

BARRAGEM MAMOEIRO

MÓDULO II – ESTUDOS BÁSICOS, ANTEPROJETOS E AVALIAÇÕES
VOLUME I – ESTUDOS BÁSICOS
TOMO 1 – RELATÓRIO GERAL - TEXTOS

EDITADO EM MARÇO DE 2006

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	5
1 - INTRODUÇÃO.....	9
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	11
3 - ESTUDOS CARTOGRÁFICOS.....	12
4 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS.....	14
4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO	14
4.1.1 - Locação dos eixos e Implantação de Marcos.....	14
4.1.2 - Nivelamento.....	14
4.1.3 - Levantamento de Seções Transversais.....	14
4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO	14
4.3 – COORDENADAS E COTAS.....	15
5 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	17
5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS	17
5.1.1 - Geologia Regional.....	17
5.1.2 - Geologia Local.....	20
5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS	21
5.2.1 - Descrição das Sondagens Executadas.....	21
5.2.2 - Sondagens a Pá e Picareta.....	21
5.2.3 - Sondagens a Percussão.....	22
5.2.4 - Sondagens Mistas.....	22
5.3 – ENSAIOS IN SITU.....	23
5.3.1 - Ensaios de Permeabilidade com Carga Constante.....	23
5.3.2 - Ensaios de Perda D'Água Específica.....	24
5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS.....	25

5.4.1 - Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4 e 5).....	25
5.4.2 - Jazidas de Areia (Areal 1).....	28
5.4.3 - Pedreira.....	28
5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	29
6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	31
6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	31
6.2 – ESTUDO DE CHEIAS.....	31
6.2.1 - Precipitação.....	32
6.2.2 - Precipitação Efetiva.....	32
6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	32
6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO.....	32
6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	33

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: 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 Mamoeiro**, aqui nomeado como Volume I – Estudos Básicos, Tomo 1 – Relatório Geral - Textos, é parte integrante do Módulo II – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações.

1 – INTRODUÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

O consórcio constituído pelas empresas KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A vem, através desta, apresentar, em atendimento ao Contrato N°11/PROGERIRH/SRH/2003, os Estudos Básicos da Barragem Mamoeiro.

Neste volume que corresponde ao TOMO 1 do VOLUME I é apresentado o Relatório Geral dos Estudos Básicos.

Este relatório descreve sucintamente os estudos cartográficos, os levantamentos topográficos, os estudos hidrológicos, os estudos geológicos e geotécnicos.

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O sítio do barramento fica localizado no Riacho Conceição, nas proximidades da localidade de Várzea Nova (Vila Luziana), no município de Antonina do Norte. Na verdade o riacho Conceição forma a divisa dos municípios de Antonina do Norte e Aiuaba.

O acesso ao local pode ser feito de duas forma a saber. A primeira opção é feita partindo-se de Fortaleza pela BR-116 seguindo-se até a cidade de Icó. Esse trajeto é feito percorrendo-se 370 km. De Icó segue-se pela CE-282, por mais 50 km, até chegar à cidade de Iguatu. De Iguatu segue-se pela CE-284 até a cidade de Antonina do Norte. Desta segue-se pela CE-176 por 7,3 km. Daí toma-se à esquerda por uma estrada carroçável para o vilarejo de Várzea Nova (Vila Luziana), cerca de 4,0 Km. Desta localidade, seguindo a estrada carroçável, cerca de 6,0 Km, chega-se nas opções de eixo. A segunda alternativa de acesso é feito pela BR-116 até o entroncamento desta com a CE-060. Esse percurso é feito percorrendo-se 69 km. Deste ponto, conhecido como Triângulo Quixadá, segue pela CE-060 até a cidade de Iguatu, percorrendo mais 230 km de Iguatu até a obra segue-se o mesmo roteiro da primeira alternativa.

3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

Os estudos cartográficos consistiram no levantamento aerofotogramétrico na área do reservatório da Barragem Mamoeiro, enquadrada geograficamente nas coordenadas 6°45' – 6°52' S e 40°01' – 40°11' WGR.

Os serviços cartográficos realizados foram os seguintes:

- Cobertura aerofotogramétrica de uma área de 125,87 km², na escala de 1:15.000;
- Implantação do apoio básico com 2 marcos de concreto;
- Apoio fotogramétrico de 125,87 km² voado com levantamento de 17 HV's;
- Aerotriangulação de 29 modelos, perfazendo uma área de 125,87 km²;
- Restituição estereofotogramétrica digital de uma área de 14,50 km² na escala de 1:5.000;
- Confecção e edição final de 8 plantas topográficas na escala de 1:5.000, perfazendo um total de 14,50 km² de edição cartográfica.

4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos da Barragem Mamoeiro constituíram na execução dos seguintes serviços, a saber:

- Levantamento do Eixo Barrável e do Sangradouro;
- Levantamento do Canal de Restituição;
- Coordenadas e Cotas.

4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO

Os levantamentos topográficos do eixo barrável e do sangradouro, foram executados através de locação de Estação Total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços realizados foram: locação; implantação de marcos para futura relocação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos

Utilizando-se GPS e a Estação Total, locou-se o eixo da barragem e do sangradouro, o qual foi materializado a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talwegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

4.1.2 – Nivelamento

O levantamento altimétrico da Barragem Mamoeiro e o seu respectivo sangradouro, foi realizado utilizando-se GPS e Estação Total, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado.

4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e do sangradouro a cada 20 metros abrangendo uma faixa de domínio com largura de 150 metros à montante e à jusante, e se constituíram de pontos cotados a cada 10 metros, considerando também os pontos de destaque do relevo topográfico.

4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

Assim como o eixo barrável e o sangradouro, o canal de restituição da Barragem Mamoeiro, foi levantado plani-altimetricamente através de Estação Total, pelo método

de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços topográficos executados no canal de restituição, foram os seguintes: locação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

4.3 – COORDENADAS E COTAS

Em relação às coordenadas utilizadas para o levantamento, estas foram fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

Também foram utilizadas cotas fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

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.

A escolha do eixo barrável e o programa de sondagem e ensaios de laboratório foram definidos pelo CONSÓRCIO KL/MABE/ENERCONSULT.

5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

A seguir serão apresentados os resultados do estudo geológico realizado.

5.1.1 – 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, anfíbolitos, rochas calciosilicáticas e quartzitos. Os gnaisses apresentam-se laminados, algo migmatizados, gradando para anfíbolitos. A biotita-quartzo-feldspato gnaisse 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 destes 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 tércio-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 quadernária, 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.

5.1.2 – 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° a 75°) 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, com textura um pouco mais grosseira, cor cinza, exibindo dobramentos e microdobramentos desarmônicos. 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.

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. 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.

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.

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.

5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

A seguir serão apresentados os resultados da investigação geotécnica realizada.

5.2.1 – 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.

5.2.2 – 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 N°5.1 são mostrados os dados gerais das sondagens.

QUADRO N°5.1 – 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

5.2.3 – 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 2 ½” (duas e meia polegadas).

No Quadro N°5.2 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO N°5.2 – SONDAGEM A PERCUSSÃO				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP-04	15+00m	1,66	2 x ½”	Vertical

5.2.4 – 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 2 ½” (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 de mola, tipo NX para recuperação do testemunho, do qual obteve-se informações da alteração, fraturamente e estanqueidade da rocha.

No Quadro 5.3 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO N°5.3 – SONDAAGEM MISTA					
SONDAAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM-01	16+00m	3,12	7,18	2 ½" e NX	Vertical
SM-02	18+00m	4,20	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-03	20+00m	5,00	5,73	2 ½" e NX	Vertical
SM-04	22+00m	3,57	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-05	17+00m (40m MONT)	4,61	9,19	2 ½" e NX	Vertical
SM-06	19+00m (40m MONT)	5,52	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-07	17+00m (40m JUS)	3,40	5,45	2 ½" e NX	Vertical
SM-08	19+00m (40m JUS)	3,30	5,20	2 ½" e NX	Vertical
SM-09	(SANG) 0+00m	0,00	9,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-10	(SANG) 5+00m	0,00	8,56	2 ½" e NX	Vertical
SM-11	(SANG) 7+00m	0,00	9,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-12	(SANG) 1+00m (114m JUS)	0,00	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-13	(SANG) 2+00m (57m JUS)	0,00	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-14	(SANG) 5+00m (55m JUS)	0,00	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-15	(SANG) 7+00m (80m JUS)	0,00	9,00	2 ½" e NX	Vertical

5.3 – ENSAIOS IN SITU

5.3.1 – 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 N°5.4.

QUADRO N°5.4 – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE		
SONDAAGEM	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

5.3.2 – 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 0,10kg/cm²;
- 2º e 4º estágios – pressão intermediária = $P_{m\acute{a}x}/2$;
- 3º estágio – pressão máxima = $P_{m\acute{a}x}$.

O Quadro N°5.5 mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sob pressão.

QUADRO N°5.5 – 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

QUADRO Nº5.5 – ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
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 (quatro)	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

5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS

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: Jazida 3;
- J4: Jazida 4;
- J5: Jazida 5;
- A1: Areal;
- P1: Pedreira 1.

5.4.1 – 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 100,00m 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”;
- Ensaios 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	210.000,00m ² ;
Número de furos realizados	33 und;
Profundidade média dos furos	1,53 m;
Volume total de material	321.300,00m ³ ;
Camada média de expurgo	0,10m;
Espessura média útil	1,43m;
Volume de material utilizável	300.300,00m ³ ;
Distância do eixo barrável	2,77km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-2

Área total estudada 110.000,00m²;
Número de furos realizados 20 und;
Profundidade média dos furos 1,63 m;
Volume total de material 179.300,00m³;
Camada média de expurgo 0,10m;
Espessura média útil 1,53m;
Volume de material utilizável 168.300,00m³;
Distância do eixo barrável 3,03km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-3

Área total estudada 60.000,00m²;
Número de furos realizados 14 und;
Profundidade média dos furos 1,36 m;
Volume total de material 81.600,00m³;
Camada média de expurgo 0,10m;
Espessura média útil 1,26m;
Volume de material utilizável 75.600,00m³;
Distância do eixo barrável 2,81km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-4

Área total estudada 30.000,00m²;
Número de furos realizados 08 und;
Profundidade média dos furos 1,66 m;
Volume total de material 49.800,00m³;
Camada média de expurgo 0,10m;
Espessura média útil 1,56m;

Volume de material utilizável 46.800,00m³;
Distância do eixo barrável 3,41km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-5

Área total estudada 40.000,00m²;
Número de furos realizados 10 und;
Profundidade média dos furos 0,94 m;
Volume total de material 37.600,00m³;
Camada média de expurgo 0,10m;
Espessura média útil 0,84m;
Volume de material utilizável 33.600,00m³;
Distância do eixo barrável 2,50km.

5.4.2 – 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 0,30km;
Extensão 300,0m;
Largura 10,00m;
Altura a explorar 2,00m;
Volume explorável 60.000,00m³.

5.4.3 – Pedreira

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

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA

Extensão	200,0m;
Largura	100,0m;
Altura a explorar	5,00m;
Volume explorável	100.000,00m ³ ;
Distância para o eixo	0,40km;
Classificação	Gnaisse.

5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO

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

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

Jazidas 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 por sedimentação, peso específico, permeabilidade com carga variável e cisalhamento direto lento não foram executados para todas as amostras coletadas.

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.

Pedreira

Na pedreira P-1 foram realizados 03 (três) ensaios tipo “Los Angeles”.

6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos consistiram na caracterização física da bacia hidrográfica, no estudo de cheias, nas curvas de regularização do reservatório e no dimensionamento do sangradouro.

6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica da Barragem Mamoeiro possui as seguintes características físicas:

- Bacia Hidrográfica.....1.887,6 km²;
- Perímetro da Bacia Hidrográfica..... 222,47 km;
- Declividade Média da Bacia Hidrográfica..... 3,72 m/km;
- Comprimento do Rio Principal..... 107,63km;
- Fator de Capacidade..... 1,44;
- Fator de Forma..... 0,16;
- Tempo de Concentração..... 21,03hs.

6.2 – ESTUDO DE CHEIAS

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
- Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Em barragens pequenas, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso. Foram calculadas aqui as cheias de projeto de 1000 e 10000 anos. O intervalo de computação dos hidrogramas

de cheia foi de 5 minutos. Em todos os cálculos levou-se em consideração a interferência da Barragem Poço da Pedra, localizada na mesma Bacia Hidrográfica, porém à montante da Barragem Mamoeiro.

6.2.1 – Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia da barragem Mamoeiro foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas freqüentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos.

6.2.2 – Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva.

6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados. Em termos hidrológicos, os objetivos centrais deste capítulo são:

1. Análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Mamoeiro;
2. Estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Mamoeiro;

6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Uma vez realizado o dimensionamento do reservatório com base nos estudos hidrológicos do capítulo anterior, faz-se necessário agora o dimensionamento do sangradouro visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada.

No dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1.000 anos, realizando-se para esta os estudos de laminação, e será determinada a cota de coroamento da barragem com base na cheia associada a 10.000 anos, para garantir o não galgamento nesta cheia. Foram utilizadas chuvas de duração de 24 horas e de 2 dias.

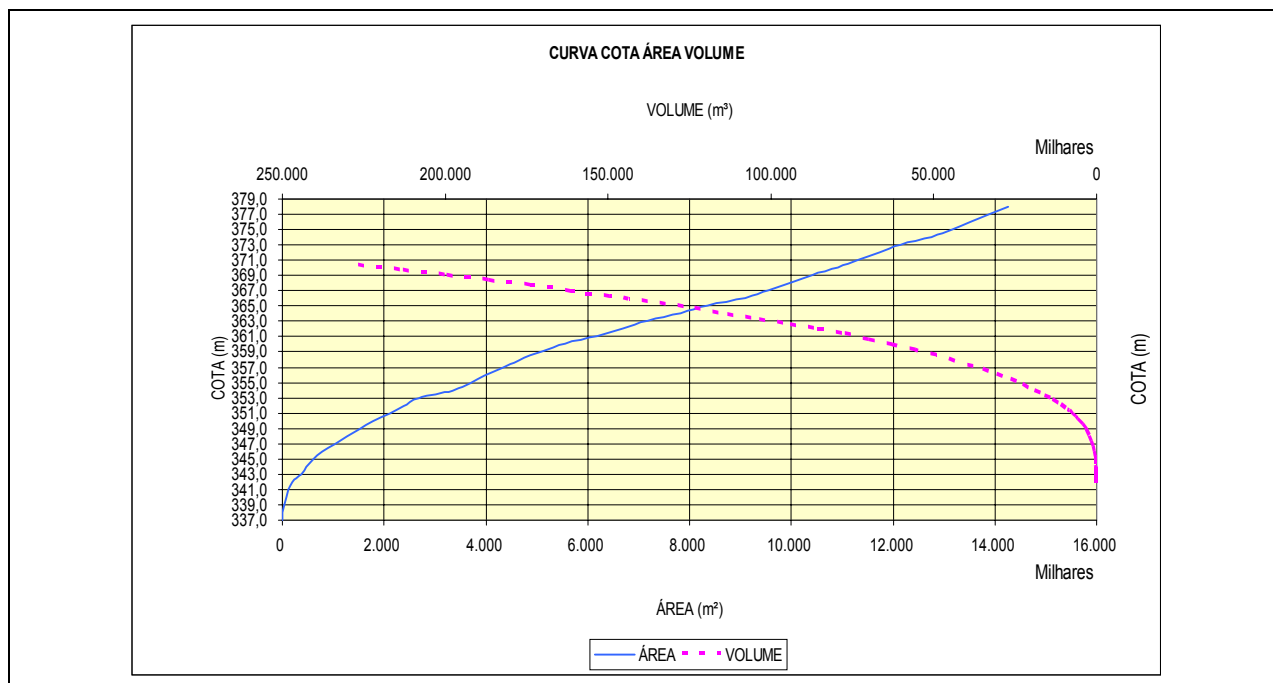
6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	
Área da bacia do Açude Mamoeiro	1887,6 km ²
Perímetro da bacia do Açude Mamoeiro	222,5 km
Declividade Média da bacia do Açude Mamoeiro	3,72 m/km
Comprimento do rio principal	107,6 km
Fator de compacidade	1,44
Fator de forma	0,16
Tempo de concentração (toda a bacia)	21,03 hrs
Tempo de concentração (Poço da Pedra)	9,48 hrs

HIDROCLIMATOLOGIA	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	618,2 mm
Evaporação Média Anual	2493,6 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1874,2 mm
Insolação Média Anual	2624,3 h
Umidade Relativa Média Anual	64,2 %
Temperatura Média Anual: Média das Máximas	30,7 °C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	24,1 °C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas	20,1 °C
Classificação Climática	DS2A'a'
Classificação climática segundo Köeppen	BWx'

ESTUDO DE CHEIAS	
Precipitação Efetiva	SCS
Propagação do Escoamento na Bacia	Hidrograma Unitário do SCS
CN	83
Vazão afluente – Tempo de retorno = 1000 anos	2959 m ³ /s
Vazão afluente – Tempo de retorno = 10000 anos	3938 m ³ /s

CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO	
Capacidade máxima	20,683 hm ³
Cota da soleira do sangradouro	355 m
Cota de coroamento	363,30 m
COTA – ÁREA – VOLUME	



CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO - EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO			
RG - %	SG - %	EV - %	QR 90% (m3/s)
4,246 – 5,7%	67,003 – 89,4%	3,671 – 4,9%	0,14

EV - Volume Evaporado (hm3/ano)

SG - Volume Sangrado (hm3/ano)

RG- Volume Regularizado (hm3/ano) Qr 90% - Vazão regularizada com 90% de garantia (m3/s) DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO - PERFIL CREAGER: $Z_w = 355,0$ m DURAÇÃO DA CHUVA = 48 HORAS			
COTA (m)	COTA DE PICO (m)	LÂMINA (m)	QOUT (m3/s)
Tr = 1000 anos - Qin = 2959 m3/s			
Perfil Creager: L = 80 m			
355	361,00	6,00	2.466,00
Tr = 10.000 anos - Qin = 3938 m3/s			
Perfil Creager: L = 80 m			
355	362,30	7,30	3.310,00

PROBABILIDADES DE ENCHIMENTO E ESVAZIAMENTO			
RETIRADA ANUAL (hm³)		PROBABILIDADES	
6,0		Enchimento = 68% Esvaziamento = 10% Garantia = 90%	
ASSOREAMENTO			
VOLUME INICIAL	PERÍODO SIMULADO	VOLUME FINAL	REDUÇÃO
20,68 hm ³	40 anos	0 hm ³	100%