

**BARRAGEM MELANCIA**

**MÓDULO II – ESTUDOS BÁSICOS, ANTEPROJETOS E AVALIAÇÕES**

**VOLUME I – ESTUDOS BÁSICOS**

**TOMO 4 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS**

**EDITADO EM MARÇO DE 2006**

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 - GEOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
2.1 - GEOLOGIA REGIONAL .....	11
2.2 - GEOLOGIA LOCAL .....	14
<b>3 - GEOTECNIA</b> .....	<b>22</b>
3.1 - GENERALIDADES .....	22
3.2 - DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS .....	22
<b>3.2.1 - Sondagens a Pá e Picareta</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.2 - Sondagens a Percussão</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2.3 - Sondagens Mistas</b> .....	<b>25</b>
3.3 - ENSAIOS IN SITU .....	26
<b>3.3.1 - Ensaios de Permeabilidade Com Carga Constante</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3.2 - Ensaios de Perda d'água Específica</b> .....	<b>27</b>
3.4 - PESQUISA DE JAZIDAS .....	28
<b>3.4.1 - Generalidades</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4.2 - Jazidas de Solo (Empréstimos 1 e 2)</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4.3 - Jazidas de Areia (AREAL 1)</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4.4 - Pedreira (P1)</b> .....	<b>30</b>
3.5 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO .....	31
3.6 – ESTUDO COMPLEMENTAR .....	32
<b>3.6.1 - Jazidas de Solo (Empréstimos 1)</b> .....	<b>32</b>

<b>3.6.2- Ensaaios de Laboratório.....</b>	<b>33</b>
--	-----------

**ANEXOS:**

**ANEXO A – ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

**ANEXO B – SONDAgens**

**ANEXO C – DESENHOS**

**ANEXO D – ESTUDOS REALIZADOS EM 1984**

## **APRESENTAÇÃO**

## **APRESENTAÇÃO**

O consórcio KL - Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A, no âmbito do contrato Nº11/PROGERIRH/CE/SRH/2003 do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH tem por finalidade a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais, Econômicas, Eias - Rimas, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica referentes às Barragens: Mamoeiro, Riacho do Meio, Melancia e Jucá e Adutoras de Antonina do Norte, Granjeiro, Croatá e Ipueiras.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são apresentados na seqüência:

Módulo I: Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I: Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras

**Módulo II: Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações**

**VOLUME I: Estudos Básicos**

TOMO 1 – Relatório Geral – Textos

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

**TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos**

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojetos

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo

VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

Módulo III: Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA/RIMA)

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Detalhamento do Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório final de Reassentamento

Módulo VI: Projeto Executivo das Adutoras

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos

TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto

VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo

TOMO 2 – Memória de Cálculo

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Módulo VII: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

O presente relatório que trata da **Barragem Melancia**, aqui nomeado como Volume I – Estudos Básicos, Tomo 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos, é parte integrante do Módulo II – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações.



## **1 - INTRODUÇÃO**

## 1 - INTRODUÇÃO

As investigações executadas para caracterização geológico-geotécnica da região das obras, foram divididas em duas fases, a saber: estudos geológicos de superfície e investigações geotécnicas de subsuperfície.

Os estudos geológicos de superfície constaram do mapeamento geológico do sítio barrável, área do sangradouro e estudos de reconhecimento superficial dos materiais a serem utilizados na construção da barragem e estruturas adjacentes.

As sondagens de subsuperfície efetuadas ao longo do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos consistiram na Abertura de Poços de Inspeção a Pá e Picareta (SPP), Sondagens a Percussão (SP), Sondagens Mistas (SM) e Sondagens Rotativas (SR) com ensaios “in situ” do tipo Perda d’água Específica e Permeabilidade com carga constante (LE FRANC).

É interessante ressaltar que, quando da execução das investigações geotécnicas, houve extração de amostras deformadas de solo do eixo barrável e das jazidas, de modo a se proceder às análises de laboratório indispensáveis à caracterização dos materiais existentes na região.

Todos os procedimentos utilizados seguiram as normas preconizadas pela ABNT.

As investigações geotécnicas de subsuperfície executadas neste estudo têm o objetivo de confirmar a caracterização geotécnica completa feita em 1984 para o DNOCS. O relatório completo dos estudos executados em 1984 encontra-se no ANEXO D – ESTUDOS REALIZADOS EM 1984, que daqui por diante chamaremos apenas de ANEXO D.

## **2 – GEOLOGIA**

## 2 - GEOLOGIA

### 2.1 - GEOLOGIA REGIONAL

A descrição da Geologia Regional é apresentada neste relatório com base em pesquisa bibliográfica de trabalhos de geologia realizados na região, tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em convênio com o Governo do Estado do Ceará, em 1983.

A área em estudo é ocupada por rochas cristalinas do Proterozóico Inferior, e está inserida em um extenso pediplano, que consiste de um conjunto profundamente arrasado, cuja forma suavemente ondulada é interrompida por forte ruptura de declive com os morros e serrotes residuais formados por migmatitos e gnaisses diversos. São encontradas também formações mais recentes, pertencentes ao Cenozóico, agrupando sedimentos inconsolidados de idade Tercio-quadernária (coberturas colúvio-eluviais) e sedimentos Quaternários que se acumulam nas calhas e margens dos rios (aluviões). As unidades litoestratigráficas mapeadas na região pelo Projeto RadamBrasil – vol. 23 (Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal), escala 1:500.000, foram descritas da seguinte forma:

**Complexo Tamboril-Santa Quitéria (PXtsq):** apresenta uma morfologia uniformemente elevada e tem contatos transicionais para com as rochas cristalinas circunjacentes, Compreende litologias altamente migmatizadas, apresentando uma zonação da periferia para o núcleo, começando com gnaisses e migmatitos foliados, passando para migmatitos homogêneos, com culminações granitóides nas porções mais centrais da unidade. Estruturalmente trata-se de domo gnaiss-granito, também chamado de domo migmatítico. Está orientado segundo “trend” da estruturação regional. Os corpos granitóides pertencentes às porções centrais deste domo são petrograficamente, constituídos por granitos granodioritos de grã média a grossa equigranulares ou porfiróides. Esta unidade está inserida na porção noroeste/oeste da bacia hidráulica, com ocorrência predominante nas localidades de Uruburetama, Itapajé e outras.

**Pré-Cambriano indiferenciado estratigraficamente - 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. A biotita-quartzo-feldspato gnaiss exibe 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, 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.

As estruturas regionais são designadas como lineamentos, geossuturas e ou zonas de cisalhamento. De um modo geral, os lineamentos, representando extensa zona de falha, condicionam a estruturação de sistemas de blocos afundados, posteriormente preenchidos por seqüências sedimentares, ou, simplesmente, seccionam extensas áreas pré-cambrianas, formando blocos orogenéticos de Itapajé, por exemplo. Normalmente, estes falhamentos são recobertos por sedimentos mesocenozóicos, que deixam entrever tal assertiva, pelo alinhamento de drenagem em visível continuidade com as linhas de falhas desenvolvidas em terrenos adjacentes.

**Grupo Ceará (PCe):** compreende seqüências ectiníticas com quartzito na base, seguido de xistos, filitos, gnaisses e lentes carbonáticas no topo da seqüência. O quartzito, o filito e a fácies carbonática podem, localmente, estar ausentes. Em todas as ocorrências a unidade mostra-se dobrada, quer como sinclinais assimétricas em sua forma mais comum, quer como braquissinclinal, sinclinal revirada, ou ainda intensamente dobrada, limitada por falhamento. Esta unidade ocorre geralmente na forma de faixas estreitas e alongadas, concordantes com a estrutura regional. Seus contatos com as rochas circunjacentes são normais, nítidos e retilíneos, às vezes falhados. Outra característica é o quartzito basal apresentar a morfologia de cristas alongadas em apenas um dos flancos das sinclinais. A sinclinal que passa por Umirim – Açude Caxitoré tem uma extensão de aproximadamente 50 Km e largura média de 3 Km.

**Diques Ácidos (PSy):** são agrupadas nesta unidade as rochas filoneanas, com caráter ácido a hiperácido, como granitos, aplitos, pegmatitos e veios quartzosos. Os diques graníticos geralmente são de cor cinza-clara, biotíticos, de granulação fina a média. Formam matacões quando intemperizados, devido a fraturas subperpendiculares a sua orientação, às vezes formando pequenas elevações. Os veios de quartzo e de sílica cripto-cristalina geralmente formam cristas alongadas e finas, mostrando-se bastante fraturados; são de cor creme ou branca leitosa e exibem uma granulação microcristalina ou afanítica. Devido à degradação mecânica, facilitada pelo fraturamento, o solo, em torno destas rochas é coberto por pedregulho quartzoso. Os pegmatitos não são mapeáveis. Estão preenchendo, preferencialmente, fraturas com as direções NW, NE ou N-S. Contêm grande quantidade de feldspatos e quartzo com incrustações de turmalina (afrisita).

**Grupo Barreiras Indiviso – TQbi:** Litologicamente, se caracteriza por arenitos argilosos de coloração variegada em tons avermelhados, amarelados e esverdeados, com matriz argilo-caulínica, com cimento argiloso, granulação fina à média, com leitos conglomeráticos e por vezes, nódulos lateríticos na base. No topo podem ser encontrados, areias sílicas bem classificadas. Apresentam estruturas de estratificação cruzada e discreta estratificação plano-paralela/fluvial.

**Coberturas Colúvio-Eluviais (TQc):** As coberturas sedimentares de espraiamento aluvial incluem os capeamentos de planalto de colúvios holocênicos. São sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, de tom creme, de granulometria fina a média, ocasionalmente mais grosseira, inconsolidado 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 a creme, mal selecionados.

**Aluviões (Qha):** compreendem as faixas alongadas, estreitas e sinuosas depositadas nas calhas dos rios, predominantemente orientadas segundo NE e NNE. A espessura das aluviões é de um modo geral pequena, via de regra oscilando entre 1 a 5 metros. Constituem argilas e areias argilosas ou siltes areno-argilosos de granulação fina, nas margens dos rios principais, formando terraços aluvionares, e areias de granulação média a grossa, com concentrações de cascalhos, nos leitos dos rios.

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.

### **Caracterização Estrutural**

A bacia hidrográfica da Barragem Melancias, está localizada em zona de domínio de rochas do Pré-Cambriano Indiferenciado estratigraficamente PI(B), que sofre um controle estrutural ao longo dos seus eixos de drenagem, através de zonas de falhas e fraturas indiscriminadas (segundo carta geológica da CPRM – Projeto Radam Brasil), com direção preferencial NE/SW. Não foram observadas ocorrências de fraturas com representatividade, no interior da bacia.

### **Metamorfismo**

A grande variedade de rochas que constituem a Unidade Pré-Cambriana Indiferenciada – Petsq e PI(B) são resultantes 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 metamorfismos. Caracteriza-se pela presença constante de migmatização, que em certos casos leva a mesma a uma homogeneização total, originando núcleos e/ou domos granitóides.

Nestes corpos observa-se uma forte lineação marginal que forma a região transicional entre os domos gnaiss-migmatítico-granítico e as rochas circundantes, cujos elementos planares vão sendo diluídos da periferia para o núcleo. Nas porções centrais destes corpos, são encontradas rochas graníticas, no lato sensu, cuja formação é derivada da culminação dos processos anatéticos.

É apresentado a seguir (Figura 2.1.1) o esboço geológico regional, abrangendo a bacia hidráulica.

## 2.2 - GEOLOGIA LOCAL

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

A geologia do sítio da Barragem, principalmente no local de implantação do eixo barrável, apresenta uma situação geológica característica da região, pois a área situa-se sobre rochas metamórficas do tipo migmatitos e gnaisses diversos, PI(B), capeadas por uma espessa camada de sedimentos cenozóicos, de idade terciária, (TQc). A seqüência estratigráfica observada no local de implantação do eixo está limitada ao norte por sedimentos cenozóicos de idade terciária (TQbi) e no quadrante oeste, por litologias do Grupo Ceará, micaxistos, quartzitos, metacalcários e gnaisses, no sentido Norte/Sul, Umirin, Caxitoré e margeando a localidade de Pentecoste e rochas pertencentes ao Complexo Tamboril Santa Quitéria, constituída por migmatitos diversos e granitóides.

No sítio do barramento, na área que corresponde às ombreiras ou zonas mais elevadas, verificou-se um capeamento de solo residual (TQc), constituído de argila silto-arenosa, com pedregulho, coberta por seixos de quartzo em diversos tamanhos e forma arredondada. Este solo apresenta coloração creme e amarela à cinza variegada, a profundidades que variam de 1,00m a 3,00m. Esta situação é observada principalmente nas ombreiras da barragem, entre as estaca 0+0,00 a 3+0,00 (OE) e

Inserir figura 2.1.1



57+0,00 a 64+9,85 (OD), e área do sangradouro, entre as estacas 0S+0,00 e 8S+0,73, onde os afloramentos rochosos são inexistentes.



Foto 1 – Marco M0 – Estaca 0 do eixo da barragem



Foto 2 – Estaca 5S do Sangradouro

No restante do eixo, entre as estacas 3+0,00 e 57+0,00, observou-se a ocorrência de silte arenoso, micáceo, com pedregulhos, compacta à muito compacta e de cor cinza-clara à escura e amarela.

Na área onde está localizada a calha do riacho Melancia, ocorrem os depósitos de aluviões recentes, do período Quaternário, em forma de pequenos e médios bancos

de areia medianamente graduada, fofa à compacta, granulometria média e grossa, com pedregulho, de coloração cinza-clara a creme e apresentam pequena espessura, devido à ocorrência de afloramentos de migmatitos.



Foto 3 – Afloramento de migmatito na calha do riacho melancia – Montante e formação de pequenos bancos de areia ao longo da calha.



Foto 4 – Afloramento de migmatito na calha do riacho melancia – Jusante

Na parte baixa dos boqueirões, nas margens do riacho, estão restritos os sedimentos aluviais representativos no local do sítio barrável, sob a forma de solos silto-arenosos do período Terciário, pouco elevadas, e estendem-se por toda a extensão do riacho, desenvolvendo planícies aluviais (várzeas) sujeitas a inundações.



Foto 5 – Solo constituído por silte arenoso (aluvião), entre as estacas 19 a 20 e 22 a 26

As ocorrências rochosas tem predominância de rochas migmatíticas, orientadas preferencialmente segundo NE-SW. Os afloramentos ocorrem em forma de grandes blocos medianamente arredondados, em maior quantidade na ombreira esquerda, principalmente à jusante do eixo locado, e ombreira direita, entre as estacas 26+0,00 e 32+0,00. São rochas leucocráticas, de cor cinza clara, grão média a grosseira, isotrópicas, constituídas de quartzo, feldspato (plagioclásio), biotita, muscovita e pequenos cristais de granada disseminados. Os feldspatos (plagioclásio) ocorrem em forma de cristais zoneados porfiríticos, com dimensões entre 1 a 2 cm.



Foto 6 – Afloramentos de migmatitos entre as estacas 17 e 19(OE) – à jusante do eixo



Foto 7 – Afloramentos de migmatito entre as estacas 17 e 19 (OE) – eixo



Foto 8 – Afloramentos de migmatito entre as estacas 17 e 19, à montante do eixo.



Foto 9 – Afloramentos de migmatito entre as estacas 32 e 34, à montante do eixo.



Foto 10 – Afloramentos de migmatito na estacas 35, eixo

A drenagem formada pelos rios de pequeno curso e regime irregular é definida no padrão dendrítico, condicionado à estruturação das rochas cristalinas. O Riacho Melancia pertence à bacia comandada pelo Rio Curu. No local do barramento em estudo o vale entalhado pelo Riacho Melancia é aberto, com suaves elevações que formam as ombreiras, aonde as cotas máximas chegam a 70,00 m, com relação ao nível do mar.

O mapa e perfil geológico do eixo e sangradouro estão apresentados no ANEXO C - DESENHOS.

### **3 – GEOTECNIA**

### **3 - GEOTECNIA**

#### **3.1 - GENERALIDADES**

A presente investigação geotécnica teve como principal objetivo confirmar a caracterização do subsolo da região feita em 1984.

#### **3.2 - DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS**

A investigação geotécnica iniciou-se com a execução de dois furos de Sondagem Mista (SM), na região à jusante do sangradouro, de acordo com as normas da ABNT. No estudo feito em 1984 também foram executadas Sondagens Mistas (SM), além de Sondagens a Pá e Picareta (SPP) e Sondagens a Percussão (SP).

A locação, bem como as cotas topográficas das bocas de furos foram fornecidas a partir dos estudos topográficos de campo.

Os perfis individuais de sondagem executados em 2004 estão no ANEXO B – SONDAGENS, enquanto que os perfis individuais das sondagens executadas em 1984 encontram-se no ANEXO D. As localizações de todas sondagens em planta são representadas no desenho N° 03/05, no ANEXO C – DESENHOS e o Perfil Geológico-Geotécnico representado encontra-se no ANEXO D.

Os itens a seguir descrevem, de forma sucinta, os processos executivos das sondagens.

##### **3.2.1 - Sondagens a Pá e Picareta**

Os poços de inspeção localizados ao longo do eixo barrável foram realizados com o objetivo de fazer o reconhecimento do material entre sondagens profundas, bem com extrair amostras para ensaios de laboratório.

Todos os poços foram perfurados por meio de escavação manual com dimensões de 1,00m longitudinalmente por 1,00m transversalmente.

No quadro 3.1 são mostrados os dados gerais das sondagens.

### QUADRO 3.1

#### SONDAGEM A PÁ E PICARETA

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO	REALIZAÇÃO DA SONDAGEM
SPP – 01	03 + 00 m	1,80	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 02	04 + 00 m	1,60	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 03	05 + 00 m	1,20	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 04	06 + 00 m	1,50	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 05	07 + 00 m	1,50	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 06	08 + 00 m	2,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 07	09 + 00 m	2,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 08	10 + 00 m	1,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 09	12 + 00 m	1,10	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 10	13 + 00 m	1,20	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 11	14 + 00 m	2,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 12	15 + 00 m	2,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 13	53 + 00 m	1,05	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 14	61 + 00 m	2,50	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 15	28 + 00 m	1,10	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 16	29 + 00 m	1,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 17	30 + 00 m	1,40	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 18	32 + 00 m	0,80	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 19	33 + 00 m	1,40	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 20	34 + 00 m	1,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 21	35 + 00 m	2,00	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984
SPP – 22	41 + 00 m	1,10	1,0m x 1,0 m	Vertical	1984

#### 3.2.2 - Sondagens a Percussão

O objetivo básico destas sondagens foi o de definir a espessura dos depósitos aluvionais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT” (STANDARD PENETRATION TEST), realizado a cada metro sondado.

O critério de paralisação das sondagens foi o de lavagem por tempo (menos de 5cm de penetração para 10 minutos de lavagem), ou a profundidade de projeto, no caso dos furos de percussão simples. Todas as sondagens foram realizadas com diâmetro de 2½” (duas e meia polegadas).



O QUADRO 3.2 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO 3.2

**SONDAGEM A PERCUSSÃO**

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROF.(m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO	REALIZAÇÃO DA SONDAGEM
SP – 01	19 + 00 m	3,80	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 02	20 + 00 m (mont-40,00m)	0,80	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 03	20 + 00 m	1,56	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 04	20 + 00 m (jusant-40,00m)	1,85	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 05	21 + 00 m (mont-40,00m)	1,55	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 06	21 + 00 m	2,85	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 07	21 + 00 m (jusant-40,00m)	4,16	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 08	22 + 00 m (mont-40,00m)	1,10	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 09	22 + 00 m (jusant-40,00m)	1,30	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 10	23 + 00 m (mont-40,00m)	0,25	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 11	23 + 00 m	2,90	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 12	23 + 00 m (jusant-40,00m)	1,35	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 13	24 + 00 m (mont-40,00m)	3,40	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 14	24 + 00 m	3,20	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 15	24 + 00 m (jusant-40,00m)	4,03	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 16	25 + 00 m (mont-40,00m)	1,38	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 17	25 + 00 m	3,02	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 18	25 + 00 m (jusant-40,00m)	3,35	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 19	26 + 00 m (mont-40,00m)	0,90	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 20	26 + 00 m (jusant-40,00m)	2,80	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 21	27 + 00 m	2,35	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 22	17 + 00 m	4,35	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 23	18 + 00 m	3,40	2x ½ “	Vertical	1984
SP – 601	VERTEDOURO	3,26	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 602	VERTEDOURO	1,29	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 603	VERTEDOURO	2,60	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 604	VERTEDOURO	3,67	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 605	VERTEDOURO	2,43	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 606	VERTEDOURO	2,53	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 607	VERTEDOURO	2,28	2x ½ “	Vertical	1995
SP – 608	VERTEDOURO	1,00	2x ½ “	Vertical	1995

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROF.(m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO	REALIZAÇÃO DA SONDAGEM
SP – 609	TOMADA D'ÁGUA	2,80	2x 1/2 "	Vertical	1995

### 3.2.3 - Sondagens Mistas

Sondagem mista é aquela executada por sondagem a percussão em todo os tipos de terreno penetráveis por esse processo, e executadas por meio de sondagem rotativa nos materiais impenetráveis a percussão.

Iniciou-se os furos com sondagem percussiva no diâmetro de 2½ "(duas e meia polegadas), no qual foi definida a espessura de solos sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do "SPT". Prosseguiu-se com sonda rotativa, na qual usava-se a sonda MACH 920 de avanço manual, acoplada a um calibrador e a um barrilete duplo caixa de mola, tipo BX para recuperação do testemunho, do qual obteve-se informações da alteração, fraturamento e estanqueidade da rocha.

O quadro 3.3. mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO 3.3

#### SONDAGEM MISTA

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO	REALIZAÇÃO DA SONDAGEM
		SP	SR			
<b>SM – 01A</b>	<b>S – 05 (jus. – 100,00m)</b>	<b>1,15</b>	<b>10,23</b>	<b>2 1/2" e NX</b>	<b>Vertical</b>	<b>2004</b>
<b>SM – 02A</b>	<b>S – 05 (jus. – 300,00m)</b>	<b>1,30</b>	<b>10,00</b>	<b>2 1/2" e NX</b>	<b>Vertical</b>	<b>2004</b>
SM – 01	45 + 00	9,16	7,00	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 02	-	-	-	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 03	37 + 00	2,45	8,55	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 04	-	-	-	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 05	-	-	-	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 06	31 + 00	2,12	6,48	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 07	26 + 00	1,26	4,84	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 08	22 + 00	0,50	4,50	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 09	16 + 00	2,03	12,97	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 10	11 + 00	0,37	7,63	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 11	S – 03 + 00	0,80	10,40	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 12	S – 02 + 00	0,00	9,30	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM - 13	S – 01 + 00	0,00	15,00	2 1/2" e NX	Vertical	1984

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO	REALIZAÇÃO DA SONDAGEM
		SP	SR			
SM – 14	S – 04 + 00	0,00	15,0	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 15	20 + 10	2,10	4,70	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 16	20 + 10	2,25	5,15	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 17	22 + 10	1,40	12,20	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 18	23 + 10	3,20	5,10	2 1/2" e NX	Vertical	1984
SM – 501	TOMADA D'ÁGUA	3,25	6,25	2 1/2" e NX	Vertical	1995
SM – 502	TOMADA D'ÁGUA	1,50	6,00	2 1/2" e NX	Vertical	1995

### 3.3 - ENSAIOS IN SITU

#### 3.3.1 - Ensaio de Permeabilidade Com Carga Constante

Nos ensaios de Permeabilidade “in situ” com carga constante, mantém-se constante a vazão até que as condições de fluxo se estabilizem e a carga (altura da água no furo), se torne constante. Nestas condições, medem-se a vazão e a carga, para aplicação das fórmulas apropriadas.

Este tipo de ensaio pode ser usado para solos que se situem abaixo ou acima do nível estático da água (NA).

Foram executados 05 (cinco) ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no quadro 3.4 e seus resultados no ANEXO D.

QUADRO 3.4

#### ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS	REALIZAÇÃO DO ENSAIO
SP – 03	01 (um)	1,00 a 1,50	1984
SP – 04	01 (um)	1,00 a 1,50	1984
SP – 14	01 (um)	1,00 a 3,00	1984
SP – 18	01 (um)	1,00 a 3,00	1984
SP – 23	01 (um)	1,00 a 3,00	1984

### 3.3.2 - Ensaio de Perda d'água Específica

Ensaio de perda d'água sob pressão em furos de sondagem têm por objetivo a determinação da permeabilidade e do comportamento dos maciços rochosos frente à percolação da água através de suas fissuras.

Consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem e na medida da quantidade de água que se infiltra no maciço, durante um certo tempo, sob uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado em 5 (cinco) estágios de pressão, sendo o 1º e o 5º estágios sob uma pressão mínima; os 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima, conforme a seguir:

- 1º e 5º estágios - pressão de 0,10 Kg/cm<sup>2</sup>;
- 2º e 4º estágios - pressão intermediária =  $P_{m\acute{a}x}/2$ ;
- 3º estágio - pressão máxima =  $P_{m\acute{a}x}$ .

Os trechos ensaiados, sempre que possível foram de 3,00 m.

O quadro 3.5 mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sob pressão. Seus resultados encontram-se no ANEXO D.

QUADRO 3.5

#### ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM – 06	02 (dois)	3,60m – 6,60m 6,60m – 8,60m
SM – 07	01 (um)	3,10m – 6,10m
SM – 08	02 (dois)	0,50m – 2,50m 2,50m - 5,00m
SM – 09	01 (um)	12,00m – 15,00m
SM – 10	02 (dois)	2,00m – 5,00m 5,00m – 8,00m

## 3.4 - PESQUISA DE JAZIDAS

### 3.4.1 - Generalidades

Os trabalhos referentes à pesquisa de materiais a serem utilizados nas obras tiveram seu início a partir de um reconhecimento em campo, de modo a localizar e conferir os empréstimos existentes na área. Levou-se em considerações duas variáveis importantes: qualidade e volume dos materiais detectados. Estes estudos foram executados em 1984 e encontram-se no ANEXO D.

Assim sendo, pode-se identificar e estudar os seguintes empréstimos:

- J1: JAZIDA 1;
- J2: JAZIDA 2;
- J3: JAZIDA 3;
- J4: JAZIDA 4;
- A1: AREAL 1;
- A2: AREAL 2;
- P1: PEDREIRA 1;
- P2: PEDREIRA 2.

Na investigação realizada em 2004 foram feitos alguns furos nas Jazidas 01 e 02 e no Areal 01, e ainda ensaiado o material recolhido da Pedreira 01.

A localização de todas as Jazidas é apresentada no desenho N° 05/05, do Anexo C – DESENHOS.

### 3.4.2 - Jazidas de Solo (Empréstimos 1 e 2)

Para que houvesse uma boa abrangência nos estudos dos empréstimos, lançou-se uma malha quadrática com 100,00 m de lado, onde procedeu-se à abertura de poços a pá e picareta para coleta de materiais e posterior realização de ensaios de laboratório.

Dentro de um afastamento econômico adequado do local da obra em estudo, foram identificados e caracterizados os materiais das áreas de empréstimo.

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte, conforme já comentado.

- Granulometria (com e sem sedimentação);
- Limites de “Atterberg”;
- Ensaio de Compactação (Proctor Normal);
- Umidade Natural;
- Peso Específico Real;
- Permeabilidade com carga variável;
- Cisalhamento direto lento.

A seguir resume-se as características das áreas potencialmente exploráveis, que foram levantadas em 1984 e confirmadas pelos novos estudos:

#### **DADOS GERAIS DA JAZIDA J-1.**

Área total estudada .....	252.500,00m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	36 und.
Profundidade média dos furos .....	1,50 m
Volume total de material .....	378.750,00m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo .....	0,30 m
Espessura média útil.....	1,20 m
Volume de material utilizável .....	303.000,00m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	2,80 km

#### **DADOS GERAIS DA JAZIDA J-2.**

Área total estudada .....	164.100,00m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	29 und.
Profundidade média dos furos .....	1,30 m

Volume total de material .....	213.330,00m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,30 m
Espessura média útil.....	1,00 m
Volume de material utilizável .....	164.100,00m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	1,70 km

Os resultados das Jazidas 03 e 04, onde não houveram novos ensaios para conferência, encontram-se no ANEXO D.

### 3.4.3 - Jazidas de Areia (AREAL 1)

Da mesma forma com o ocorrido na jazida terrosa, o areal foi identificado e posteriormente estudado, onde se lançou uma malha de sondagens, ao longo do depósito.

Amostras deste material também foram colhidas e encaminhadas ao laboratório para ensaios.

A jazida em questão encontra-se ao longo do leito do rio. A seguir encontra-se o resumo do Areal 01, levantado em 1984 e confirmado pelos novos estudos.

#### DADOS GERAIS DO AREAL - 1

Distância do areal ao eixo .....	0,65 km
Extensão .....	960,00 m
Largura.....	11,00m
Altura a explorar .....	1,00m
Volume explorável .....	10.560,00m <sup>3</sup>

Os resultados do Areal 02, onde não houveram novos ensaios para conferência, encontram-se no ANEXO D.

### 3.4.4 - Pedreira (P1)

A pedreira encontrada localiza-se a jusante do eixo barrável. A seguir encontra-se o resumo da Pedreira 01, levantada em 1984 e confirmada pelos novos estudos:

## CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA - 1

Extensão .....	40,00m
Largura.....	25,00m
Altura a explorar.....	5,00 m
Volume explorável .....	5.000,00m <sup>3</sup>
Distância para o eixo.....	0,90 km
Classificação.....	Gnaisse

Os resultados da Pedreira 02, onde não houveram novos ensaios para conferência, encontram-se no ANEXO D.

### 3.5 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Todos os ensaios de laboratório seguiram o preconizado pelas normas técnicas da ABNT.

Os boletins que apresentam os resultados dos ensaios de laboratório realizados nos novos estudos encontram-se no ANEXO A – ENSAIOS DE LABORATÓRIO.

De modo a facilitar a visualização, elaborou-se quadro resumos referente a cada ensaio realizado em 2004, os quais são apresentados a seguir. Os demais ensaios realizados em 1984 encontram-se no ANEXO D.

- Jazida de Solos:

Foram coletadas 20 (vinte) amostras para que fossem submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação dos Limites de Atterberg (LL e LP), Granulometria por peneiramento e com sedimentação, peso específico, Compactação Proctor Normal, Permeabilidade com carga variável e Cisalhamento Direto Lento.

Os ensaios de Granulometria com Sedimentação, peso específico, Permeabilidade com Carga Variável e Cisalhamento Direto Lento não foram executados para todas as amostras coletadas.

Os quadros 3.6 a 3.7 apresentam os resumos gerais dos ensaios de caracterização para as jazidas J1 a J2, o quadro 3.8 os dados dos ensaios de



cisalhamento direto lento, o quadro 3.9 umidade natural e o quadro 3.10 permeabilidade carga variável.

- Jazida de Areia:

Foram 08 (oito) as amostras coletadas na jazida de areia A.1 e submetidas a Análise Granulométrica por Peneiramento e Permeabilidade com Carga Constante.

O quadro 3.11 apresenta os resultados da análise granulométrica e o 3.12 resume os valores obtidos para o ensaio de Permeabilidade com Carga Constante.

- Pedreira

Na pedreira P.1 foram realizados 03 (três) ensaios tipo “Los Angeles”, de acordo com o apresentado no quadro 3.13 que resume os valores obtidos nos ensaios.

### 3.6 – ESTUDO COMPLEMENTAR

As pesquisas realizadas neste estudo complementar têm o intuito de avaliar o material que será escavado no vertedouro visando utiliza-lo na execução da barragem.

Assim sendo, pode-se identificar e estudar o seguinte empréstimo:

- J1: VERTEDOURO

A localização da Jazida é apresentada no desenho N° 05/05, do Anexo C – DESENHOS.

#### 3.6.1 - Jazidas de Solo (Empréstimos 1)

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características:

- Granulometria (com e sem sedimentação);
- Limites de “Atterberg”;
- Ensaio de Compactação (Proctor Normal);
- Umidade Natural;
- Peso Específico Real;
- Permeabilidade com carga variável.

### 3.6.2- Ensaio de Laboratório

Os boletins que apresentam os resultados dos ensaios de laboratório encontram-se no Anexo A – Ensaio de Laboratório.

De modo a facilitar a visualização, elaborou-se quadro resumos referente a cada ensaio, os quais são apresentados posteriormente:

- Jazida de Solos:

Foram coletadas 06 (seis) amostras para que fossem submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação dos Limites de Atterberg (LL e LP), Granulometria por peneiramento e com sedimentação, peso específico, Compactação Proctor Normal e Permeabilidade com carga variável.

Os ensaios de Granulometria com Sedimentação, peso específico e Permeabilidade com Carga Variável não foram executados para todas as amostras coletadas.

O Quadro – Estudo Geotécnico apresenta os resumos gerais dos ensaios de caracterização do material do vertedouro e o Quadro Resumo – Coeficiente de Permeabilidade Carga Variável.

Entra quadro – estudo geotécnico– estudo complementar

Entra quadro – permeabilidade carga variável – estudo complementar



## ANEXO A – ENSAIOS DE LABORATÓRIO











**ANEXO D – ESTUDOS REALIZADOS EM 1984**

## PERFIS INDIVIDUAIS DAS SONDAgens

## ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO “LEFRANC”

**ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA "LUGEON"**



## QUADRO RESUMO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS



## RESULTADOS DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS

**RESULTADOS DAS JAZIDAS DE SOLO, AREAL E PEDREIRA**

**DADOS GERAIS DA JAZIDA J-3.**

Área total estudada .....	260.400,00m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	30 und.
Profundidade média dos furos .....	1,40 m
Volume total de material .....	364.560,00m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo .....	0,10 m
Espessura média útil.....	1,30 m
Volume de material utilizável .....	338.520,00m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	0,80 km

**DADOS GERAIS DA JAZIDA J-4.**

Área total estudada .....	124.410,00m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	24 und.
Profundidade média dos furos .....	1,60 m
Volume total de material .....	199.056,00m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,10 m
Espessura média útil.....	1,50 m
Volume de material utilizável .....	186.615,00m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	0,70 km

**DADOS GERAIS DO AREAL - 2**

Distância do areal ao eixo .....	2,50 km
Extensão .....	1.020,00 m
Largura.....	11,00m
Altura a explorar .....	0,80m
Volume explorável .....	8.976,00m <sup>3</sup>



## CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA - 2

Extensão .....	85,00m
Largura.....	30,00m
Altura a explorar.....	5,00 m
Volume explorável .....	12.750,00m <sup>3</sup>
Distância para o eixo.....	1,00 km
Classificação.....	Gnaisse