O Quadro 5.3 mostra a relação dos sismos com magnitudes superiores a 3,0 M_b ocorridos no Estado do Ceará.

Quanto à ocorrência de eventos sísmicos na área do estudo, observa-se que num raio de 100 km em torno do eixo estudado, há registro de ocorrência de atividades sísmicas em 11 localidades, cujas distâncias aproximadas das áreas dos eixos podem ser visualizadas no Quadro 5.4. Dessas regiões, quatro são consideradas áreas com tradição em eventos sísmicos (Ererê, Pereiro, Morada Nova e Ibareta), merecendo destaque Pereiro e Ibareta por terem apresentado eventos de relativamente maior magnitude. Em Pereiro, o sismo ocorrido em 1968 atingiu 4,5 graus na escala Richter e intensidade VII na escala Mercalli, enquanto em Ibareta, o sismo ocorrido em 1977, atingiu 3,9 graus na escala Richter.

Tendo em conta que os eventos sísmicos registados são de magnitude baixa a moderada, que a barragem de Figueiredo se funda totalmente sobre rochas do embasamento cristalino e que a carga hidráulica associada ao reservatório é baixa - com valores máximos de 30 m e médios de cerca de 10 m – não são de prever que se levantem questões associadas a sismicidade induzida que, tradicionalmente, em regiões com alguma sismicidade, têm ocorrido apenas para cargas hidráulicas mínimas da ordem de 100 m.

Quadro 5.1 - Distribuição Geográfica dos Sismos do Nordeste de Magnitude $M_b \geq 3.0$

Estado	Até 31/12/1980		Até 31/10/1986	
	Nº	%	Nº	%
Alagoas	2	2,5	2	1,8
Bahia	19	24,1	20	18,4
Ceará	23	29,1	25	22,9
Maranhão	4	5,1	5	4,6
Paraíba	-	-	-	-
Pernambuco	9	11,4	14	12,8
Piauí	-	-	-	-
Rio G. do Norte	22	27,8	43	39,5
Sergipe	-	-	-	-
TOTAL	79	100	109	100

FONTE: Berrocal, J. et alli, Sismicidade do Brasil JAG/USP. São Paulo, 1984.

Ferreira, J.M., Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de mestrado. JAG/USP. São Paulo, 1983.

RBGf, ESB/UNB e CAI/UFRN, Boletins Sísmicos.

Quadro 5.2 - Distribuição dos Sismos no Nordeste, Segundo a Magnitude ($M_b \geq 3,0$)

MAGNITUDE DOS SISMOS (mb)	ANOS									
	1801/ 1820	1821/ 1840	1841/ 1860	1861/ 1880	1881/ 1900	1901/ 1920	1921/ 1940	1941/ 1960	1961/ 1980	1981/ 1986(*)
3,0	-	-	-	-	-	1	2	3	8	5
3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5
3,2	-	-	-	1	-	-	-	-	3	2
3,3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
3,4	-	-	-	1	-	1	-	-	3	4
3,5	-	-	1	-	1	2	-	-	6	2
3,6	-	-	-	-	-	1	1	-	4	2
3,7	-	-	-	1	-	3	-	-	5	1
3,8	1	-	-	-	-	1	-	-	2	5
3,9	-	-	-	-	-	2	-	1	7	-
4,0	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-
4,1	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-
4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,3	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
4,7	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-
4,8	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-

FONTE: Berrocal, J. et alli, Sismicidade do Brasil JAG/USP. São Paulo, 1984.

Ferreira, J.M., Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de mestrado. JAG/USP. São Paulo, 1983.

RBGf, ESB/UNB e CAI/UFRN, Boletins Sísmicos.

(*) Excluindo o ano de 1983.

Quadro 5.3 - Relação dos Sismos com Magnitude $M_b \geq 3,0$ ocorridos no Estado do Ceará

Localidade	Data	Magnitude (Mb)	Intensidade (MMI) (1)	Observações
BATURITÉ	02/1903	3,9	-	3 sismos
BATURITÉ	02/1903	4,1	VI	2 sismos
MARANGUAPE	24/11/1919	4,5	IV	-
ARACATI	14/04/1928	4,0	VI	-
PEREIRO	1968	3,9 – 4,5	V - VII	5 sismos (janeiro a março)
BEBERIBE	03/1974	-	V	vários sismos
SÃO LUIZ DO CURU	1974/1976	3,4	VI	Sismos alternados
IBARETAMA	07/1976	-	V	-
IBARETAMA	12/03/1977	3,9	-	-
PACAJUS	20/11/1980	5,2	VII	-
CASCAVEL (PITOMBEIRAS)	22/04/1995	3,8	VI	-

FONTE: Ferreira, J.M., Sismicidade no Rio Grande do Norte in Simpósio sobre Sismicidade Atual em João Câmara (RN). Rio de Janeiro, 10 a 11 de novembro de 1986.p.32-48.
 Berrocal, J. et alli, Sismicidade do Brasil. São Paulo, JAG/USP,1984
 Defesa Civil do Ceará.

Nota: (1) Intensidade Modificada de Mercalli.

Do mesmo modo, a ação sísmica que poderá atuar na barragem e afetar o seu comportamento é baixa a moderada. Considerou-se no entanto importante definir os níveis de aceleração que essa atividade poderia gerar e analisar a sua influência na estabilidade da obra.

Através das relações obtidas na Tabela Modificada e na Tabela de Possi-Forel, preconizam-se os seguintes parâmetros para incorporação às futuras análises de estabilidade pseudo-estática sob solicitação dinâmica da barragem:

- Aceleração horizontal (AH) 0,1 g
- Aceleração vertical (AH/2) 0,05 g

Quadro 5.4 – Distribuição dos Sismos na Área do Estudo (Raio de 100 km)

Ocorrências Sísmicas	Distância Aproximada (km)					
	Eixo I	Extrema	Eixo II	Cajazeiras	Jurema	Eixo III
Ererê (1)	55.50	24.00	51.50	49.00	46.50	43.50
Pereiro (1)	55.30	53.80	51.30	48.80	46.30	43.30
Morada Nova (sede) (1)	45.70	47.20	49.70	52.20	54.70	57.70
Morada Nova (Serra do Félix)	80.00	81.50	84.00	86.50	89.00	92.00
Morada Nova/S.J. Jaguaribe (divisa)	35.00	36.50	39.00	41.50	44.00	47.00
Morada Nova/Aracoiaba (divisa)	65.50	67.00	69.50	72.00	74.50	77.50
Banabuiú (Sitiá)	92.50	94.00	96.50	99.00	101.50	104.50
Ibaretama (Serra Azul) (1)	75.60	77.10	79.60	82.10	84.60	87.60
Russas (CE-138)	85.50	87.00	89.50	92.00	94.50	97.50
Russas (Serra do Félix)	100.00	101.50	102.70	105.00	106.30	107.50
Quixeramobim (Belém)	100.00	101.50	104.00	106.50	109.00	112.00

Nota: (1) Áreas com tradição em eventos sísmicos.

6 - TRABALHOS DE PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA

6.1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo faz-se a apresentação do conjunto de trabalhos de prospeção geotécnica já realizados, tanto no que se refere ao eixo barrável quanto aos locais das jazidas, sendo igualmente mencionados os trabalhos de campo atualmente em curso.

No final apresenta-se uma reflexão sobre a caracterização geotécnica complementar a realizar para a fase de Detalhamento do Projeto Básico.

6.2 – TRABALHOS JÁ REALIZADOS

6.2.1 – Sondagens mistas e à rotação

Realizaram-se até à presente data 14 sondagens - mistas e à rotação – previstas para a primeira fase de caracterização do eixo barrável, sendo 6 na ombreira esquerda, 3 na calha do rio e 5 na ombreira direita.

O programa de sondagens à rotação teve como principal objectivo a investigação das principais características do maciço rochoso em profundidade, quer no que se refere à natureza das formações em matéria de grau de alteração e espaçamento de fracturas, quer das características hidráulicas do maciço.

A orientação e a inclinação das sondagens foi definida de forma a que os furos atravessassem as diaclases mais frequentes no maciço (a maioria das sondagens foram inclinadas 20° com a vertical, para montante).

Apresenta-se no Quadro 6.1 a síntese do conjunto de sondagens já realizadas, podendo a sua localização em planta ser conferida no desenho nº 1 correspondente ao perfil geológico e geotécnico.

A observação dos testemunhos e a análise de recuperação obtida confirmam em geral a excelência das características geomecânicas do maciço cristalino demonstradas pela elevada percentagem de recuperação e elevado RQD. Apenas pontualmente ocorrem intercaladas algumas zonas mais alteradas e fraturadas, resultantes do tectonismo da formação e de ocorrência de diques, em especial de quartzo.

As sondagens na calha do rio evidenciam um enchimento aluvionar arenoso com seixos de cerca de 6 a 8 m de espessura.

Quadro 6.1 – Sondagens Mistas e à Rotação: Síntese das Principais Características

Sondagem	Modo de execução	Localização	Comprimento (m)	Inclinação
SRC-01	mista	calha do rio	35,10	vertical
SRC-02	mista	calha do rio	35,33	vertical
SRC-03	rotação	calha do rio	27,80	20° / montante
SRC-04	rotação	ombreira direita	20,18	20° / montante
SRC-05	rotação	ombreira esquerda	20,00	20° / montante
SRC-06	rotação	ombreira direita	20,00	20° / montante
SRC-07	rotação	ombreira esquerda	20,26	20° / montante
SRC-08	rotação	ombreira direita	20,04	20° / montante
SRC-09	rotação	ombreira esquerda	19,32	20° / montante
SRC-10	rotação	ombreira direita	20,50	20° / montante
SRC-11	rotação	ombreira esquerda	20,10	20° / montante
SRC-12	rotação	ombreira direita	24,65	20° / montante
SRC-13	rotação	ombreira esquerda	20,21	20° / montante
SRC-15	rotação	ombreira esquerda	30,00	20° / montante

Nas sondagens SRC-01 e SRC-02 realizadas no mês de Outubro de 2001 na calha do rio foi encontrado o nível de água respectivamente entre 1,47 e 1,15 m de profundidade, sendo que os furos das restantes sondagens se encontraram secos.

Todos os perfis de sondagem são apresentados em anexo, sendo que cada perfil contem as informações seguintes:

- Coordenadas de implantação e inclinação
- Data de execução e (eventual) nível de água
- Profundidade da sondagem e de cada camada
- Descrição do material atravessado em cada camada
- % de recuperação efetiva e de RQD (Rock Quality Designation)
- Graus de alteração, de coerência e de fraturamento
- Síntese dos resultados dos ensaios de perda de água.

Relativamente aos graus de alteração, de coerência e de fraturamento, apresentam-se no Quadro 6.2 o significado de cada um dos graus em apreço.

Quadro 6.2 - Graus de alteração, de coerência e de fraturamento: especificações

GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE CONSISTÊNCIA			GRAU FRATURAMENTO		R.Q.D. (%)
GRAU	DENOMINAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO	GRAU	DENOMINAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO			
A1	Rocha sã	A rocha apresenta seus minerais constituintes sem decomposição. Eventualmente apresenta juntas oxidadas	C1	Rocha muito consistente	Rocha com som metálico, quebra com dificuldade ao golpe do martelo. Sua superfície dificilmente é riscada pelo aço.	F1	< 1 Fratura / m (Ocasionalmente Fraturada)	75 – 100 (Bom a Excelente)
A2	Rocha pouco decomposta	A rocha apresenta decomposição incipiente em sua matriz e ao longo dos planos de fraturas, é levemente descolorida.	C2	Rocha consistente	Rocha com som fraco, quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo. Ao ser riscada pelo aço, deixa sulcos superficiais.	F2	1.1 – 5 Fraturas / m (Pouco Fraturada)	50 – 75 (Regular)
A3	Rocha medianamente decomposta	A rocha apresenta seus minerais constituintes em franco processo de decomposição. Fraturas decompostas eventualmente preenchidas por material desagregado. É muito descolorida.	C3	Rocha medianamente consistente	Rocha com som oco, quebra com relativa facilidade, ao golpe do martelo com fragmentos dificilmente quebradiços à pressão dos dedos. Sulco leve ao risco do aço.	F3	5.1 – 10 Fraturas / m (Medianamente Fraturada)	25 – 50 (Pobre)
A4	Rocha muito decomposta	A rocha apresenta seus minerais constituintes muito decompostos. Decomposição ao longo das fraturas comumente preenchidas por material desagregado. É totalmente descolorida.	C4	Rocha pouco consistente	Rocha quebra com facilidade ao golpe do martelo, bordas dos fragmentos quebram com relativa facilidade manualmente. Sulcos profundos ao risco do aço.	F4	10.1 – 20 Fraturas / m (Muito Fraturada)	0 – 25 (Muito pobre)
A5	Rocha extremamente decomposta (Saprolito)	Materiais constituintes totalmente decompostos. Pode apresentar bolsões de material desagregado. Preserva estruturas originais.	C5	Rocha sem consistência (Friável)	Rocha esfarela-se ao golpe do martelo, desagregando-se com a pressão dos dedos. Pode ser cortada com o aço, sendo riscada com a unha.	F5	> 20 Fraturas / m (Extremamente Fraturada)	-

Foram já executados todos os ensaios de perda de água previstos para as sondagens (da primeira fase) localizadas em ambas as ombreiras e na calha do rio.

A análise sumária dos resultados obtidos mostra que, em geral, o maciço é praticamente impermeável. Com efeito, uma vez ultrapassada a camada de solo residual de alteração da rocha, os resultados dos ensaios de perda de água registaram em geral reduzidas absorções (< 1 UL), mesmo para pequenas profundidades.

Constituem excepção as sondagens SRC02 e SRC12, onde os trechos superficiais evidenciaram absorções relativamente mais importantes, respectivamente entre 7 e 15 UL na 1ª sondagem e de 8 UL na 2ª, provavelmente correspondentes a fraturas abertas em trechos localizados.

No caso das sondagens SRC-06 e SRC-11, os valores de perda de água total sem pressão no patamar dos 5 Kg/cm² (para as pressões de 1 e 2 Kg/cm² as absorções foram nulas na SRC-06 e <1UL ou mesmo nulas na SRC-11) poderá corresponder a fraturação hidráulica ou a problemas de execução no ensaio (dado que a observação dos tarolos das sondagens não parece indiciar uma fraca qualidade do maciço rochoso). Para despistar esta ocorrência foi preconizada a realização da sondagem SRC-14 atualmente em curso, estando igualmente previsto um reconhecimento complementar para a próxima fase dos estudos.

Apresentam-se no Quadros 6.3 os principais aspectos deduzidos da execução dos ensaios de perda de água.

Quadro 6.3 – Ensaio de perda de água: síntese de resultados

sondagem	ensaio	prof. (m)	Pressão Manomét. (kg/cm ²)	Perda Esp.(UA) (l/min.m) (kg/cm ²)	UL (l/min.m) (10 kg/cm ²)	K (cm/s)	observações
SRC - 01	1	8.5-13.0	1-2-5-2-1	0,04	0,4	5,2x10 ⁻⁶	---
	2	13.0-18.0	1-2-5-2-1	0,01	0,1	6,7x10 ⁻⁷	PE=0,04 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	3	18.0-23.0	1-2-5-2-1	0,01	0,1	1,7x10 ⁻⁶	---
	4	23.0-29.0	1-2-5-2-1	0	0	---	PE=0,01 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	5	29.0-35.6	1-2-5-2-1	0	0	---	---
SRC - 02	1	7.1-12.1	1-2-5-2-1	1,48	14,8	1,9x10 ⁻⁴	---
	2	12.1-17.1	1-2-5-2-1	0,07	0,7	9,3x10 ⁻⁶	---
	3	17.1-22.1	1-2-5-2-1	0,68	6,8	8,5x10 ⁻⁵	---
	4	22.1-27.1	1-2-5-2-1	0,07	0,7	8,8x10 ⁻⁶	---
	5	27.1-32.1	1-2-5-2-1	0,04	0,4	5,3x10 ⁻⁶	---
	6	32.0-35.3	1-2-5-2-1	0,01	0,1	5,9x10 ⁻⁷	---
SRC - 03	1	9.0-14.0	1-2-5-2-1	0,06	0,6	7,1x10 ⁻⁶	PE=0,25 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	2	14.0-19.0	1-2-5-2-1	0	0	---	---
	3	19.0-24.0	1-2-5-2-1	0	0	---	---
	4	24.0-27.8	1-2-5-2-1	0	0	---	---
SRC - 04	1	2.0-5.0	1-2-5-2-1	perda de água total sem pressão em p ₂			PE=0,51 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	2	5.0-10.0	1-2-5-2-1	0,05	0,5	6,4x10 ⁻⁶	---
	3	10.0-15.0	1-2-5-2-1	0	0	---	PE=0,01 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	4	15.0-20.2	1-2-5-2-1	0	0	---	PE=0,02 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
SRC - 05	1	1.0-6.0	1-2-5-2-1	0,11	1,1	1,3x10 ⁻⁵	---
	2	6.0-11.0	1-2-5-2-1	0,06	0,6	7,0x10 ⁻⁶	---
	3	11.0-16.0	1-2-5-2-1	0,01	0,1	1,4x10 ⁻⁶	---
	4	16.0-20.0	1-2-5-2-1	0	0	---	---
SRC - 06	1	1.0-6.0	1-2-5-2-1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
	2	6.0-11.0	1-2-5-2-1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
	3	11.0-16.0	1-2-5-2-1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
	4	16.0-20.0	1-2-5-2-1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
SRC - 07	1	7.5-12.5	1-2-5-2-1	0,27	2,7	3,4x10 ⁻⁵	---
	2	12.5-17.5	1-2-5-2-1	0,05	0,5	6,6x10 ⁻⁶	PE=0,20 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	3	17.0-20.3	1-2-5-2-1	0,03	0,3	3,0x10 ⁻⁶	PE=1,12 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
SRC - 08	1	2.0-7.0	1-2-5-2-1	0	0	---	---
	2	7.0-12.0	1-2-5-2-1	0	0	---	---
	3	12.0-15.0	1-2-5-2-1	0	0	---	PE=0,04 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	4	15.0-20.0	1-2-5-2-1	0,03	0,3	3,7x10 ⁻⁶	---
SRC - 09	1	4.5-9.5	1-2-5-2-1	0	0	---	PE=0,01 UA p/p ₁ =1 kg/cm ²
	2	9.5-14.5	1-2-5-2-1	0	0	---	---
	3	14.5-19.3	1-2-5-2-1	0	0	---	---
SRC - 10	1	2.0-5.0	1-2-5-2-1	0,16	1,6	1,8x10 ⁻⁵	---
	2	5.0-10.0	1-2-5-2-1	0,11	1,1	1,4x10 ⁻⁵	---
	3	10.0-15.0	1-2-5-2-1	0,08	0,8	9,7x10 ⁻⁶	---
	4	15.0-20.5	1-2-5-2-1	0,04	0,4	5,1x10 ⁻⁶	---

Quadro 6.3 – Ensaio de perda de água: síntese de resultados (cont.)

sondagem	ensaio	prof. (m)	Pressão Manomét. (kg/cm ²)	Perda Esp.(UA) (l/min.m) (kg/cm ²)	UL (l/min.m) (10 kg/cm ²)	K (cm/s)	observações
SRC - 11	1	2.0-7.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,64	6,4	7,4x10 ⁻⁵	---
	2	7.0-12.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0,85 UA p/ p ₂ =2 kg/cm ²
	3	12.0-17.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
	4	17.0-20.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
SRC - 12	1	2.6-7.6	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,8	8,0	1,0x10 ⁻⁵	---
	2	7.6-12.6	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,16	1,6	2,1x10 ⁻⁵	---
	3	12.6-17.6	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0	0	---	---
	4	17.6-22.6	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0	0	---	---
	5	22.6-24.7	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0	0	---	---
SRC - 13	1	4.0-9.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0	0	---	---
	2	9.0-13.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	perda de água total sem pressão em p ₃			PE=0 UA p/ p ₁ e p ₂
	3	13.0-15.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0	0	---	---
	4	15.0-20.2	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,04	0,4	5,6x10 ⁻⁶	---
SRC - 15	1	1.0-6.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	obturação impossível			---
	2	6.0-11.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,04	0,4	5,6x10 ⁻⁶	---
	3	11.0-16.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,03	0,3	4,3x10 ⁻⁶	---
	4	16.0-21.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,03	0,3	3,8x10 ⁻⁶	---
	5	21.0-26.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,01	0,1	1,4x10 ⁻⁶	---
	6	26.0-30.0	1 - 2 - 5 - 2 - 1	0,01	0,1	7,1x10 ⁻⁷	---

Todos os boletins dos ensaios de perda de água são apresentados em anexo.

6.2.2 – Sondagens à pá e picareta e sondagens a trado

Com vista ao reconhecimento das potencialidades em materiais de construção, procedeu-se à execução de um conjunto de sondagens à pá e picareta (SPP) e sondagens a trado (ST) em relação com os terrenos situados a montante do local de barragem. No Quadro 6.4 apresenta-se a distribuição dos principais trabalhos realizados.

Quadro 6.4 – Sondagens à Pá e Picareta e a Trado: distribuição dos trabalhos

Designação da jazida	Nº e tipo de furos	Distância à barragem (m)
Jazida nº 1	41 SPP	2800
Jazida nº 2	150 SPP	6000
Jazida nº 3	74 SPP	ombreira direita
Areal nº 1	4 SPP	rio Figueiredo (montante)
Areal nº 1	25 ST	rio Figueiredo (montante)

A realização das sondagens e dos trados permitiu estimar a espessura de expurgo, observar directamente a natureza dos terrenos envolvidos, avaliar a espessura utilizável, assim como proceder à recolha de um conjunto de amostras para posterior caracterização laboratorial em termos de identificação e caracterização geotécnica dos materiais ocorrentes.

Este primeiro reconhecimento directo das potenciais jazidas visou aferir das qualidades e quantidades dos dois tipos de materiais seguintes:

- Solos finos resultantes da meteorização dos gnaisses (solos residuais)
- Aluviões arenosas que poderão ser utilizadas com vários fins, designadamente filtros, camadas de transição, inertes, etc..

A localização em planta de todas as sondagens à pá e picareta e trados realizados é apresentada em anexo.

Apresenta-se igualmente em anexo a síntese das principais características observadas nos locais propostos como jazidas e resultantes da execução das sondagens à pá e picareta e das sondagens a trado.

6.2.3 – Caracterização laboratorial

Sobre amostras de solo recolhidas nas sondagens à pá e picareta executadas nas jazidas referidas, realizaram-se ensaios de identificação, designadamente análises granulométricas por peneiração e limites de Atterberg.

No que se refere especificamente às aluviões “siltosas”, realizaram-se igualmente análises granulométricas por sedimentação. A síntese dos principais resultados obtidos nos ensaios de identificação sobre materiais terrosos é apresentada no Quadro 6.5, designadamente no que se refere às granulometrias (% das frações passadas) e limites de Atterberg (em %) incluindo-se para cada caso a respectiva Classificação U.S.C..

Em relação aos solos finos resultantes da alteração dos gnaisses, tratam-se de materiais de boa qualidade compostos essencialmente por areias argilosas (SC) e menos frequentemente por argilas magras (CL), com percentagens de finos variando entre 25 e 55 %, limites de liquidez (LL) entre 23 e 34 % e índices de plasticidade (IP) entre 8 e 14 %.

No que se refere aos resultados das amostras recolhidas nas SPP1 a SPP4 da jazida designada por areal nº 01, os solos objeto de ensaios de identificação são pertencentes à

cobertura “siltosa” das aluviões associada ao leito de cheias, tratando-se neste caso de materiais pouco interessantes em termos de utilização, essencialmente caracterizados como areias silto-argilosas (SC-SM), com percentagens de finos acima dos 80 %, LL entre 22 e 23 % e IP entre 6 e 7 %.

As restantes aluviões arenosas (areia média a grosseira) presentes sistematicamente na calha do rio e com espessuras interessantes, foram igualmente ensaiadas (sondagens a trado do areal nº 1 e areais nº 2 a 4), apresentando as curvas granulométricas boas características para diversos fins da obra como sejam filtros, drenos e inertes para concreto.

Todos os boletins com os ensaios de identificação são apresentados em anexo.

Quadro 6.5 - Caracterização laboratorial: Síntese dos ensaios de identificação

JAZIDA	PROF. (m)	FURO	SED 0.005	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	LL	IP	U.S.C.
J1	1.20	SPP 15	-	96	89	63	39	33	10	SC
J1	0.80	SPP 20	-	88	83	66	35	25	9	SC
J1	1.10	SPP 30	-	85	69	39	25	29	8	SC
J1	1.50	SPP 32	-	98	92	75	44	29	10	SC
J1	1.40	SPP 34	-	94	89	68	37	28	10	SC
J2	2.50	SPP 02	-	99	93	76	59	34	11	CL
J2	2.90	SPP 04	-	100	93	70	41	23	8	SC
J2	2.95	SPP 09	-	99	90	70	45	30	9	SC
J2	2.50	SPP 14	-	83	73	59	42	34	11	SC
J2	2.35	SPP 16	-	99	89	63	36	26	9	SC
J2	2.50	SPP 20	-	97	82	57	21	24	8	SC
J2	2.55	SPP 22	-	94	76	60	40	31	10	SC
J2	2.05	SPP 24	-	96	84	67	45	30	11	SC
J2	2.50	SPP 26	-	97	87	71	51	28	10	CL
J2	2.50	SPP 32	-	98	87	66	42	29	14	SC
J2	2.30	SPP 35	-	93	82	59	37	29	11	SC
J2	2.55	SPP 45	-	88	77	60	40	32	10	SC
J2	2.50	SPP 49	-	98	90	68	38	24	9	SC
J2	2.50	SPP 50	-	95	86	54	22	31	6	SM
J2	2.70	SPP 56	-	94	80	63	41	30	9	SC
J2	2.40	SPP 57	-	95	82	60	41	25	9	SC

Quadro 6.5 - Caracterização laboratorial: Síntese dos ensaios de identificação (cont.)

JAZIDA	PROF. (m)	FURO	SED 0.005	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	LL	IP	U.S.C.
J2	2.70	SPP 58	-	97	91	71	51	30	10	CL
J2	2.00	SPP 64	-	94	82	62	41	35	10	SM
J2	2.00	SPP 66	-	97	86	71	52	28	10	CL
J2	2.50	SPP 74	-	99	89	65	40	29	10	SC
J2	2.00	SPP 81	-	79	64	52	37	30	9	SC
J2	2.30	SPP 86	-	94	83	56	32	32	9	SC
J2	2.30	SPP 88	-	97	87	65	46	31	9	SC
J2	2.50	SPP 99	-	98	89	71	47	32	12	SC
J2	2.60	SPP 101	-	99	93	74	53	30	10	CL
J2	2.40	SPP 106	-	99	91	71	51	27	9	CL
J2	2.50	SPP 108	-	98	89	69	44	31	10	SC
J2	2.70	SPP 117	-	95	86	67	45	28	10	SC
J2	3.50	SPP 123	-	99	92	73	45	32	11	SC
J2	2.00	SPP 131	-	98	90	64	39	27	10	SC
J3		A	-	97	87	66	37	29	8	SC
J3		B	-	96	83	63	43	26	7	SM – SC
J3		C	-	97	87	68	48	32	10	SC
Areal nº1	2.10	SPP 1	12	100	100	99	85	23	7	SM – SC
Areal nº1	2.20	SPP 2	10	100	100	99	81	22	6	SM – SC
Areal nº1	2.50	SPP 3	10	100	100	99	85	23	6	SM – SC
Areal nº1	2.30	SPP 4	4	100	100	97	40	NR	NP	SM
Areal nº1	3.00–4.00	ST 01	-	100	100	82	19	-	-	-
Areal nº1	2.00–4.00	ST 02	-	100	99	94	54	-	-	-
Areal nº1	1.80–3.50	ST 03	-	100	100	100	72	-	-	-
Areal nº1	2.20–3.20	ST 05	-	100	100	99	12	-	-	-
Areal nº1	0.50	Cáp. 6	-	92	79	18	1	-	-	-
Areal nº2	0.80	Cáp. 8	-	91	78	41	1	-	-	-
Areal nº3	0.60	Cáp. 7	-	89	79	21	0	-	-	-
Areal nº4	0.70	Cáp. 5	-	97	87	35	1	-	-	-

Do conjunto de amostras recolhidas nas jazidas nº 1 e 2 foram selecionadas 14 para realização de ensaios de compactação do tipo Proctor normal, sendo 2 da jazida 1, e 12 da jazida 2. A síntese de resultados é apresentada no Quadro 6.6, onde se incluem para cada amostra os valores obtidos em termos de massa específica aparente seca máxima (γ_s máx) e de umidade ótima (W_{opt}).

Da observação dos resultados tem-se que a gama de valores registada para γ_s máx. e de W_{opt} indiciam boas características de consistência, de compactação e de colocação dos materiais finos em obra, estando situada dentro dos limites físicos de caracterização normalmente observados em numerosas barragens de aterro para formações de idêntica natureza geológica e geotécnica. Acresce que é bem patente a homogeneidade dos solos, o que facilita a sua exploração e posterior colocação no aterro.

Quadro 6.6 – Caracterização laboratorial: síntese dos ensaios de compactação

Jazida	Prof. (m)	Furo	γ_s máx. (g/cm ³)	W_{opt} (%)
J1	1.50	SPP 32	1.772	14.3
J1	1.40	SPP 34	1.823	12.6
J2	2.90	SPP 4	1.887	13.4
J2	2.50	SPP 14	1.800	16.5
J2	2.35	SPP 16	1.892	12.5
J2	2.05	SPP 24	1.810	16.8
J2	2.30	SPP 35	1.871	14.5
J2	2.55	SPP 45	1.824	13.5
J2	2.40	SPP 57	1.885	13.8
J2	2.00	SPP 64	1.820	13.4
J2	2.50	SPP 99	1.885	14.2
J2	2.70	SPP 117	1.878	14.1
J2	3.50	SPP 123	1.815	14.6
J2	2.00	SPP 131	1.832	13.1

6.3 – TRABALHOS EM CURSO

Relativamente ao eixo barrável, foi definida uma segunda fase de caracterização geotécnica composta da realização de sondagens mistas e à rotação, visando, por um lado, complementar o nível da informação geológica-geotécnica disponível, e por outro, esclarecer dúvidas pontuais

resultantes da obtenção de valores anormais de absorção de água (nos ensaios de perda de água de algumas sondagens) e/ou de espessuras de alteração de rocha.

Nesta fase foi já prevista a realização de sondagens no eixo do vertedouro visando confirmar a excelente qualidade do maciço rochoso, onde se fará a escavação do canal e da bacia de dissipação.

Assim, a segunda fase de caracterização geotécnica teve início durante o mês de Fevereiro de 2002 com a definição da campanha de sondagens que se apresenta em resumo no Quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Segunda fase de prospeção geotécnica: síntese dos trabalhos em curso

Localização	Designação do furo	Comprimento (m)	Inclinação	Ensaios de perda de água	Observações	
Vertedouro	SRC-V1	15	Vertical	Trechos de 5 m c/ 5 patamares de pressão	Eixo do vertedouro	
	SRC-V2	20	Vertical		Eixo do vertedouro	
	SRC-V3	15	Vertical		Eixo do vertedouro	
Ombreira Direita	SRC-14	20	20° / montante		30 m a jusante da SRC-06	
	SRC-16	20	Vertical			percussão/rotação
Calha do Rio	SM-17	25	Vertical		c/ SPT's nas aluviões	
	SM-18	20	Vertical			c/ SPT's nas aluviões
	SM-19	25	Vertical			c/ SPT's nas aluviões
	SM-20	25	Vertical			c/ SPT's nas aluviões
	SM-21	20	Vertical			c/ SPT's nas aluviões
O. esquerda	SRC-23	20	20° / montante	-		

Em complemento aos trabalhos apresentados no Quadro 6.7 está igualmente prevista a execução de duas sondagens à pá e picareta - SPP01 e SPP02 - perto da calha do rio para a confirmação da natureza dos materiais e dos contactos geológicos entre as aluviões e o maciço gnaissico.

Todos as sondagens correspondentes à 2ª fase de caracterização geotécnica encontram-se localizadas em planta no Desenho nº 1.

6.4 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA COMPLEMENTAR

Para além dos trabalhos já realizados e em curso, prevê-se que seja ainda efetuada uma caracterização geotécnica complementar, assentando na obtenção de um reconhecimento mais aprofundado em relação com as condições de fundação e de escavação ao nível do eixo

barrável e dos órgãos hidráulicos anexos, designadamente através da realização de uma campanha de sondagens a pá e picareta, assim como serão igualmente detalhadas as condições de exploração das jazidas, na perspetiva de uma adequada caracterização que avalie aspetos de qualidade e de quantidade dos materiais utilizáveis.

A caracterização de laboratório será complementada por forma a serem obtidos e conhecidos os parâmetros de comportamento geomecânico dos materiais das jazidas, quer através da realização de ensaios triaxiais e de permeabilidade sobre amostras finas dos solos constituintes do núcleo, quer designadamente através da execução de ensaios sobre amostras rochosas preparadas a partir das recuperações das sondagens efetuadas, como sejam a compressão simples, o desgaste e a alterabilidade.

O programa de caracterização geotécnica complementar será devidamente ponderado em função dos resultados a obter dos trabalhos em curso, sendo que a sua apresentação será atempadamente feita à SRH para a necessária aprovação.

7 – CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

7.1 – CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO

7.1.1 – Eixo barrável

Em função do reconhecimento geológico de superfície realizado e de acordo com os resultados das sondagens já executadas, considera-se que uma escavação de 1 a 2 m será em geral suficiente para se encontrar condições adequadas de fundação para os aterros da barragem.

Constituem exceção a este cenário a calha do rio e trechos muito pontuais, designadamente, na margem esquerda.

Na calha do rio e no leito de cheias, haverá que remover os aluviões para se atingir o maciço cristalino, que exibirá, por certo, excelentes condições de fundação. Essa remoção exigirá a escavação de cerca de 7 a 8 m na calha do rio e, provavelmente, será um pouco inferior na zona do leito de cheias.

Na ombreira esquerda, as sondagens SRC-07 e SRC-09 localizadas em vales secundários evidenciaram espessuras de alteração da rocha da ordem de 3,5 a 7 m, denunciando a necessidade de escavações pontuais mais profundas. Há que referir no entanto que esses solos residuais poderão constituir fundação adequada mesmo para os aterros do núcleo, desde que exibam baixa permeabilidade.

Para além da escavação das aluviões e dos solos de alteração, a criação de adequadas condições de fundação deverá igualmente incluir a escavação sob a forma de endentamento, em zonas de afloramentos de topografia vigorosa, do topo do maciço rochoso, de modo a ser conseguida uma boa ligação entre os aterros e a fundação e nalguns trechos, a escavação do maciço rochoso de boa qualidade, de forma a obterem-se superfícies adequadas à boa compactação dos aterros.

No perfil geotécnico constante do Desenho nº 1 apresenta-se uma linha provável de escavação para a fundação do núcleo da barragem, tendo em atenção a qualidade do maciço rochoso e a necessidade de escavar os afloramentos muito salientes que ocorrem em especial na ombreira esquerda.

7.1.2 – Órgãos hidráulicos anexos

Relativamente ao vertedouro, o reconhecimento efetuado (SRC-12) permite prever que a solução em canal escavado no maciço rochoso, numa profundidade de cerca de 10 a 15 m, necessitará de concretagem apenas na soleira descarregadora, no trecho imediatamente a jusante e nos muros laterais de entrada e confinantes das vazões.

A sondagem SRC-12 apresenta uma cobertura de areia fina e média, siltosa, com fragmentos de rocha até aos 2,1 m de profundidade, sendo que a partir daí foi encontrado um maciço rochoso composto por gnaisse migmatítico alterado a são, geralmente com valores de RQD entre 50 a 100 %, a maioria acima dos 75 %.

O volume de material rochoso escavado para implantação do vertedouro poderá ser reutilizado no aterro da barragem, contribuindo assim para uma otimização de recursos.

No final do canal do vertedouro prevê-se a execução de uma bacia de dissipação que interessará rocha de boa qualidade, de modo a assegurar que no trecho de restituição das vazões a jusante - que será escavado provavelmente num nível superficial composto por formações aluvionares - as velocidades de circulação sejam moderadas

Relativamente à fundação da tomada de água e descarga de fundo, apenas haverá que minimizar eventuais estrangimentos relativos às formações aluvionares de menor consistência e freqüentemente saturadas, ocorrentes no leito de cheias do rio, fundando-se a galeria e a torre de tomada de montante no maciço rochoso de boa qualidade e adequadas características geomecânicas.

Como apresentado no capítulo 6.4, estão em curso de execução um conjunto de sondagens que irão complementar o reconhecimento das condições de fundação dos órgãos hidráulicos anexos, por forma a serem otimizadas quer as soluções construtivas quer a própria reutilização de materiais a promover.

7.2 – TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

No que se refere às características hidráulicas do maciço de fundação, os diversos ensaios de perda de água executados nas 14 sondagens ao longo de todo o eixo barrável revelaram, na generalidade, a ocorrência de reduzidas absorções, na maioria dos casos com valores inferiores a 1 Lugeon, sendo mesmo nulos em muitos dos trechos ensaiados.

Conforme já assinalado no ponto 6.2.1, existem algumas situações onde os trechos superficiais evidenciaram absorções relativamente mais importantes, provavelmente correspondentes a fraturas abertas em trechos localizados por descompressão das formações.

Relativamente à sondagem SRC-02, realizada na calha do rio, por se tratar do local em que a altura de barragem é a maior e porque a tendência a uma percolação montante-jusante será mais pronunciada, considera-se prudente, de acordo com os dados disponíveis à data, prever a execução de um tratamento de impermeabilização com cortina de injeções cimentícias levada até uma profundidade máxima que se estima da ordem dos 15 m abaixo do nível de escavações preconizadas para a fundação do núcleo da barragem e numa extensão de cerca de 170 m (ver Desenho nº 1). As sondagens em curso na calha do rio, localizadas cerca de 40 m a jusante das já executadas irão permitir melhor informação sobre esta questão.

O tratamento da fundação se vier a reconhecer-se necessário consistirá na execução de uma fiada única, com os furos inclinados 20° com a vertical, para montante, dispostos em quincôncio e distando entre si 3 m (ver pormenorização no Desenho nº 1).

A definição da inclinação do tratamento ponderou o diagrama de fraturas apresentado na Fig. 3.1 e a sua distribuição espacial e importância relativa, bem como as condições técnicas de execução.

A cortina de injeções cimentícias será realizada com o objectivo de diminuir a percolação de caudais através da fundação da barragem, reduzindo desta forma as perdas por infiltração e de impedir o estabelecimento de pressões elevadas no contato aterro-fundação, em particular no que se refere aos materiais finos.

Como se pode observar no Desenho nº 1, a cortina encastrará na maior parte do seu desenvolvimento, no maciço considerado impermeável, isto, é, com absorções médias inferiores a 1 Lugeon.

A metodologia de execução da cortina de impermeabilização prevê a realização de furos primários espaçados de 24 m, secundários espaçados de 24 m, ternários espaçados de 12 m e quaternários espaçados de 6 m. Em zona em que as intervenções tiverem absorções superiores a 30 kg/m far-se-ão furos de verificação.

Prevê-se que todos os furos primários e secundários sejam objeto da execução de ensaios de permeabilidade ao longo de toda a sua extensão. Quanto aos furos ternários e quaternários

serão objeto de ensaios no trecho final de injeção. Metade dos furos primários será objeto de recuperação de testemunho.

Considera-se que o diâmetro mínimo dos furos será da ordem de 50 mm, com exceção dos furos com recuperação de amostra cujo diâmetro será de 76 mm.

Relativamente aos trechos de perdas totais de água sem pressão registadas ao nível da sondagem SRC-06, a observação das recuperações da sondagem não parece revelar um comportamento deficiente do maciço, pelo que se estima serem adequadas as características hidráulicas neste local não carecendo de tratamento de impermeabilização o que deverá ser confirmadas através da execução de uma sondagem complementar atualmente em curso (SRC-14).

Na restante extensão de barragem, prevê-se que após realizadas as escavações para a fundação dos aterros se faça uma inspeção detalhada do maciço, no sentido de serem despistadas eventuais fraturas que necessitem de um tratamento cimentício localizado, não se considerando justificável a adoção de um tratamento mais sistemático.

Em caso de identificação de fraturas localizadas e numa perspectiva de regularização e melhoria das condições hidráulicas, poderá igualmente ser aconselhável construir o aterro do núcleo sobre uma camada pouco espessa de concreto projetado, aplicado imediatamente antes da colocação da primeira camada.

7.3 – MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A solução adotada para o corpo da barragem corresponde a um perfil tipo de enrocamento com núcleo argiloso, solução que permite otimizar as disponibilidades de materiais de construção reconhecidas.

Esta solução exigirá um volume da ordem de 700 mil metros cúbicos de solos finos para construção do núcleo, que se constitui como o elemento de estanqueidade dos aterros.

Foi assim feito o reconhecimento geológico de uma zona abrangendo a área envolvente do eixo da barragem e identificadas áreas potencialmente adequadas à exploração deste tipo de materiais. Tratam-se de jazidas de saibros resultantes da meteorização dos gnaisses, com volumes exploráveis da ordem de 200 000 m³ – jazida 1 mais próxima do local de barragem – e de 1 milhão de metros cúbicos – jazida 2 junto à estrada Alto Santo – Iracema, localizada a cerca de 6 km, em linha reta, da ombreira esquerda da barragem (ver Desenho nº 2).

O enchimento da calha do rio com aluviões arenosas em grande quantidade permite prever que não haverá qualquer dificuldade na exploração próxima do eixo da barragem, de cerca de 200 mil m³ de areias de boa qualidade que poderão ser utilizadas como materiais de filtro e como inertes para o concreto (ver caracterização laboratorial dos areais nº 1 a 4 no ponto 6.2.3).

Também na área interessada pela bacia hidráulica, designadamente nas proximidades do eixo da barragem, ocorrem grandes afloramentos de gnaisses migmatíticos e de granitos gnaissoides, que permitem, sem dificuldade, obter grandes volumes de rocha sã, adequada quer para os aterros de enrocamento, enrocamento de proteção e inertes a utilizar na fabricação do concreto.

Foram exploradas diversas pedreiras a distâncias de apenas alguns quilômetros que poderiam ser retomadas, o que não parece necessário, já que este tipo de material poderá ser explorado na proximidade das obras, através da abertura de novas pedreiras.

As próprias escavações que serão levadas a cabo para regularizar a superfície de fundação da barragem e as escavações para implantação do vertedouro darão origem a volumes significativos de materiais rochosos adequados, designadamente, para a construção dos aterros de enrocamento da barragem, que no entanto não chegarão para garantir o volume total de cerca de 1,5 milhões de m³.

Lisboa, Fevereiro de 2002

Pelo Consórcio COBA/VBA

Jorge Vazquez
Coordenador dos Estudos

B - ANEXOS

C - PEÇAS DESENHADAS

SONDAGENS MISTAS E À ROTAÇÃO

ENSAIOS DE PERDA DE ÁGUA

JAZIDAS – GRÁFICOS DE SONDAGEM

Jazida nº 01: Síntese das principais características observadas

Número SPP	Profundidade	Descrição
1	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 1.00	Silte argiloso amarelo claro
2	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.00	Silte argiloso roseo claro
3	0.00 – 1.00	Silte argiloso roseo claro
4	0.00 – 0.85	Silte argiloso roseo claro
5	0.00 – 1.00	Argila siltosa amarelo claro
6	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.10	Argila siltosa com pedregulho fino avaregado
7	0.00 – 1.10	Argila siltosa cinza escuro
8	0.00 – 1.10	Silte argiloso roseo claro
9	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.00	Argila siltosa amarela
10	0.00 – 0.80	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
11	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.10	Silte argiloso roseo claro
12	0.00 – 0.75	Silte argiloso roseo claro
13	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 1.10	Silte argiloso roseo claro
14	0.00 – 0.80	Silte argiloso cinza escuro
15	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 1.20	Silte argiloso roseo claro
16	0.00 – 1.00	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
17	0.00 – 0.90	Argila siltosa amarela escuro
18	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.15	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
19	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.10	Argila siltosa amarela
20	0.00 – 1.20	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo
21	0.00 – 0.80	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
22	0.00 – 1.40	Silte argiloso roseo claro
23	0.00 – 0.20	Expurgo

Jazida nº 01: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
	0.20 – 1.10	Silte arenoso cinza claro
24	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.25	Silte argiloso roseo
25	0.00 – 0.75	Silte argiloso roseo claro
26	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.40	Argila siltosa roseo escuro
27	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.10	Silte argiloso roseo claro
28	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 1.30	Silte argiloso roseo claro
29	0.00 – 0.90	Silte argiloso p/ arenoso roseo
30	0.00 – 1.30	Silte arenoso c/ alteração de rocha roseo
31	0.00 – 1.20	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
32	0.00 – 0.25	Expurgo
	0.25 – 1.50	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
33	0.00 – 1.00	Silte argiloso roseo escuro
34	0.00 – 0.10	Expurgo
	0.10 – 1.30	Silte argiloso roseo claro
35	0.00 – 0.80	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo
36	0.00 – 0.80	Silte arenoso roseo claro
37	0.00 – 0.80	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo
38	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
39	0.00 – 1.10	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
40	0.00 – 1.40	Silte argiloso roseo claro
41	0.00 – 0.90	Argila siltosa amarela

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas

Número SPP	Profundidade	Descrição
1	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.90	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
2	0.00 – 2.50	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro c/ pedregulho fino
3	0.00 – 2.80	Silte argiloso roseo claro
4	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.90	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
5	0.00 – 0.25	Expurgo
	0.25 – 2.75	Silte argiloso roseo claro
6	0.00 – 2.10	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
7	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso p/ arenoso c/ pedregulho fino roseo claro
8	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.40	Silte argiloso roseo claro
9	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.95	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
10	0.00 – 2.60	Silte argiloso roseo claro
11	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.55	Silte argiloso roseo claro
12	0.00 – 0.20	Silte argiloso roseo claro
13	0.00 – 2.65	Silte argiloso roseo claro
14	0.00 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
15	0.00 – 2.20	Silte argiloso roseo claro c/ pedregulho fino a médio
16	0.00 – 2.35	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro
17	0.00 – 2.60	Silte argiloso c/ pedregulho roseo claro
18	0.00 – 2.00	Silte argiloso c/ pedregulho roseo claro
19	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.50	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro
20	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.30	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
21	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.45	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro
22	0.00 – 0.20	Expurgo

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
	0.20 – 2.55	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro
23	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.70	Silte argiloso roseo claro
24	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.05	Silte argiloso roseo claro
25	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
26	0.00 – 2.45	Silte argiloso roseo claro
27	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
28	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.85	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
29	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.15	Silte argiloso roseo claro
30	0.00 – 2.50	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
31	0.00 – 1.30	Silte argiloso roseo claro
32	0.00 – 2.50	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
33	0.00 – 2.10	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro
34	0.00 – 2.30	Silte argiloso roseo claro
35	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
36	0.00 – 1.90	Silte argiloso roseo claro
37	0.00 – 1.30	Silte argiloso roseo claro
38	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
39	0.00 – 1.90	Silte argiloso roseo claro
40	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
41	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 1.80	Silte argiloso roseo claro
42	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.20	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
43	0.00 – 1.50	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
44	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.20	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
45	0.00 – 0.15	Expurgo

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
	0.15 – 2.40	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
46	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.80	Silte argiloso roseo claro
47	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.00	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
48	0.00 – 2.10	Silte argiloso roseo claro
49	0.00 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
50	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
51	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.00	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
52	0.00 – 1.60	Silte argiloso roseo claro
53	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.25	Silte argiloso roseo claro
54	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.30	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
55	0.00 – 1.90	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
56	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.70	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
57	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.40	Silte argiloso roseo claro
58	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.70	Silte argiloso roseo claro
59	0.00 – 2.40	Silte argiloso roseo claro
60	0.00 – 0.10	Expurgo
	0.10 – 1.60	Silte argiloso c/ pedregulho fino cinza escuro
61	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.35	Silte argiloso roseo claro
62	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.30	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
63	0.00 – 2.20	Silte argiloso roseo claro
64	0.00 – 2.00	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
65	0.00 – 1.70	Silte argiloso cinza claro
66	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
67	0.00 – 2.30	Silte argiloso roseo claro
68	0.00 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
69	0.00 – 2.25	Silte argiloso roseo claro
70	0.00 – 1.10	Silte argiloso cinza escuro
71	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo
72	0.00 – 2.40	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
73	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.35	Silte argiloso roseo claro
74	0.00 – 0.10	Expurgo
	0.10 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
75	0.00 – 2.20	Silte argiloso roseo claro
76	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.20	Silte argiloso roseo claro
77	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.30	Silte argiloso roseo claro
	1.30 – 2.50	Silte arenoso p/ argiloso amarelo
78	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.40	Silte argiloso amarelo claro
79	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso avaregado amarelado
80	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.20	Silte argiloso roseo claro
81	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
82	0.00 – 1.70	Argila siltosa roseo escuro
83	-	A partir dos 0,45 cm deu alteração de rocha
84	0.00 – 1.10	Silte arenoso p/ argiloso amarelo
85	0.00 – 1.30	Silte argiloso p/ arenoso cinza claro
86	0.00 – 0.30	Expurgo
	0.30 – 2.30	Silte argiloso p/ arenoso amarelo
87	0.00 – 2.30	Silte argiloso roseo escuro

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
88	0.00 – 2.50	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo escuro
89	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
90	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.30	Silte argiloso roseo claro
91	0.00 – 1.40	Silte argiloso c/ pedregulho fino roseo escuro
92	0.00 – 0.90	Silte argiloso roseo claro
93	0.00 – 0.55	Silte arenoso roseo claro; 0,55 cm - alteração de rocha
94	0.00 – 0.50	Silte argiloso cinza claro
95	0.00 – 1.30	Silte argiloso amarelo
96	0.00 – 0.10	Expurgo
	0.10 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
97	0.00 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
98	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.80	Silte argiloso roseo claro
99	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
100	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
101	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.60	Silte argiloso c/ pedregulho roseo claro fino a médio
102	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
103	0.00 – 1.20	Silte argiloso roseo claro
104	0.00 – 0.50	Silte argiloso cinza claro
105	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso amarelo
106	0.00 – 2.40	Silte argiloso roseo claro
107	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.60	Silte argiloso roseo claro
108	0.00 – 2.00	Silte argiloso roseo claro
109	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.50	Silte argiloso roseo claro

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
110	0.00 – 2.20	Silte argiloso c/ pedregulho fino a médio roseo claro
111	0.00 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
112	0.00 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
113	0.00 – 1.10	Silte argiloso roseo claro
114	0.00 – 1.60	Silte arenoso p/ argiloso amarelo
115	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 1.80	Silte argiloso roseo e amarelo claro
116	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.80	Silte argiloso roseo claro p/ arenoso
117	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.70	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
118	0.00 – 2.40	Silte argiloso roseo escuro
119	0.00 – 1.50	Silte arenoso roseo
120	0.00 – 1.00	Silte arenoso cinza
121	0.00 – 2.40	Silte argiloso roseo claro
122	0.00 – 2.45	Silte argiloso roseo claro
123	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Silte argiloso roseo claro
124	0.00 – 2.55	Silte argiloso roseo claro
125	0.00 – 0.15	Expurgo
	0.15 – 2.40	Silte argiloso roseo claro
126	0.00 – 2.80	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
127	0.00 – 2.90	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
128	0.00 – 2.70	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
129	0.00 – 3.00	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
130	0.00 – 1.80	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
131	0.00 – 2.60	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
132	0.00 – 1.80	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
133	0.00 – 2.20	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
134	0.00 – 2.40	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
135	0.00 – 2.70	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
136	0.00 – 2.20	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado

Jazida nº 02: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
137	0.00 – 2.90	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
138	0.00 – 2.70	Silte argiloso amarelo avermelhado
139	0.00 – 2.80	Silte argiloso amarelo avermelhado
140	0.00 – 2.60	Silte argiloso pouco arenoso amarelo avermelhado
141	0.00 – 3.00	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
142	0.00 – 3.00	Silte argiloso amarelo avermelhado
143	0.00 – 2.30	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
144	0.00 – 2.60	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
145	0.00 – 1.50	Silte argiloso amarelo avermelhado
146	0.00 – 1.80	Silte arenoso amarelo avermelhado
147	0.00 – 1.70	Silte argiloso amarelo avermelhado
148	0.00 – 2.00	Silte argiloso amarelo avermelhado
149	0.00 – 1.50	Silte arenoso pouco argiloso amarelo avermelhado
150	0.00 – 1.40	Silte arenoso c/ pedregulho fino amarelo avermelhado

Jazida nº 03: Síntese das principais características observadas

Número SPP	Profundidade	Descrição
1	0.00 – 0.90	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
2	0.00 – 0.80	Silte arenoso roseo claro
3	0.00 – 0.90	Silte argiloso p/ arenoso roseo escuro
4	0.00 – 0.90	Silte arenoso p/ argiloso rosa claro
5	0.00 – 0.90	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
6	0.00 – 1.00	Silte argiloso p/ arenoso amarelo
7	0.00 – 0.80	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
8	0.00 – 0.90	Silte arenoso roseo claro
9	0.00 – 0.80	Silte arenoso roseo claro
10	0.00 – 0.90	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
11	0.00 – 0.85	Silte arenoso p/ argiloso roseo
12	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso vermelho
13	0.00 – 0.70	Silte arenoso roseo claro
14	0.00 – 0.80	Silte arenoso roseo claro
15	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
16	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
17	0.00 – 1.00	Silte argiloso p/ arenoso roseo
18	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso roseo
19	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
20	0.00 – 0.60	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
21	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
22	0.00 – 1.40	Silte arenoso p/ argiloso vermelho
23	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
24	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
25	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
26	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
27	0.00 – 0.70	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
28	0.00 - 0.90	Silte arenoso p/ argiloso vermelho
29	0.00 – 1.00	Silte argiloso roseo claro
30	0.00 – 0.80	Silte arenoso roseo claro
31	0.00 – 0.70	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
32	0.00 – 1.30	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro

Jazida nº 03: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
33	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
34	0.00 – 0.70	Silte argiloso roseo claro
35	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
36	0.00 – 1.20	Silte arenoso p/ argiloso roseo
37	0.00 – 0.90	Silte arenoso p/ argiloso roseo
38	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso c/ pedregulho fino roseo claro
39	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
40	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro
41	0.00 – 0.60	Silte arenoso p/ argiloso roseo
42	0.00 – 0.90	Silte arenoso p/ argiloso roseo
43	0.00 – 0.50	Silte argiloso roseo claro
44	0.00 – 0.50	Silte argiloso roseo claro
45	0.00 – 0.70	Silte arenoso roseo
46	0.00 – 0.90	Silte argiloso roseo claro
47	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo
48	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo
49	0.00 – 1.00	Silte argiloso roseo claro
50	0.00 – 0.60	Silte argiloso roseo claro
51	0.00 – 0.70	Silte arenoso p/ argiloso roseo
52	0.00 – 0.60	Silte argiloso roseo
53	0.00 – 0.70	Silte arenoso roseo
54	0.00 – 0.70	Silte arenoso roseo
55	0.00 – 0.70	Silte argiloso roseo
56	0.00 - 0.90	Silte argiloso roseo claro
57	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso
58	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo
59	0.00 – 1.00	Silte argiloso roseo claro
60	0.00 – 0.80	Silte arenoso roseo claro
61	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
62	0.00 – 0.70	Silte argiloso p/ arenoso roseo claro
63	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
64	0.00 – 0.70	Silte arenoso p/ argiloso roseo claro

Jazida nº 03: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número SPP	Profundidade	Descrição
65	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo
66	0.00 – 0.80	Silte argiloso roseo claro
67	0.00 – 0.70	Silte arenoso p/ argiloso roseo
68	0.00 – 0.70	Silte arenoso cinza
69	0.00 – 0.70	Silte arenoso p/ argiloso roseo
70	0.00 – 0.70	Silte arenoso
71	0.00 – 0.60	Silte arenoso amarelo
72	0.00 – 0.50	Silte arenoso amarelo
73	0.00 – 0.80	Silte arenoso p/ argiloso roseo
74	0.00 – 1.00	Silte arenoso p/ argiloso roseo

Areal nº 01: Síntese das principais características observadas

Número	Profundidade	Descrição
SPP 1	0.00 – 2.10	Silte arenoso p/ argiloso cinza escuro
SPP 2	0.00 – 2.10	Silte arenoso p/ argiloso cinza escuro
SPP 3	0.00 – 2.20	Silte arenoso p/ argiloso cinza escuro
SPP 4	0.00 – 2.50	Silte arenoso p/ argiloso cinza escuro
ST – 01	0.00 – 1.00	Areia média a grossa
ST – 02	0.00 – 0.25	Expurgo
	0.25 – 1.80	Areia média a grossa
ST – 03	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 1.50	Areia média a grossa
ST – 04	0.00 – 0.30	Expurgo
	0.30 – 5.30	Areia média a grossa
ST – 05	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.50	Areia média a grossa
ST – 06	0.00 – 0.20	Expurgo
	0.20 – 2.00	Areia média a grossa
ST – 07	0.00 – 0.30	Expurgo
	0.03 – 1.15	Areia fina a média
	1.15 – 2.20	Areia média a grossa
ST – 08	0.00 – 0.20	Expurgo silte
	0.20 – 1.40	Areia fina a média
	1.40 – 4.80	Areia média a grossa
ST – 09	0.00 – 3.20	Areia média a grossa
ST – 10	0.00 – 1.55	Areia fina a média
	1.55 – 5.00	Areia grossa
ST – 11	0.00 – 0.35	Expurgo silte cinza escuro
	0.35 – 1.05	Areia fina
	1.05 – 3.00	Areia grossa a média
ST – 12	0.00 – 0.30	Expurgo silte arenoso
	0.30 – 0.90	Areia fina
	0.90 – 4.50	Areia média a grossa
ST – 13	0.00 – 1.00	Areia média a grossa
	1.00 – 2.80	Areia média a grossa

Areal nº 01: Síntese das principais características observadas (cont.)

Número	Profundidade	Descrição
ST - 14	0.00 – 1.50	Areia grossa
ST - 15	0.00 – 1.10	Areia fina a média
	1.10 – 5.40	Areia média a grossa
ST - 16	0.00 – 1.20	Areia fina a média
	1.20 – 4.50	Areia média a grossa
ST - 17	0.00 – 3.10	Areia média a grossa
ST - 18	0.00 – 1.30	Areia fina a média
	1.30 – 4.50	Areia média a grossa
ST - 19	0.00 – 2.10	Areia média a grossa
ST - 20	0.00 – 1.05	Silte argiloso cinza escuro
	1.05 – 3.00	Areia grossa a média
ST - 21	0.00 – 1.80	Areia média a grossa
ST - 22	0.00 – 1.50	Areia média a grossa
ST - 23	0.00 – 2.50	Areia média a grossa

CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL

Análises Granulométricas por Peneiramento

Análises Granulométricas por Sedimentação

Limites de Liquidez e de Plasticidade

Ensaio de compactação

JAZIDAS – CROQUIS DE LOCALIZAÇÃO