



## **BARRAGEM MAMOEIRO**

**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 .....	15
<b>3 – GEOTECNIA .....</b>	<b>20</b>
3.1 – GENERALIDADES .....	20
3.2 – DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS .....	20
<b>3.2.1 – Sondagens a Pá e Picareta .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2 – Sondagens a Percussão .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.3 – Sondagens Mistas .....</b>	<b>21</b>
3.3 – ENSAIOS IN SITU .....	23
<b>3.3.1 – Ensaio de Permeabilidade Com Carga Constante .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2 – Ensaio de Perda d`Água Específica .....</b>	<b>23</b>
3.4 – PESQUISA DE JAZIDAS .....	25
<b>3.4.1 – Generalidades .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.2 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4 e 5) .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.3 – Jazidas de Areia (AREAL 1) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.4 – Pedreira (P1) .....</b>	<b>28</b>
3.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO .....	29

**ANEXOS:**

**ANEXO A – ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

**ANEXO B – SONDAgens**

**ANEXO C – DESENHOS**



KL ENGENHARIA

**MA|BE**  
Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA

**enerconsult s.a.**



## 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, Jucá e Jatobá 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: Projeto Executivo da Barragem

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 Aduaras

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 Mamoeiro**, 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.



## 2 – GEOLOGIA

## 2 – GEOLOGIA

### 2.1 – GEOLOGIA REGIONAL

A descrição da Geologia Regional (área da bacia hidráulica e Adjacências) 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 feição morfológica dominante na área é o extenso pediplano com cotas que variam entre 300 a mais de 500 m, entalhados por erosão diferencial sobre migmatitos, gnaisses e granitos porfiróides, onde sobressaem alguns testemunhos de erosão através de cordões de serra, formadas por rochas laminadas tectonicamente, destacando-se a Serra dos Bastiões, limitada por escarpas de falha, exibindo “slickensides” e outras manifestações cataclásticas.

As unidades litoestratigráficas mapeadas na região segundo o Projeto Jaguaribe (Folha Iguatu - SB.24-Y-B, escala 1:250.000), evidenciam a predominância de rochas cristalinas pré-cambrianas, e foram agrupadas segundo critérios tectono-estruturais e associações litológicas, sem que haja uma diferenciação cronológica, caracterizando unidades pertencentes ao pré-cambriano indiferenciado estratigraficamente.

**Pré-Cambriano Indiferenciado Estratigraficamente - PI(B):** Esta unidade é constituída por uma associação complexa de migmatitos e gnaisses diversos, encerrando jazimentos subordinados de corpos metacalcários, anfibolitos, rochas calciosilicáticas e quartzitos. Os gnaisses apresentam-se laminados, algo migmatizados, gradando para anfibolitos. 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. Sua ocorrência abrange a totalidade da bacia hidráulica.

As estruturas regionais são designadas como lineamentos e/ou zonas de cisalhamento. De um modo geral, os lineamentos, representando extensas zonas de falhas, Falha de Jordão e Falha de Limoeiro, 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.

**Diques Ácidos (PSy):** Nesta unidade, situados ao norte da área em estudo, próximo a Aiuaba, e ao sul, próximo a Assaré, ocorrem maciços granitóides, incluindo os tipos porfiróides e equigranulares, formando corpos alongados, concordantes com o “trend” regional. Além de textura porfiróide, caracterizam-se por apresentar coloração cinza a rósea com termos leucocráticos e mesocráticos, e teores de quartzo bastante baixos em relação ao normal. Os contatos com as rochas encaixantes são quase sempre transicionais, predominando nos bordos destas maciços estruturas migmatíticas, com bastante enclaves dioríticos e gnáissicos. Na porção mais ao sul, na escarpa formada pela Serra dos Bastiões, o contato com as rochas do Complexo Caicó é marcado pela Falha de Tatajuba, ocorrendo de forma brusca, com notável desenvolvimento de cataclase. Nesse local a feição morfológica se desenvolve de forma mais expressiva, com altitude acima de 600m. Geralmente as rochas desta unidade 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, sob a forma de diques ácidos, 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.

Os diques básicos são pertencentes ao Jurássico. Esta unidade é constituída de rochas filonianas básicas de direção predominantemente NE – SW, ocorrendo na porção sul da área em estudo. Afloram sob forma de blocos arredondados, em parte alterados, produzindo solos de coloração cinza e avermelhada.

A seqüência estratigráfica desta unidade faz limite com as rochas do Pré-Cambriano Indiferenciado PI(B) mas, não fazem parte das litologias encontradas dentro da bacia hidráulica.

**Coberturas Arenosas Inconsolidadas (TQc):** Representam testemunhas da superfície de aplainamento terciário-quadernária, formando tabuleiros de topo plano, resultantes da alteração in situ de rochas cristalinas. Detalhes da estrutura da rocha original e veios ácidos são preservados na parte mais inferior do depósito, que é composto de material areno-silto-argiloso-ferruginoso inconsolidado. Os minerais mais estáveis encontram-se dispersos sob a forma de grãos e grânulos angulosos no seio

da massa alterada. A parte superior é mais homogênea, com características de depósito colúvio-eluvial.

**Aluviões (Qha):** De idade quaternária, as aluviões estão mapeadas ao longo das calhas dos rios principais constituindo faixas alongadas. Nas áreas de relevo mais acidentado, as aluviões são escassas, limitadas a faixas estreitas e delgadas do leito apertado dos rios e riachos, formados por sedimentos compostos de areias grosseiras até cascalhos. Nas faixas mais desenvolvidas, tendo como destaque o Riacho Conceição, que é um importante contribuinte do Rio Jaguaribe, forma-se um vale mais alargado, com terraços marginais inundáveis durante os períodos de enchentes, contendo areias puras de granulação fina a média, areias siltosas e argilosas e, muitas vezes horizontes predominantemente argilosos. No leito tem-se areias mais grosseiras, em geral quartzosas, e concentrações de cascalhos.

Quanto ao aspecto estrutural, as unidades de rochas pré-cambrianas da área mostram-se intensamente dobradas, com disposição geral NE-SW, compartimentadas em blocos falhados e deslocados por movimentos horizontais relativamente dominantes. É um desenvolvimento típico de superposição de esforços tectônicos, salientando-se grandes falhamentos, que adaptaram as estruturas antigas aos novos esforços compressivos cisalhantes de direção NW-SE. São destaques na área os blocos formados pela Falha de Jordão e Falha de Limoeiro (de movimentação normal) e ainda a Falha de Tatajuba (de empurrão ou inversa), esta última responsável pelo truncamento das estruturas pré-cambrianas, separando dois compartimentos tectônicos distintos.

Especificamente, a Falha de Jordão, por estar situada estruturalmente cortando a bacia hidráulica, e principalmente o eixo barrável, nas proximidades da estaca 15 até a estaca 22, na direção NE/SW, apresenta as características típicas de zona de falha, onde os gnaisses e migmatitos se mesclam em um contato indefinido, impossibilitando uma demarcação do contato entre as referidas litologias, além de apresentar estruturas deformadas e dobramentos, fruto dos esforços tectônico-estruturais.

A hidrografia da região denota um regime periódico e muito irregular típico do semi-árido nordestino. Os rios e riachos pertencem ao sistema da bacia do Rio Jaguaribe, cuja drenagem, bastante densa, foi quase completamente talhada em rochas pré-cambrianas, e destaca-se como principal afluente na área, o riacho Conceição. A drenagem é essencialmente dendrítica, e condicionada aos elementos estruturais.

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

Figura 2.1.1

## 2.2 – GEOLOGIA LOCAL

O sítio da barragem em estudo está inserido em uma área de predominância das rochas cristalinas do Pré-Cambrianas Indiferenciado Estratigraficamente PI(B). Estas rochas apresentam foliação orientada predominantemente segundo NE-SW, concordante com a direção regional, com mergulhos acentuados ( $60^\circ$  a  $75^\circ$ ) para SE. O fluxo do riacho Conceição se dá na mesma direção da foliação, representando um aspecto negativo quanto à estanqueidade do barramento no substrato rochoso. Outro aspecto de preocupação, com relação à estanqueidade, é o fato de que o eixo locado situa-se em local de intensa movimentação tectônica, e coincide com o lineamento da Falha de Jordão, cujas características foram descritas na Geologia Regional.

As ocorrências petrográficas exibem rochas gnáissicas com bandeamento, apresentando, em alguns locais, porções migmatizadas com estruturas planares bem desenvolvidas (FOTO 1), com textura um pouco mais grosseira, cor cinza, exibindo dobramentos e microdobramentos desarmônicos (FOTO 2). Os constituintes básicos do paleossoma são biotita, quartzo e hornblenda, com predominância da biotita, intercalados com veios ou agregações quartzo-feldspática e pegmatóide que constituem a porção neossomática.



Foto 1 – Afloramento de gnaiss a jusante do eixo, na variante da estaca 16.

Há ocasiões em que a concentração de minerais máficos, principalmente a biotita, é predominante, dando à rocha um aspecto homogêneo de coloração cinza escura, mascarando a foliação (FOTO 3). Na porção neossomática ocorrem em abundância grandes concentrações de feldspato, principalmente o plagioclásio, em forma de cristais grandes (pórfiros) e pequenos porfiroblastos ou fenocristais de microclina, por vezes evidenciando movimento, característico de zona de falha. Há

também ocorrências que evidenciam rocha com estrutura xistosa, de granulometria média, mesocrática, de cor cinza, contendo bastante mica (biotita) em forma de lamelas desenvolvidas, micro-encurvadas, muitas vezes bordejando os cristais de feldspatos, dando à rocha uma característica que permite classificá-la como biotita-xisto.



Foto 2 – Gnaisses-Migmatizados apresentando dobramentos e microdobramentos desarmônicos. Ocorrência a jusante do eixo, na variante da estaca 21.



Foto 3 – Migmatitos com concentração de minerais máficos no topo, principalmente a biotita, dando à rocha um aspecto homogêneo de coloração cinza escura. Neste afloramento distinguem-se duas direções de fraturamento, uma sub-horizontal e outra sub-vertical, ocasionando uma compartimentação da rocha em forma de blocos.



Foto 4 – Migmatitos com concentração de minerais máficos dando a rocha uma coloração cinza escura. Detalhe para a forma de ocorrência do afloramento, esconso ao eixo da barragem, margeando o riacho Conceição. Estaca 14 – eixo.

Na parte baixa dos boqueirões, nas margens do riacho Conceição, estão restritos os sedimentos aluviais representativos no local do sítio barrável, sob a forma de solos silto-arenosos do período Terciário e estendem-se por toda a extensão do riacho, desenvolvendo planícies aluviais (várzeas) sujeitas a inundações (FOTO 5).



Foto 5 - Sedimentos aluviais, solos silte areno-argilosos, desenvolvendo planícies aluviais sujeitas a inundações. Entre as estacas 12 e 14 (margem direita) e entre as estacas 21+10 e 23 (margem esquerda).



Na área onde está localizada a calha do riacho Conceição, 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 grande ocorrência de afloramentos de migmatitos e gnaisses diversos.

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

### 3 – GEOTECNIA

### **3 – GEOTECNIA**

#### **3.1 – GENERALIDADES**

A presente investigação geotécnica teve como principal objetivo efetuar uma criteriosa inspeção no subsolo local, de forma a conhecer melhor as características da área, bem como dos materiais provenientes das jazidas a serem exploradas.

#### **3.2 – DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS EXECUTADAS**

A investigação geotécnica iniciou-se com a execução de quatro tipos de sondagens, a saber:

- SPP: Sondagem a Pá e Picareta;
- SP: Sondagem a Percussão;
- SM: Sondagem Mista (iniciada a percussão e seguida em rotativa).

Todas as sondagens mencionadas acima seguiram as normas da ABNT.

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

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

Os perfis individuais de sondagem estão no ANEXO B - SONDAGENS. As Localizações das Sondagens em planta são apresentadas no desenho N° 04/06 e o Perfil Geológico-Geotécnico apresentado no desenho N° 05/06, ambos no ANEXO C - DESENHOS.

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

Os poços de inspeção localizados no eixo barrável foram realizados nos pontos onde haviam sido projetados furos de percussão e a ocorrência de rocha aflorando não permitiu a execução deste tipo de sondagem.

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
SPP – 01	10 + 00m	1,45	1,0m x 1,0 m	Vertical
SPP – 02	11 + 00m	0,40	1,0m x 1,0 m	Vertical
SPP – 03	13 + 00m	0,35	1,0m x 1,0 m	Vertical
SPP – 05	23 + 00m	0,30	1,0m x 1,0 m	Vertical
SPP – 06	24 + 00m	0,70	1,0m x 1,0 m	Vertical
SPP – 07	25 + 00m	0,30	1,0m x 1,0 m	Vertical

**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	PROFUNDIDADE(m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP – 04	15 + 00m	1,66	2x ½ “	Vertical

**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 NX 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
		SP	SR		
SM – 01	16 + 00m	3,12	7,18	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 02	18 + 00m	4,20	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 03	20 + 00m	5,00	5,73	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 04	22 + 00m	3,57	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 05	17 + 00m (40m MONT)	4,61	9,19	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 06	19 + 00m (40m MONT)	5,52	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 07	17 + 00m (40m JUS)	3,40	5,45	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 08	19 + 00m (40m JUS)	3,30	5,20	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 09	(SANG) 0 + 00m	0,00	9,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 10	(SANG) 5 + 00m	0,00	8,56	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 11	(SANG) 7 + 00m	0,00	9,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 12	(SANG) 1 + 00m (114m JUS)	0,00	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 13	(SANG) 2 + 00m (57m JUS)	0,00	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 14	(SANG) 5 + 00m (55m JUS)	0,00	10,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 15	(SANG) 7 + 00 (80m JUS)	0,00	9,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 501	21 – EIXO	0,00	15,30	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 502	19 – EIXO	0,00	15,13	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 503	13 – EIXO	2,00	13,10	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 504	11 – EIXO	0,90	19,05	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 505	9 – EIXO	0,00	19,98	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 506	7 – EIXO	0,58	19,68	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 507	11 – 3,61 J	3,09	12,11	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 508	17+10,12 – 26,19 J	5,00	5,02	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 509	15 – 55,61 J	1,72	8,40	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 510	13 – 35,61 J	0,00	20,00	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 511	11 – 35,61 J	0,00	20,08	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 512	13 – 81,26 J	1,83	13,20	2 1/2" e NX	Vertical
SM – 513	11 – 81,26 J	0,83	14,50	2 1/2" e NX	Vertical

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM – 514	14+14,90 – 22,75 J	3,78	11,28	2 1/2" e NX	Vertical

### 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 13 (treze) ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no quadro 3.4 e seus resultados no item 5 - Resultados das Investigações.

QUADRO 3.4

#### ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM – 01	01	0,77m – 3,00m
SM – 02	02	0,50m – 2,50m / 3,00m – 4,20m
SM – 03	02	0,50m – 3,00m / 3,00m – 5,06m
SM – 04	02	0,50m – 2,00m / 2,00m – 3,57m
SM – 05	02	0,50m – 3,00m / 3,00m – 4,61m
SM – 06	02	0,60m – 3,00m / 3,00m – 5,52m
SM – 07	01	0,40m – 3,60m
SM – 08	01	0,50m – 3,30m

#### 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 os 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 estágios - pressão máxima =  $P_{max}$ .

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.

QUADRO 3.5

**ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA**

SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM – 01	02 (dois)	3,12m – 6,13m 6,15m – 7,60m
SM – 02	02 (dois)	4,20m – 7,20m 7,20m – 10,20m
SM – 03	02 (dois)	5,08m – 8,08m 8,08m – 10,73m
SM – 04	04 (quatro)	3,57m – 5,57m 5,57m – 8,57m 8,57m – 11,57m 11,57m – 13,57m
SM – 05	02 (dois)	4,61m – 7,61m 7,61m – 10,61m
SM – 06	04 (quarto)	5,52m – 7,82m 7,82m – 10,82m 10,82m – 13,82m 13,82m – 15,52m
SM – 07	02 (dois)	3,40m – 6,40m 6,40m – 8,35m
SM – 08	02 (dois)	3,30m – 6,30m 6,30m – 7,25m

### 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. Deve-se salientar que os estudos básicos existentes nortearam os trabalhos. Neste momento, levou-se em considerações duas variáveis importantes: qualidade e volume dos materiais detectados.

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

- J1: JAZIDA 1;
- J2: JAZIDA 2;
- J3: JAZIDA3;
- J4: JAZIDA 4;
- J5: JAZIDA 5;
- A1: AREAL;
- P1: PEDREIRA 1.

A localização das Jazidas é apresentada no desenho N° 06/06, no ANEXO C – DESENHOS.

#### 3.4.2 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4 e 5)

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:

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

Área total estudada .....	210.000,00 m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	33 und.
Profundidade média dos furos .....	1,53 m
Volume total de material .....	321.300,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo .....	0,10 m
Espessura média útil .....	1,43 m
Volume de material utilizável .....	300.300,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável .....	2,77 km

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

Área total estudada .....	110.000,00 m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	20 und.
Profundidade média dos furos .....	1,63 m
Volume total de material .....	179.300,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo .....	0,10 m
Espessura média útil .....	1,53 m
Volume de material utilizável .....	168.300,00 m <sup>3</sup>



Distância do eixo barrável..... 3.03 km

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

Área total estudada..... 60.000,00 m<sup>2</sup>

Número de furos realizados ..... 14 und.

Profundidade média dos furos ..... 1,36 m

Volume total de material ..... 81.600,00 m<sup>3</sup>

Camada média de expurgo..... 0,10 m

Espessura média útil..... 1,26 m

Volume de material utilizável ..... 75.600,00 m<sup>3</sup>

Distância do eixo barrável..... 2,81 km

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

Área total estudada..... 30.000,00 m<sup>2</sup>

Número de furos realizados ..... 08 und.

Profundidade média dos furos ..... 1,66 m

Volume total de material ..... 49.800,00 m<sup>3</sup>

Camada média de expurgo..... 0,10 m

Espessura média útil..... 1,56 m

Volume de material utilizável ..... 46.800,00 m<sup>3</sup>

Distância do eixo barrável..... 3,41 km

#### DADOS GERAIS DA JAZIDA J-5.

Área total estudada..... 40.000,00 m<sup>2</sup>

Número de furos realizados ..... 10 und.

Profundidade média dos furos ..... 0,94 m

Volume total de material ..... 37.600,00 m<sup>3</sup>



Camada média de expurgo.....	0,10 m
Espessura média útil.....	0,84 m
Volume de material utilizável .....	33.600,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	2,50 km

### 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.

#### DADOS GERAIS DO AREAL

Distância do areial ao eixo .....	0,30 km;
Extensão .....	300,00 m
Largura.....	10,00 m
Altura a explorar .....	2,00m
Volume explorável .....	60.000,00 m <sup>3</sup>

### 3.4.4 – Pedreira (P1)

A pedreira encontrada localiza-se a jusante do eixo barrável.

#### CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA

Extensão .....	200,00 m
Largura.....	100,00 m
Altura a explorar.....	5,00 m
Volume explorável .....	100.000,00m <sup>3</sup>
Distância para o eixo.....	0,40 km

Classificação..... Gnaisse

### 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 encontram-se no ANEXO A – ENSAIOS DE LABORATÓRIO.

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

- Jazida de Solos:

Foram coletadas 40 (quarenta) 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 3.10 apresentam os resumos gerais dos ensaios de caracterização para as jazidas J1 a J5, o quadro 3.11 os dados dos ensaios de cisalhamento direto lento, o quadro 3.12 umidade natural e o quadro 3.13 permeabilidade carga variável.

- Jazida de Areia:

Foram 10 (dez) as amostras coletadas na jazida de areia A.1 e submetidas a Análise Granulométrica por Peneiramento e Permeabilidade com Carga Constante.

O quadro 3.14 apresenta os resultados da análise granulométrica e o 3.15 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 3.16 que resume os valores obtidos nos ensaios.



KL ENGENHARIA

**MA|BE**  
Infra-estrutura e Serviços S/C LTDA

**enerconsult s.a.**



ARCADIS