



Dezembro de 2002

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



SRH Secretaria dos Recursos Hídricos

Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH

Contrato

Nº 02/ PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001

Estudos de Alternativas, EIAS/RIMAS, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra / Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada

BARRAGEM RIACHO DA SERRA VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS Tomo 1 - Relatório Geral



MONTGOMERY WATSON





MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE



ÍNDICE

Páginas

ÍNDICE	1
1. INTRODUÇÃO	4
2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	8
2.1 <i>Trabalhos Cartográficos</i>	9
2.2 <i>Transporte de Coordenadas</i>	11
2.3 <i>Transporte de Cota</i>	11
2.4 <i>Levantamento do Eixo Barrável e Sangradouro</i>	12
2.4.1 <i>Locação dos eixos e Implantação de Marcos</i>	12
2.4.2 <i>Nivelamento</i>	13
2.4.3 <i>Levantamento de Seções Transversais</i>	13
2.4.4 <i>Levantamento Do Canal De Restituição</i>	14
2.5 <i>Levantamento da Bacia Hidráulica</i>	15
2.5.1 <i>Trabalhos Executados</i>	15
2.5.2 <i>Cobertura Aerofotogramétrica</i>	15
2.5.3 <i>Apoio Básico</i>	18
2.5.3 <i>Aerotriangulação</i>	19
2.5.4 <i>Restituição Fotogramétrica</i>	20
2.5.5 <i>Produtos Entregue</i>	20
2.6 <i>Levantamento de Jazidas</i>	21
2.6.1 <i>Jazidas</i>	21
2.6.2 <i>Areal</i>	22
2.6.3 <i>Pedreira</i>	22
3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	23
3.1 <i>Geologia Regional</i>	24
3.2 <i>Geologia Local</i>	25
3.3 <i>Levantamento Geológico De Superfície</i>	26
3.4 <i>Investigação no Local do Barramento</i>	29
3.4.1 <i>Sondagens Realizadas</i>	29



3.4.2. Sondagens a Percussão -----	32
3.4.3. Sondagens Mistas -----	33
3.4.4. Ensaios de Campo -----	34
3.5. <i>Investigação Do Sangradouro</i> -----	35
3.5.1. Sondagens Realizadas -----	35
3.6. <i>Estudo dos Materiais Construtivos</i> -----	38
3.6.1. Jazida de Solos-----	38
3.6.2. Areal -----	47
3.6.3. Pedreira -----	48
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS -----	50
4.1. <i>Caracterização Da Bacia Hidrográfica</i> -----	51
4.2. <i>Caracterização Climática</i> -----	57
4.3. <i>Estudos De Chuvas Intensas</i> -----	58
4.3.1. Chuvas Máximas Diárias-----	58
4.3.2. Chuvas Intensas-----	59
4.4. <i>Estudo De Deflúvios</i> -----	62
4.5. <i>Estudo das Cheias de Projeto</i> -----	66
4.6. <i>Dimensionamento Do Reservatório</i> -----	68
4.6.1. Disponibilidade hídrica-----	68
4.6.2. Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório -----	71
5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS-----	73



MONTGOMERY WATSON



1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

O consórcio **Montgomery- Watson/ Engesoft** (Consórcio) e a **Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará** (SRH-CE) celebraram o contrato nº 02/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001, que tem como objetivo o Estudo de Alternativas, Eias/ Rimas, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra/ Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada.

A ordem de serviço foi emitida em 05 de março de 2001 e imediatamente as equipes do Consórcio iniciaram as atividades previstas no cronograma aprovado.

O presente relatório, denominado **Tomo 1 - Relatório Geral**, é parte integrante do **Volume 1- Estudos Básicos** e diz respeito à **Barragem Riacho da Serra**, a qual tem por finalidade a criação de um reservatório no riacho do mesmo nome, integrante da bacia do rio Jaguaribe , para o abastecimento da população da sede do município de Alto Santo, Ceará.

Desde Fortaleza, o acesso ao sítio do barramento é feito através da Br-116 até o entroncamento com a rodovia CE-138 e, através desta, até a cidade de Alto Santo, percorrendo-se cerca de 234 km. Toma-se, então, a rodovia pavimentada CE-138, em direção a Iracema, por 6,0km. O acesso ao local do barramento se faz através de uma estrada carroçável, que parte da CE-138, na qual se segue por cerca de 6,0km até o local do boqueirão, situado junto a Fazenda do Sr. Otacílio Diógenes. No mapa da figura 1.1 é apresentado, no âmbito do estado, o local selecionado para localizar o barramento.

O Tomo 1 apresenta um relato sintético de todas as atividades desenvolvidas nos Estudos Básicos relativas aos estudos topográficos, cartográficos, geológicos, geotécnicos e hidrológicos desenvolvidos para subsidiar o projeto executivo da barragem Riacho da Serra.

O volume 1 - Estudos Básicos é composto dos seguintes tomos:



Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos – Textos

Tomo 3 A – Estudos Cartográficos – Desenhos

Tomo 3 B – Estudos Cartográficos – Memória de Cálculos

Tomo 3 C – Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo

Tomo 4 – Geologia e Geotecnia – Textos

Tomo 4 A – Geologia e Geotecnia – Anexos



Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

FIGURA - 1.1
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM



MONTGOMERY WATSON



2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS



2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

2.1 TRABALHOS CARTOGRÁFICOS

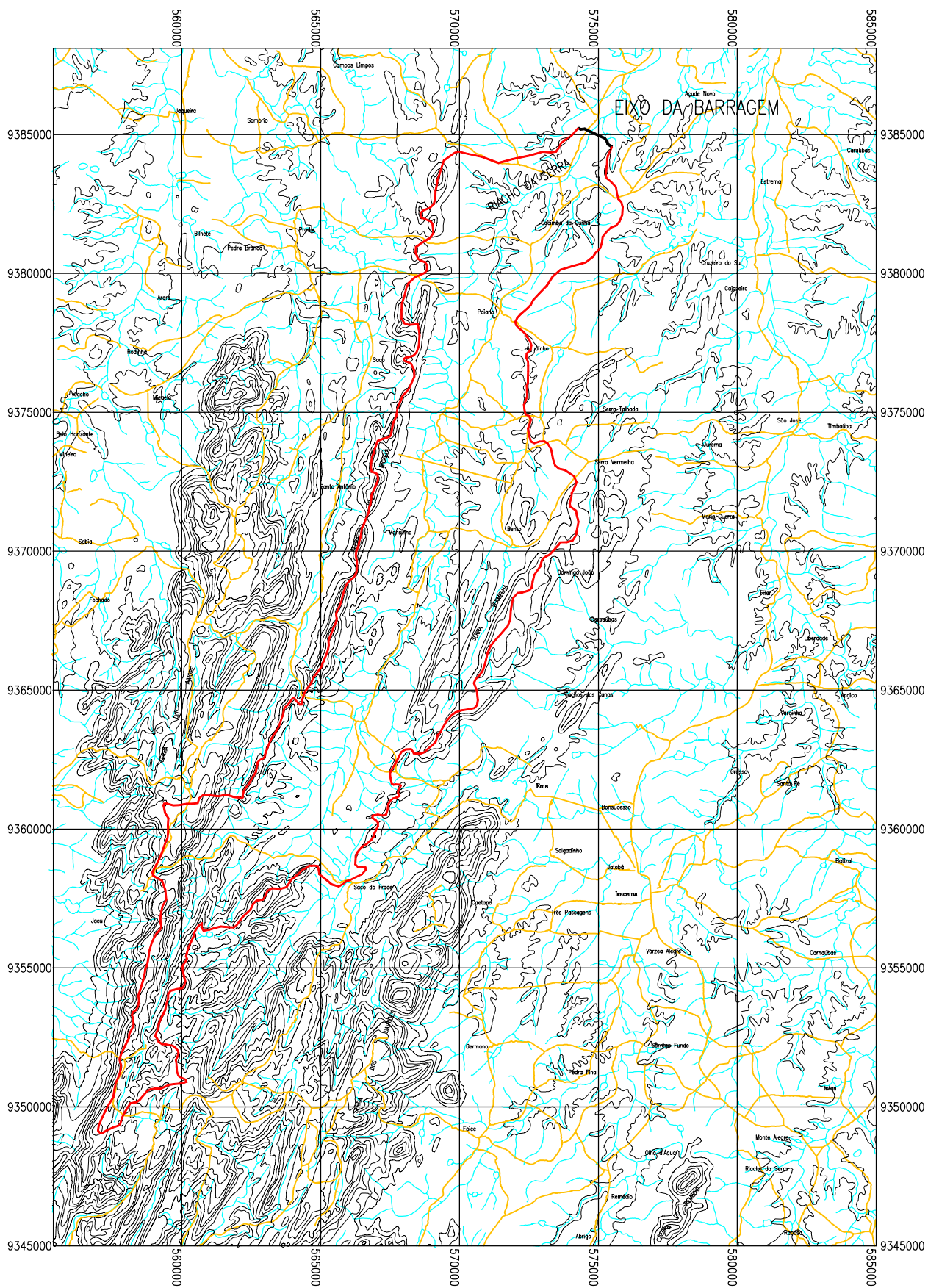
Os estudos cartográficos foram desenvolvidos basicamente a partir de cartas da SUDENE digitalizadas em escala 1:100.000 e com curvas de nível a cada 40 metros; sobre as quais foi definida a localização do barramento e delimitada a área da bacia hidrográfica.

A carta topográfica utilizada foi:

- Iracema: nº SB-24-X-C-V

A bacia hidrográfica da barragem foi delimitada sobre as cartas da SUDENE e avaliada em 173,36 km².

O contorno da bacia hidrográfica da barragem Riacho da Serra está apresentado na figura 2.1 a seguir, em escala bastante reduzida, e no desenho I-3A-01/11-000, do **Tomo 3A**, com maiores detalhes.



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1:200.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

2.1



2.2. TRANSPORTE DE COORDENADAS

Adotando-se o sistema de levantamento com GPS (Sistema de Posicionamento Global), foram determinadas as coordenadas dos marcos M-1 na estaca 00 e M-2 na estaca 40, no eixo da barragem Riacho da Serra, a partir do *Datum* SAD-69. Estes pontos foram locados um em relação ao outro, usando o próprio GPS, para a verificação da precisão obtida.

O quadro a seguir apresenta as coordenadas UTM, longitude e latitude geodésica dos pontos levantados.

Ponto	Estaca	Coordenadas UTM (m)		Longitude Geodésica	Latitude Geodésica
		Este	Norte		
Marco M-1	00	574.516,419	9.385.207,289	38°19'37,96074"WGr	5°33'41,92085"S
Marco M-2	40	575.236,492	9.384.854,704	38°19'14,54384"WGr	5°33'53,37570"S

No **Tomo 3B** – *Estudos Cartográficos – Memória de Cálculo* encontram-se os cálculos realizados para o transporte de coordenadas.

2.3. TRANSPORTE DE COTA

O transporte de cota foi realizado por meio de topografia convencional, através de poligonais de nivelamento e contra-nivelamento, tendo sido utilizado para esse trabalho um nível WILD N-1.

Tomou-se como base a RN nº 1897 H do IBGE, situada 27 metros à direita do eixo da CE-138, 5,7 km aquém da igreja matriz de Alto Santo no sentido Iracema – Alto Santo, nas coordenadas N = 9.384,7 km e E = 579,0 km e cota 100,9295 m.

A caderneta com o transporte de cota realizado na barragem Riacho da Serra, encontra-se no **Tomo 3C** – *Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo*.



2.4. LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E SANGRADOURO

O eixo da barragem Riacho da Serra foi locado em um boqueirão com características topográficas muito favoráveis, onde na ombreira esquerda encontra-se uma sela topográfica, com excelentes características para implantação de um sangradouro.

Os levantamentos topográficos do eixo da barragem e sangradouro, foram executados através de processos convencionais constando dos seguintes serviços: locação, implantação de marcos para futura relocação, nivelamento e levantamento de seções transversais.

2.4.1 Locação dos eixos e Implantação de Marcos

Utilizando-se um Teodolito WILD T-1, locou-se o eixo da barragem e 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: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

O eixo da barragem, parte da estaca 00 situada na ombreira esquerda, onde foi implantado o marco de concreto M-1. Buscando uma melhor locação seguindo o divisor de águas, se fez necessária uma deflexão de $27^{\circ}30'$, à direita, na estaca 40, e outra de $22^{\circ}20'$, também à direita, na estaca 47, onde estão instalados os marcos M-2 e M-3 respectivamente. Na ombreira direita, seguindo ainda a linha de cumeada, o eixo apresenta mais uma deflexão de $43^{\circ}20'$, à esquerda, na estaca 52+4,00 e termina na estaca 61, onde implantou-se o marco M-4.

O eixo do sangradouro foi locado na ombreira esquerda e o seu estaqueamento é representado pelo número da estaca seguido pela letra "S". Este eixo parte da estaca 0-S, e apresenta uma única deflexão de $40^{\circ}30'$, à esquerda, na estaca 4S+18,10, seguindo o divisor de águas até a estaca 12S+3,90, que coincide com a estaca 00 do eixo da barragem.



O quadro a seguir apresenta a relação dos marcos implantados.

Marco	Estaca	Coordenadas UTM (m)	
		Este	Norte
M-1	00	574.517	9.385.207
M-2	40	575.235	9.384.855
M-3	47	575.319	9.384.743
M-4	61	575.492	9.384.547

O desenho I-3A-02/11-000 no **Tomo 3A**, apresenta a planta baixa com o eixo locado, e a caderneta de locação encontra-se no **Tomo 3C – Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo**.

2.4.2. Nivelamento

O levantamento altimétrico da barragem Riacho da Serra, foi realizado utilizando-se um nível WILD N-1, onde foram niveladas todas as estacas do eixo da barragem e sangradouro materializado.

A partir deste levantamento, gerou-se o perfil longitudinal do terreno natural no eixo, o qual encontra-se apresentado no desenho I-3A-03/11-000, **Tomo 3A**.

No **Tomo 3C – Estudos Cartográficos – Cadernetas de Campo**, do *Volume I – Estudos Básicos* encontra-se a caderneta de nivelamento do eixo barrável e sangradouro.

4.2.3. Levantamento de Seções Transversais

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



O desenho I-3A-02/11-000 no **Tomo 3A**, apresenta a planta baixa do eixo da barragem Riacho da Serra e o seu respectivo sangradouro, com curvas de nível do terreno natural a cada metro, geradas a partir do levantamento topográfico. Já as cadernetas de seções transversais encontram-se no **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*.

2.4.4. Levantamento Do Canal De Restituição

O canal de restituição da barragem Riacho da Serra, foi levantado planialtimetricamente através de processos topográficos convencionais, constando de: locação, nivelamento e levantamento de seções transversais.

a) LOCAÇÃO

Locou-se o canal de restituição utilizando-se um Teodolito WILD T-1, o qual foi estaqueado e numerado a cada 20 metros até a estaca 05 e a cada 50 metros a partir da estaca 05, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis do relevo.

A partir da estaca 8S do eixo do sangradouro, foi locada a poligonal do canal de restituição com 1.106,50 metros de extensão, acompanhando o talvegue à jusante que conduzirá o caudal de sangria até o Riacho da Serra, como pode ser observado desenho I-3A-02/11-000, do **Tomo 3A**.

A caderneta de locação do canal de restituição, encontra-se no **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*.

b) NIVELAMENTO E SEÇÕES TRANSVERSAIS

Utilizando-se um nível WILD N-1, realizou-se o levantamento altimétrico da poligonal do canal de restituição, através de seccionamento a cada 20 metros até a estaca 05 e a cada 50 metros a partir da estaca 05, com 100 metros de largura para cada lado, com pontos cotados a cada 20 metros. A partir desse levantamento foi elaborada uma planta baixa com curvas de nível do terreno



natural a cada metro, que se encontra apresentada no **Tomo 3A**, desenho I-3A-02/11-000.

No **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*, do *Volume I - Estudos Básicos*, encontram-se as cadernetas de nivelamento e seções transversais da poligonal do canal de restituição.

2.5. LEVANTAMENTO DA BACIA HIDRÁULICA

Para a execução dos serviços o consórcio firmou contrato com a empresa BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A., tendo como objetivo a execução de serviços de engenharia cartográfica, compreendendo cobertura aerofotogramétrica colorida na escala 1:15.000, totalizando 55 km² e mapas digitais na escala 1:5.000, da bacia hidráulica que totalizaram 26,0 km².

2.5.1. Trabalhos Executados

Apresentamos abaixo a relação das fases dos trabalhos executados neste projeto:

- Cobertura Aerofotogramétrica;
- Apoio de campo;
- Aerotriangulação;
- Restituição digital em escala 1:5.000;
- Geração de arquivos magnéticos.

2.5.2. Cobertura Aerofotogramétrica

Após a concessão da autorização do ministério da defesa iniciaram-se os trabalhos da cobertura aerofotogramétrica os quais apresentamos a seguir.



a) Plano de Vôo

Foi executado um plano de vôo indicando o centro de cada tomada de foto, utilizando o software TPLAN, e a câmara aérea RMK-TOP obedecendo às seguintes especificações:

- Recobrimento lateral: $30\% \pm 3\%$;
- Recobrimento longitudinal: $60\% \pm 3\%$;
- Ângulo solar: mínimo de 30° para regiões planas e 35° para regiões montanhosas;
- Ângulo de deriva: média por faixa, tolerância de 2° , casos isolados 5° ;
- Verticalidade do eixo ótico: média por faixa, tolerância de 2° , casos isolados 3° ;
- Altitude do vôo: a escala da fotografia em função da altura de vôo, não deverá variar mais que 5% do estabelecido.

b) Recobrimento Aerofotogramétrico

A cobertura aerofotogramétrica foi realizada com aeronave especialmente adaptada à tomada de fotografias aéreas, equipada com piloto automático e equipamento rastreador de satélites do sistema NAVSTAR – GPS, para a orientação do vôo, equipada com câmara aerofotogramétrica automática, grande angular e distância focal calibrada, próxima de 152 milímetros e formato útil de 23x23 centímetros.

A câmara foi equipada com controlador automático de recobrimento e deriva, com mecanismo de integração com GPS de navegação e com chassis com suspensão giro-estabilizada. Esta possui Certificado de Calibração, fornecido pelo fabricante, realizado a um ano.



O filme aéreo utilizado foi base estável (poliéster), pancromático, colorido, alto poder resolutivo (no mínimo 125 linhas por milímetros) com, no mínimo, 0,004 polegadas de espessura e dentro do período de validade estipulado pelo fabricante.

c) Dados que constam nas fotos

- Escala da foto;
- Número da faixa;
- Número da foto;
- Nome do local;
- Coordenadas do centro das fotos no momento da tomada;
- Distância focal calibrada da câmara; e
- Marcas fiduciais.

d) Laboratório

O processamento do filme aéreo e de todos os seus subprodutos foi realizado em laboratório, com condições de temperatura e umidade relativa controladas.

As cópias fotográficas foram executadas em copiadoras eletrônicas, utilizando papel fotográfico, semi-mate com graduação que permitiu bom contraste.

e) Foto-índice

Para a confecção do foto-índice digital, as fotografias foram escanerizadas e montadas em faixas e estas em blocos, e, em seguida, reproduzidas em escala 4 (quatro) vezes menor que a escala original das fotos, em papel Semi Gloss, enquadradas por coordenadas geográficas, através de cruzetas desenhadas nos 4 (quatro) cantos de cada folha.



Dados contidos no Foto-índice:

- Número de cada exposição que o compõem;
- Números das faixas;
- Escala da foto;
- Escala do Foto-índice.

2.5.3. Apoio Básico

Na Barragem Riacho da Serra foram implantados 03 vértices, monumentalizados por marcos de concreto de formato tronco piramidal medindo 10x12x50 cm, com chapa de bronze no centro do topo e elevado a 10 cm do solo. De cada marco foi elaborada uma monografia que se encontra no **Tomo 3B - Estudos Cartográficos - Memória de Cálculo**.

Para a determinação das coordenadas de cada vértice da rede de apoio básico da Barragem Riacho da Serra tivemos na planimetria origem no V. CARAUBINHA do IBGE de latitude 05°28'45,46681" S e longitude 38°35'07,15750" W e altitude de 150,31 m, e chegada no mesmo vértice.

Foram implantados os vértices M-01 A a M-03 A e sua determinação foi executada pelo método diferencial estático com rastreamento em tempo suficiente para resolver a ambigüidade com constelação mínima de 05 (cinco) satélites e PDOP de 06 (seis) ou menor, a fim de garantir uma precisão mínima de 1:100.000.

As medições foram feitas com GPS Trimble 4600LS de uma frequência com duração de rastreio de 1 hora.

Os vértices implantados foram nivelados geometricamente tendo como origem a RN 1897H e a chegada RN 1897 G ambas do IBGE.



No apoio suplementar foram determinados 15 pontos plani-altimétricos denominados de HV-01 a HV-15.

A determinação foi executada pelo método diferencial estático com rastreamento em tempo suficiente para resolver a ambigüidade com constelação mínima de 05 (cinco) satélites e PDOP de 06 (seis) ou menor, a fim de garantir uma precisão mínima de 1:50.000.

As medições foram feitas com GPS Trimble 4600LS de uma frequência com duração de rastreio de 0,30 hora.

A altimetria do apoio suplementar teve suas altitudes ortométricas determinadas por diferença geoidal definidas através do rastreio de duas RRNN do IBGE, as quais deram altitude aos pontos do apoio suplementar.

2.5.3. Aerotriangulação

As imagens para a geração dos trabalhos foram obtidas a partir da scanerização dos negativos fotogramétricos na escala de 1:15.000, com utilização de “scanner fotogramétrico” com capacidade de geração de imagens digitais com “pixel” de 28 microns.

aerotriangulação espacial foi executada em equipamentos digitais ISM dotados de programa específico para o cálculo e ajustamento da mesma utilizando a escanerização executada.

No cálculo da aerotriangulação foi utilizado o programa PAT-B do professor Ackermann.

Considerando a importância da aerotriangulação na precisão do produto final, os procedimentos foram rigorosamente controlados.



2.5.4. Restituição Fotogramétrica

Para a vetorização dos elementos cartográficos a seguir discriminados, foram utilizados restituidores digitais dotados de programa específico.

Elementos Cartográficos representados:

- Sistema hidrográfico;
- Altimetria;
- Referências de nível.

A altimetria foi definida até a cota 96 mais 100 metros, para maior segurança dos dados do projeto, perfazendo um total de 26 km² de área restituída.

Todos os trabalhos seguiram as INSTRUÇÕES REGULADORAS DAS NORMAS TÉCNICAS DA CARTOGRAFIA NACIONAL, atendendo ao padrão de PEC estabelecido a esse tipo de trabalho.

2.5.5. Produtos Entregue

Serão entregue a SRH/CE os seguintes produtos a respeito do levantamento aerofotogramétrico da bacia da barragem Riacho da Serra:

- Uma coleção de aerofotos na escala do vôo, 28 fotos;
- Um foto índice na escala de 1:60.000;
- Monografias dos vértices implantados;
- 01 coleção de CD-ROM, contendo 23 fotos aéreas em formato digital;
- 01 coleção de arquivos digitais, em formato DWG-3D na escala 1:5.000, com hidrografia e altimetria. A impressão destes arquivos encontram-se nos desenhos de I-3A-04/11-000 até I-3A-10/11-000, do Tomo 3A, acordo com o quadro a seguir:



Articulação	Desenho do Tomo 3A
RS - A1	I-3A-04/11-000
RS - A2	I-3A-05/11-000
RS - A3	I-3A-06/11-000
RS - A4	I-3A-07/11-000
RS - B1	I-3A-08/11-000
RS - B2	I-3A-09/11-000
RS - B3	I-3A-10/11-000

2.6. LEVANTAMENTO DE JAZIDAS

As áreas das ocorrências de materiais construtivos para execução da barragem Riacho da Serra foram amarradas a partir do eixo barrável, através de uma poligonal locada com a utilização de um teodolito WILD T-1. As ocorrências objeto do levantamento planimétrico foram: Jazidas J-1, J-2, J-3 e J-4 de material terroso, Areal e Pedreira.

2.6.1. Jazidas

Foram estudadas quatro jazidas para construção da barragem de terra. Inicialmente locou-se a poligonal de amarração das jazidas J-1, J-2, J-3 e J-4, em relação ao eixo barrável. Em seguida, através de uma linha base auxiliar, todos os poços escavados para investigação geotécnica das jazidas foram locados, numerados e amarrados.

O quadro a seguir apresenta a quantidade de furos e a área levantada de cada jazida, do primeiro furo locado ao eixo barrável.

Local	Quantidade de Furos	Área (ha)
Jazida J-1	164	22,73
Jazida J-2	59	10,75
Jazida J-3	35	6,00
Jazida J-4	35	6,00



No **Tomo 3A**, desenho I-3A-11/11-000, apresenta a localização das jazidas e no **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*, encontram-se as cadernetas de locação.

2.6.2. Areal

Para execução do filtro de areia e fonte de fornecimento de agregado miúdo para concretos da barragem Riacho da Serra, foram realizadas investigações geotécnicas por meio de poços à pá e picareta, ao longo do areal do rio Figueiredo. Este areal foi locado através de uma poligonal com 3.309,60 metros a partir do furo F-10 da jazida 2.

A localização do areal pode ser observada no desenho I-3A-11/11-000 do **Tomo 3A**, enquanto a caderneta de locação está apresentada no **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*.

2.6.3. Pedreira

A pedreira de onde será extraído o material pétreo necessário para a construção da barragem, foi levantada planimetricamente através de uma poligonal, a partir da estaca 47 do eixo barrável totalizando 609,48 metros de extensão.

O desenho I-3A-11/11-000 do **Tomo 3A**, apresenta a localização da pedreira, e a caderneta de locação encontra-se no **Tomo 3C** - *Estudos Cartográficos - Cadernetas de Campo*.



MONTGOMERY WATSON



3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS



3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

3.1. GEOLOGIA REGIONAL

A descrição da Geologia Regional foi feita com base em pesquisa de trabalhos realizados anteriormente, tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado em 1983, e o Projeto Rio Jaguaribe, executado pelo DNPM, em 1979. Foram utilizadas as nomenclaturas adotadas no Projeto Rio Jaguaribe.

O Riacho da Serra, escolhido para a formação da barragem é contribuinte do Rio Figueiredo, que é afluente do rio Jaguaribe, fazendo parte da bacia hidrográfica do Jaguaribe, formada por rios intermitentes, onde predomina o padrão de drenagem dendrítica.

A morfologia da área é representada por um extenso pediplano com cotas que variam de 200 a 350m, profundamente entalhado por erosão diferencial sobre migmatitos, gnaisses e granitos, sobressaindo em alguns locais, dessa superfície arrasada, os maciços residuais de gnaisses graníticos e granitóides.

As rochas cristalinas pré-cambrianas ocupam quase toda a área, ocorrendo secundariamente áreas com coberturas sedimentares e rochas filoneanas.

As rochas do Pré-Cambriano passaram por intensos processos tectônicos associados a fenômenos de migmatização e granitização que dificultam uma divisão estratigráfica entre as unidades litológicas presentes, que foram agrupadas de forma indiferenciada com relação à ordem cronológica, constituindo três unidades litológicas a seguir descritas:

Complexo Caicó, formada por uma grande variedade litológica, com elevado grau de cristalinidade, predominando as associações gnáissicas e migmatíticas e caracterizando-se como a unidade dominante na região; Rochas Plutônicas Granulares, formadas abaixo da superfície terrestre e representadas por granitóides, gabróides e sienitos; Diques Ácidos, formados por rochas filoneanas



ácidas que ocorrem preenchendo fraturas e recortando as litologias supra citadas, e representadas por granitos filoneanos, pegmatitos e veios quartzosos e de sílica cripto-cristalina.

Três unidades mais recentes, pertencentes à era Cenozóica são divididas da seguinte forma: **Vulcanismo Cabugi**, formado por um conjunto de diques de diabásio e microsienogabro, com direção preferencialmente E-W, variando para NE-SW, discordantes da estrutura regional;

Grupo Barreiras Indiviso, constituído de sedimentos aluviais de idade terció-quaternária, que margeiam o vale do rio Jaguaribe, sub-enquadrados na Formação Faceira, contendo, na base, conglomerados com seixos de rochas cristalinas, sobrepostos por arenitos e siltitos de cores variegadas com intercalações de argila e cascalhos;

Aluviões, que são sedimentos de idade quaternária de composição silto-areno-argilosa, encontrados principalmente nos leitos e margens dos principais rios e riachos.

O “trend” regional apresentado pela foliação das rochas cristalinas se dá predominantemente segundo NE-SW. A falha de Jaguaribe, de movimento transcorrente e rejeito destrógiro, é responsável pela estruturação da região. Possui direção NE-SW e sua extensão total é de aproximadamente 250Km.

3.2. GEOLOGIA LOCAL

A área estudada fica localizada no Município de Alto Santo, na localidade de Cacimba do Cunha, no Estado do Ceará.

A geologia local foi definida a partir de interpretação de fotografias aerofotogramétricas em escala 1:15.000, reforçada pela visita de campo em que foram feitos os caminhamentos ao longo dos eixos da barragem e sangradouro e reconhecimento da bacia hidráulica, com utilização de bússola e GPS de mão.



A litologia (ver figura 3.1) predominante é formada por rochas cristalinas do Pré-Cambriano, incluídas no Complexo Caicó, onde ocorrem gnaisses migmatíticos, muitas vezes homogeneizados, com estrutura granítica, recortados por veios de quartzo e pegmatitos que formam os diques ácidos filoneanos.

O alinhamento do eixo da barragem se dá mais ou menos segundo NW-SE, e a foliação dominante das rochas que ocorrem na área é orientada segundo NE-SW com mergulhos suaves, predominantemente para SE.

Os depósitos aluvionares se formam ao longo dos principais rios e riachos formando em alguns locais extensos platôs constituídos por sedimentos silto-areno-argilosos de granulometria fina e cor cinza clara.

A área ocupada pela bacia hidráulica constitui um extenso dobramento anticlinal com caimento para Sul, perceptível nas fotografias aéreas e indicado no Projeto Rio Jaguaribe. Esta feição é recortada em vários locais por fraturas e falhamentos discordantes com a estruturação geral, destacando-se um extenso falhamento preenchido por um dique de diabásio, a aproximadamente 4Km ao sul da barragem, evidenciando a presença do Vulcanismo Cabugi.

O evento estrutural de maior importância, considerado em termos regionais, que é a falha de Jaguaribe, passa a aproximadamente 5Km à NW do eixo da barragem.

3.3. LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DE SUPERFÍCIE

O levantamento geológico de superfície foi realizado no campo com o objetivo de identificar as unidades litológicas presentes, definindo seus contatos litológicos.

Ao longo do eixo locado, abrangendo uma faixa de 150m para montante e 150m para jusante foram estudadas as ocorrências e mapeados os principais afloramentos contendo rocha em superfície. Na bacia hidráulica os percursos foram feitos de carro de passeio pelos acessos disponíveis na área, com utilização de GPS de mão para anotação dos pontos visitados. O eixo topográfico locado,



GEOLOGIA REGIONAL

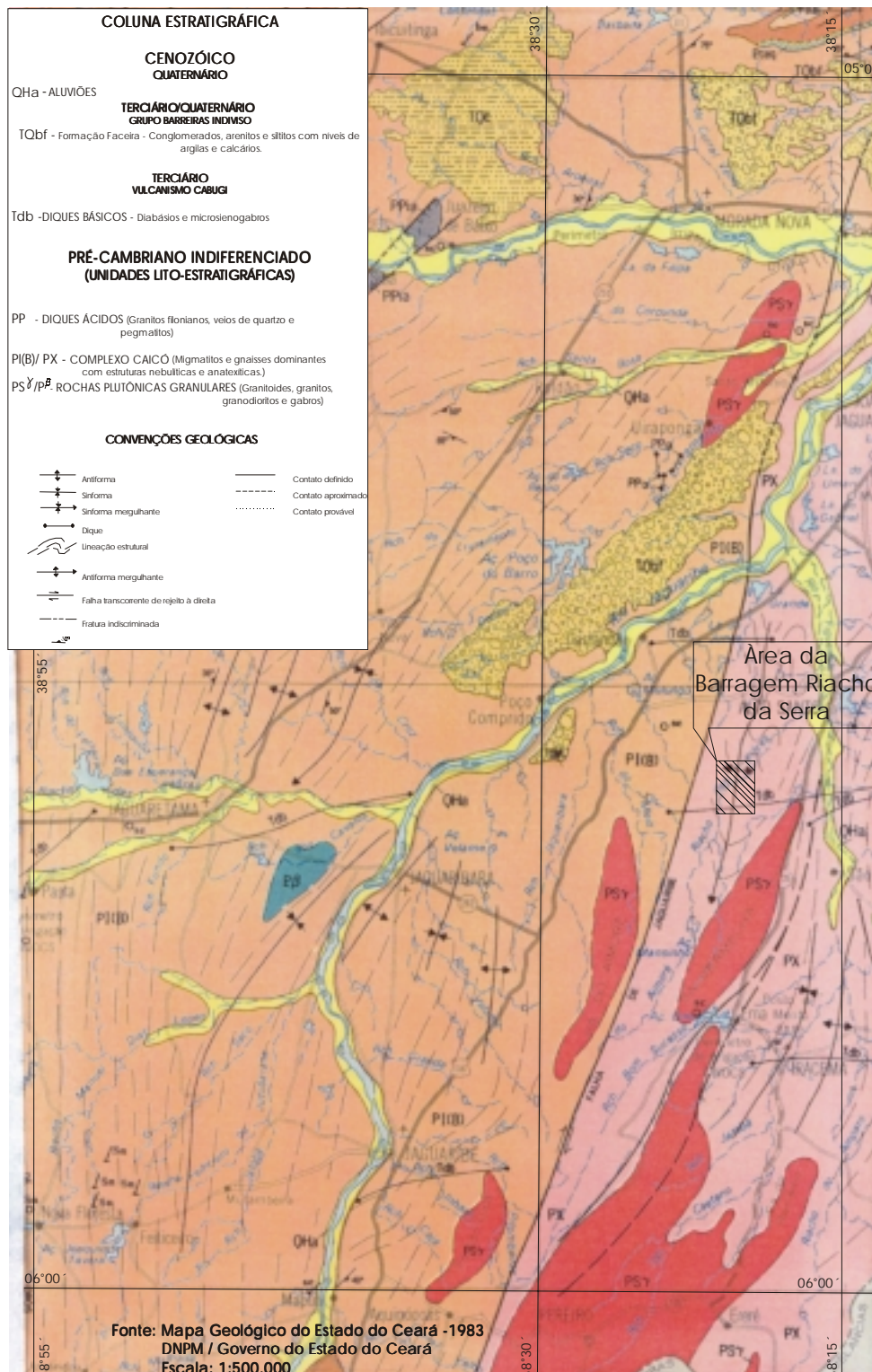


Figura 3.1 - Geologia Regional



que tem orientação geral segundo NW-SE, está estaqueado em campo a cada 20m, sendo esta marcação iniciada a partir da estaca 0 até a estaca 12+3,90 no trecho escolhido para o sangradouro; a partir deste ponto há uma deflexão iniciando-se, na ombreira esquerda o eixo da barragem, onde a estaca 12+3,90 do sangradouro coincide com a estaca 0 da barragem, cujo eixo se desenvolve até a estaca 61, na ombreira direita.

A litologia presente no lado esquerdo o rio é representada por rochas gnáissicas, migmatíticas e graníticas, numa distribuição caótica, dificultando bastante a definição de um tipo litológico padrão, havendo muitas vezes uma predominância da textura nebulítica, podendo ser observada a lineação estrutural dos minerais, apresentando uma granulometria fina a grossa, algumas vezes porfirítica formando augens de feldspato, dando aspecto granítico à rocha, que possui cor cinza-clara com tons amarelados de alteração, contendo essencialmente feldspato, biotita, moscovita e quartzo. Nas porções mais gnaissificadas e migmatizadas a foliação passa a variar bastante conforme os dobramentos, sendo muitas vezes impossível defini-la com segurança. Há casos em que percebe-se o neossoma granítico envolvendo porções migmatíticas e resquílios de paleossoma biotítico. São comuns também os veios quartzo-feldspáticos e pegmatíticos preenchendo as fraturas. Na área do sangradouro, entre as estacas 0 e 12+3,90, a foliação se dá preferencialmente em torno de N170°Az, ou seja a direção se orienta praticamente segundo N-S, com mergulhos sub-verticais a verticais. Essa condição é desfavorável com relação ao fluxo de percolação de montante para jusante, pois o eixo locado fica posicionado obliquamente ou quase perpendicular à foliação. Entre as estacas 12+3,90=0 e 13 tem-se a mesma litologia já descrita, sendo que a rocha apresenta-se mais migmatizada com estruturas planares mais definidas, com foliação variando entre N20°Az a N60°Az, ou seja, com direção NE-SW e mergulho suave, entre 20° a 40° para SE. Em toda essa área há uma grande abundância de afloramentos que, pela margem esquerda fazem contato direto com a calha do rio, cujo leito com aproximadamente 7m de largura é preenchido com areia de granulometria média a grossa de cor cinza-clara.



A faixa de aluvião se desenvolve de maneira mais expressiva pela margem direita do rio, formando uma área de topografia plana, com aproximadamente 160m de largura, com solo constituído de silte areno-argiloso de granulometria fina e cor cinza-clara.

Do lado direito do rio, nas áreas de domínio das rochas cristalinas, é marcante a presença de gnaisses com foliação bem definida, mostrando bandeamento, granulação fina a média, cor cinza, ricos em biotita, e a topografia do terreno se desenvolve de forma mais plana do que o verificado pela margem esquerda, com suaves ondulações e maior escassez de afloramentos que ocorrem de forma dispersa. Essas rochas são sempre recortadas por veios pegmatíticos e mantêm a foliação concordante com o “trend” regional segundo NE-SW com mergulhos suaves para SE.

A partir de 248 direções de fraturas medidas nas rochas aflorantes, foi elaborado o Diagrama de Roseta para definição da direção preferencial média percentual que se dá segundo NE-SW, concentrando-se principalmente entre N60°Az a N70°Az, representando um percentual de 15,32% do total medido e entre N80°Az a N90°Az, representando 14,91%. O mergulho se dá preferencialmente sub-vertical (60° a 80°) para SE.

3.4. INVESTIGAÇÃO NO LOCAL DO BARRAMENTO

3.4.1. Sondagens Realizadas

As investigações geotécnicas realizadas no local da barragem objetivaram a identificação e compreensão das características e peculiaridades do solo de fundação e do substrato rochoso deste sítio, visando a concepção de um maciço tecnicamente adequado e seguro, além de economicamente viável.

Para concretização deste objetivo foram realizadas 25 prospeções mecânicas, sendo 19 sondagens à percussão e 6 sondagens mistas (iniciada por processo percussivo e prosseguida com sonda rotativa), nas posições indicadas na figura nº 3.2. As sondagens mistas, totalizaram 96,65 m, dos quais 20,95 m com

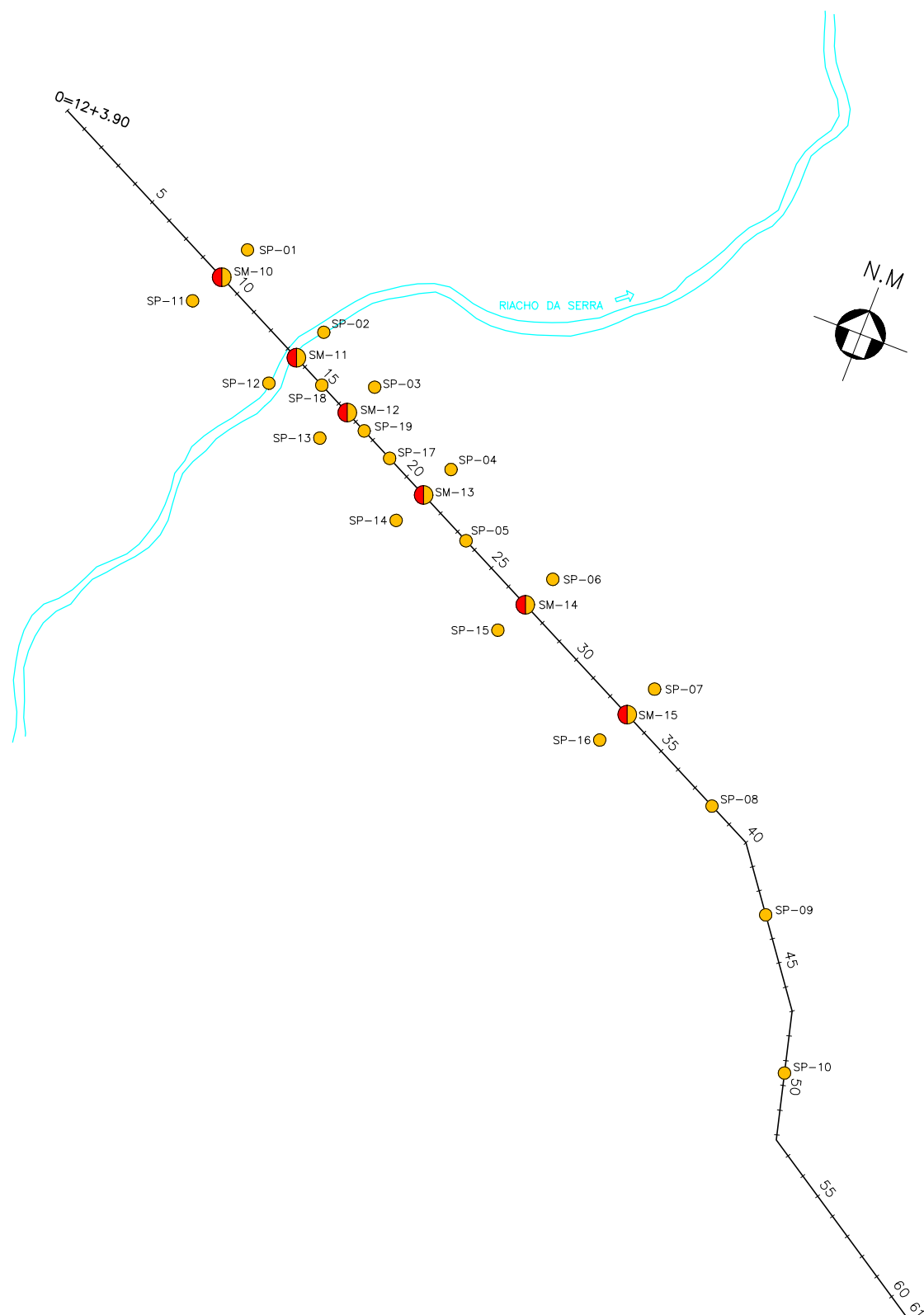


emprego de sonda percussiva e 75,70 m com sonda rotativa e as sondagens percussivas alcançaram um total de 60,85 m.

Com o intuito de avaliar a permeabilidade dos solos da fundação e obter informações qualitativas sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso, foram realizados ensaios de campo em todos os furos das sondagens mistas do eixo. No trecho em solo, estes testes consistiram de ensaios de infiltração de carga e vazão constante e de carga variável (Lefranc) e, no trecho perfurado com sonda rotativa, de ensaios de perda d'água sob pressão (Lugeon). Em algumas sondagens percussivas selecionadas foram, também, realizados ensaios de infiltração. Os resultados destas sondagens e ensaios de campo são apresentados nos desenhos do **Tomo 4 A**, sob forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo.

Todos os furos de sondagem foram referenciados ao eixo topográfico implantado e tiveram suas coordenadas UTM registradas. Altimetricamente tiveram as cotas das bocas levantadas através de nivelamento topográfico.

INVESTIGAÇÃO NO BARRAMENTO



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1:5.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.2



3.4.2. Sondagens a Percussão

Nas sondagens a percussão foram empregados dois processos para avanço do furo, iniciando-se com um trado concha de 4" e prosseguindo-se até alcançar o nível d'água ou tornar-se inoperante diante da consistência ou compacidade do material encontrado. A partir destas condições o furo foi revestido e passou-se então ao processo de perfuração com circulação de água, usando-se o trépano de lavagem como ferramenta de escavação e a remoção do material escavado através da água de lavagem. Ao ser encontrado material resistente ao avanço pelo processo de circulação de água o furo foi interrompido.

Para a extração das amostras foi utilizado o amostrador padrão de 2" e 1 3/8" de diâmetros externo e interno, respectivamente.

Na Tabela Nº 3.1, a seguir, são relacionadas as sondagens percussivas, suas referências plani-altimétricas, as extensões investigadas, o menor valor de SPT registrado ao longo da sondagem e sua correspondente compacidade ou consistência.

Tabela Nº 3.1: Investigação Geotécnica no Eixo da Barragem Riacho da Serra							
Sondagem Percussiva							
Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão Sondada	SPT Mínimo	Compacidade ou Consistência Mínima
		Este (X)	Norte (Y)				
SP-01	9 (30m para jusante)	-	-	84,275	Rocha aflorante	-	-
SP-02	13+10,00 (30m para jusante)	574.772	9.385.115	74,547	4,38	4	Fofa
SP-03	16+10,00 (30m para jusante)	574.826	9.385.089	74,295	10,05	2	Muito mole
SP-04	21 (30m para jusante)	574.894	9.385.022	74,994	1,30	14	Rija
SP-05	23+10,00	574.939	9.385.000	77,712	0,60	62/25	Muito Compacta
SP-06	27 (30m para jusante)	575.015	9.384.996	75,060	3,23	4	Fofa
SP-07	33 (30m para jusante)	575.123	9.384.944	80,721	0,53	38/18	Dura
SP-08	38 (eixo)	575.199	9.384.873	85,005	1,05	42	Compacta
SP-09	43 (eixo)	575.271	9.384.807	86,705	0,37	45/17	Muito Compacta

**Tabela Nº 3.1: Investigação Geotécnica no Eixo da Barragem Riacho da Serra
Sondagem Percussiva**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão Sondada	SPT Mínimo	Compacidade ou Consistência Mínima
		Este (X)	Norte (Y)				
SP-10	49+10,00 (eixo)	575.331	9.384.694	83,818	0,38	57/21	Muito compacta
SP-11	9 (30m para jusante)	-	-	81,150	Rocha aflorante	-	-
SP-12	13+10,00 (30m para montante)	575.746	9.385.061	73,302	4,45	2	Fofa
SP-13	16+10,00 (30m para montante)	574.800	9.385.035	74,841	10,88	5	Média
SP-14	21 (30m para montante)	574.881	9.384.995	77,595	0,45	59/25	Muito Compacta
SP-15	27 (30m para montante)	574.989	9.384.943	75,662	0,33	36/13	Muito Compacta
SP-16	33 (30m para montante)	575.096	9.384.890	79,090	1,20	33	Dura
SP-17	19 (eixo)	574.858	9.385.040	74,920	4,70	4	Fofa
SP-18	15 (eixo)	574.786	9.385.075	74,742	8,06	4	Fofa
SP-19	17+10,00 (eixo)	574.831	9.385.053	74,953	8,89	4	Fofa

3.4.3. Sondagens Mistas

As sondagens mistas foram iniciadas a percussão e prosseguidas por meio de rotação. Os trechos de sondagem rotativa foram executados com coroa NX de diamante acoplada a um barrilete duplo. A sonda utilizada foi a MARCH-850 e a SS21-SONDEC. Para cada operação do barrilete foram registradas a percentagem de recuperação e o número de peças, dados que estão indicados nos perfis de sondagens.

Na Tabela Nº 3.2, a seguir, são relacionadas as sondagens mistas, informadas suas referências plani-altimétricas, as extensões investigadas por processo percussivo e rotativo, e a descrição da rocha predominante.

**Tabela Nº3.2: Investigação Geotécnica No Eixo Da Barragem Riacho da Serra
Sondagem Mista**

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		SPT Mínimo	Rocha Predominante
		Este (X)	Norte (Y)		Percussão	Rotativa		
SM-10	9+2,00	574.644	9.385.144	81,563	0,40	12,11	-	Gnaiss c/ veios pegmatíticos, muito dura, gran fina, maciça
SM-11	13+10,00	574.759	9.385.088	74,648	4,50	13,04	12	Gnaiss muito dura, gran fina, maciça
SM-12	16+10,00	574.813	9.385.062	74,374	10,70	16,30	5	Gnaiss muito dura, gran fina, maciça
SM-13	21	574.894	9.385.022	74,994	2,00	7,55	33	Gnaiss muito dura, gran fina, maciça
SM-14	27	575.002	9.384.970	75,279	1,85	15,40	9	Gnaiss muito dura, gran fina, foliada/macica
SM-15	33	575.110	9.384.917	80,841	1,50	11,30	32	Gnaiss muito dura, gran fina, foliada/macica

3.4.4. Ensaios de Campo

Nas sondagens percussivas SP-02, SP-03, SP-04, SP-12, SP-13, SP-16 e SP-17 e nas sondagens mistas, trecho em solo, SM-11, SM-12 e SM-13 foram executados ensaios de infiltração do tipo Lefranc, para a determinação do coeficiente de permeabilidade “*in situ*” do substrato terroso. Os ensaios de permeabilidade em solos foram executados conforme as orientações para a sua execução no campo preconizadas no Boletim Nº 04 (junho de 1996) pela ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.

Nas sondagens mistas, trecho em rocha, SM-10, SM-11, SM-12, SM-13, SM-14 e SM-15 foram executados ensaios de perda de água sob pressão (Ensaio Lugeon), para a determinação quantitativa sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso. Os ensaios de perda d’água Lugeon foram executados conforme as orientações preconizadas no Boletim Nº 02 da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. O número de ensaios e a perda específica máxima encontrada por furo são relacionadas na Tabela nº 3.3, e os resultados



de cada ensaio são apresentados nos boletins de sondagens individuais no **Tom**
4 A.

Tabela Nº3.3: Investigação Geotécnica no Eixo da Barragem Riacho da Serra Ensaios de Campo

Nº	Estaca	Extensão Sondada	Nº de Ensaios Lefranc	Nº de Ensaios Lugeon	Máxima Permeab. Registrada (cm/s)	Máxima Perda d'água Específica Registrada	Profundidade de máxima Permeab./Perda D'água
SP-02	13+10,00 (30m para jusante)	4,38	3	-	3,8x10E-4	-	3,60
SP-03	16+10,00 (30m para jusante)	10,05	6	-	6,7x10E-3	-	5,00
SP-04	21 (30m para jusante)	1,30	1	-	1,9x10E-4	-	1,00
SP-12	13+10,00 (30m para montante)	4,45	4	-	1,8x10E-2	-	1,00
SP-13	16+10,00 (30m para montante)	10,88	7	-	2x10E-3	-	2,00
SP-16	33 (30m para montante)	1,20	1	-	Não absorveu	-	-
SP-17	19 Eixo	4,70	3	-	6,9x10E-4	-	2,00
SM-10	9+2,00 Eixo	12,51	-	4	-	0,73	/4,0 a 7,0
SM-11	13+10,00 Eixo	17,54	2	4	1,8x10E-2	2,88	2,00 /7,84 a 10,84
SM-12	16+10,00 Eixo	27,00	2	5	1,9x10E-4	1,46	/5,00 /11,73a 14,73
SM-13	21 Eixo	9,55	1	2	Não absorveu	1,77	/5,50 a 8,50
SM-14	27 Eixo	17,25	-	5	-	0,56	/11,25 a14,25
SM-15	33 Eixo	12,80	-	4	-	0,09	/8 a 11

Perda D'água em l/min/m/atm

3.5. INVESTIGAÇÃO DO SANGRADOURO

3.5.1. Sondagens Realizadas

Os estudos geotécnicos no local do sangradouro foram realizados com a finalidade de fazer a identificação e caracterização do subsolo, inclusive, avaliando a capacidade do material rochoso de resistir aos processos erosivos provocados pelas descargas previstas.



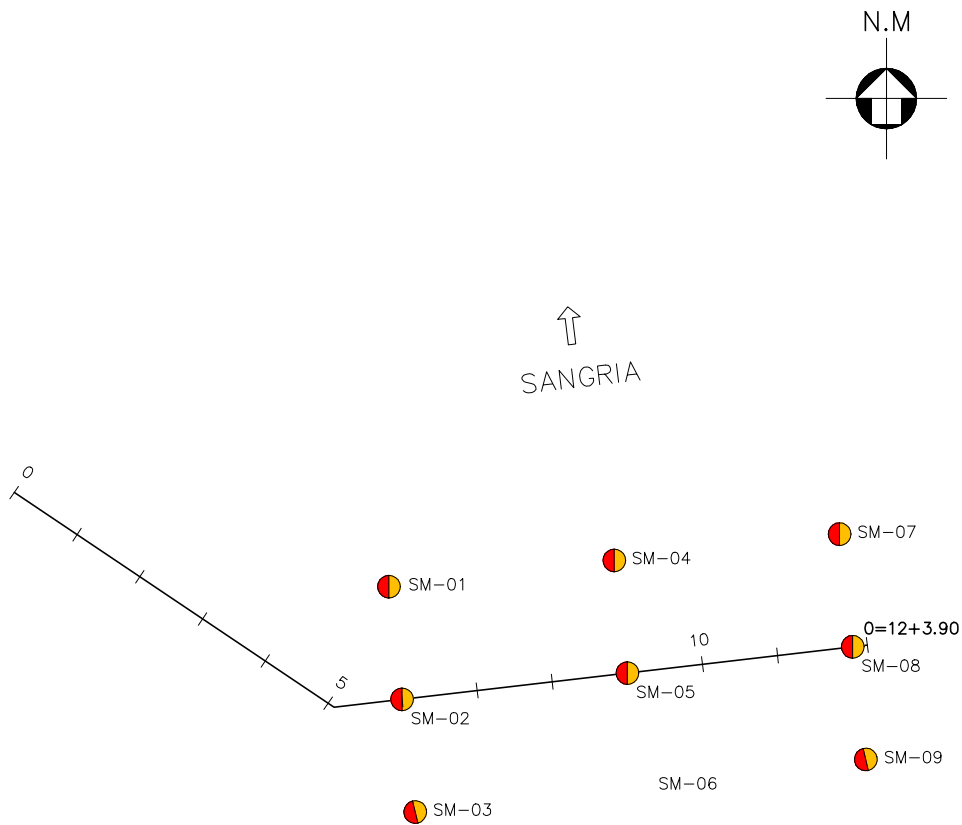
Para este fim foram realizados 9 furos de sondagens mistas (iniciado por percussiva e prosseguido com sonda rotativa), nas posições indicadas na figura nº 3.3, deste Tomo e nos desenhos do Tomo 4 A. Os resultados destas sondagens e ensaios de campo são, também, apresentados nos desenhos do Tomo 4 A, sob forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo.

Na Tabela Nº 3.4, a seguir, é mostrada a relação das sondagens realizadas no local do sangradouro.

TABELA Nº 3.4: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DA BARRAGEM RIACHO DA SERRA SANGRADOURO

Nº	Estaca	Coordenadas (UTM)		Cota (m)	Extensão (m)		Rocha Predominante	Grau de intemperismo
		Este (X)	Norte (Y)		Percus	Rotat.		
SM-01	6 (30m para jusante)	574.390	9.385.222	90,554	8,00	6,00	Gnaisse mod. Dura, gran fino, foliado	Ligeramente Intemper.
SM-02	6 (eixo)	574.394	9.385.192	92,624	1,60	6,10	Gnaisse mod. Dura, gran fino, c/ veios pegmatito	Medianam. Intemper.
SM-03	6 (30m para montante)	574.399	9.385.162	90,086	0,65	7,35	Gnaisse macio a mod duro e pegmatito dura maciça	Ligeram. Intemper.
SM-04	9 (30m para jusante)	574.450	9.385.229	90,004	1,05	8,15	Gnaisse dura, gran fino, foliado a maciço	Ligeram. Intemper.
SM-05	9 (eixo)	574.453	9.385.199	93,266	2,45	9,05	Gnaisse mod a muito duro e pegmatito dura maciça	Medianam. Intemper
SM-06	9 (30 m para montante)	574.457	9.385.169	91,349	0,50	9,50	Gnaisse muito dura, gran fino, maciço	Medianam. Intemper
SM-07	13 (30m para jusante)	574.509	9.385.236	93,206	0,80	8,30	Gnaisse mod. dura, gran fino, foliado	Medianam. Intemper
SM-08	12 (eixo)	574.513	9.385.206	93,149	1,07	7,93	Gnaisse muito dura, gran fino, maciço c/ veios de pegmatito	Ligeram. Intemper
SM-09	12 (30m para montante)	574.516	9.385.196	91,508	1,10	8,00	Gnaisse dura, gran fino, maciço c/ veios de pegmatito	Medianam. a ligeram. Intemper.

INVESTIGAÇÃO NO SANGRADOURO



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1:2.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.3



3.6. ESTUDO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Os estudos das ocorrências de materiais para a utilização na construção da barragem foram iniciados por um simples reconhecimento de toda a área em volta do eixo do barramento, de modo que fossem selecionadas as ocorrências potencialmente aproveitáveis, levando-se em conta a qualidade do material e os volumes disponíveis.

Com fonte de materiais para construção da barragem foram identificadas 4 jazidas de solos, 1 pedreira, um areal, cuja situação em relação ao eixo pode ser vista na figura nº 3.4.

3.6.1. Jazida de Solos

As jazidas de solo foram estudadas através de sondagens a pá e picareta, executadas nos vértices de uma malha quadrada típica de 50m de lado, cobrindo a área a ser explorada, conforme é mostrado nas figuras nº 3.5 a 3.8.

A jazida J-01, situada num morrote de encostas íngremes, no lado direito do futuro reservatório, apresenta uma grande área de rocha alterada e fragmentos de rocha de dimensões variadas, com finos areno siltosos, que poderá representar um aterro com nível razoável de permeabilidade. No entanto, sua proximidade com o local do barramento sugere seu emprego, em zonas selecionadas do maciço da barragem, para maior economia do empreendimento.

Para compor as zonas mais impermeáveis do maciço foram necessárias a indicação de 3 áreas de solos mais plásticos, que ocorrem com pouca frequência na região e com espessuras reduzidas. As áreas selecionadas distam cerca de 6 km para o eixo da barragem.

Os horizontes encontrados nos furos das jazidas foram identificados, classificados tátil visualmente e medidas suas espessuras, conforme apresentado nos boletins de campo no volume 4 A- Geologia e Geotecnia- Anexos. Em furos representativos das jazidas foram coletadas amostras, as quais foram enviados ao laboratório e submetidos a ensaios geotécnicos. A tabela 3.5 apresenta



características gerais das jazidas e a tabela 3.6 ilustra um quadro resumo dos volumes expurgável e utilizável..

Tabela 3.5: Características Gerais das Jazidas

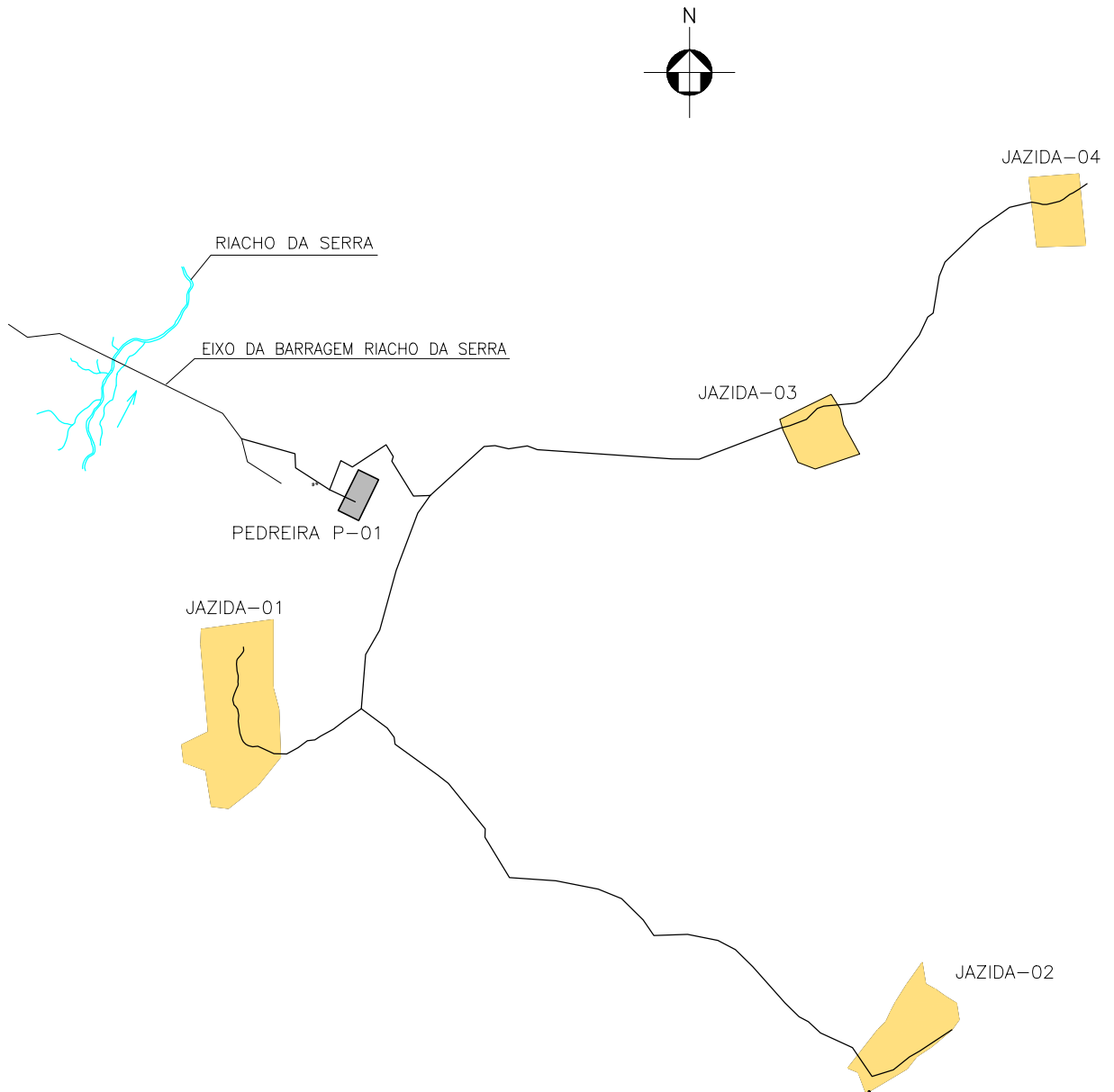
	Jazida J - 01	Jazida J - 02	Jazida J - 03	Jazida J - 04
Proprietários	Carlos Gomes/ José de Oliveira	-	-	-
Área Estudada (m ²)	245.969	116.403	69.305	67.664
Nº de poços executados	164	59	35	35
Espessura média do expurgo (m)	0,10	0,10	0,10	0,10
Espessura média de material utilizável (m)	0,72	0,60	0,37	0,42
Volume de expurgo (m ³)	24.597	11.640	6.930	6.766
Volume de material utilizável (m ³)	177.098	69.842	25.643	28.419
Distância ao eixo da barragem (m)	3605	6145	3.733	5.271

Tabela 3.6: Volume de Materiais das Jazidas

Local	Volume (m ³)	
	Utilizável	Expurgável
Jazida J - 01	177.098	24.597
Jazida J - 02	69.842	11.640
Jazida J - 03	25.643	6.930
Jazida J - 04	28.419	6.766
Volume Total	301.002	49.933

As tabelas 3.7 e 3.8 apresentam resumos dos resultados dos ensaios realizados em cada jazida.

LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS
DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1:30.000

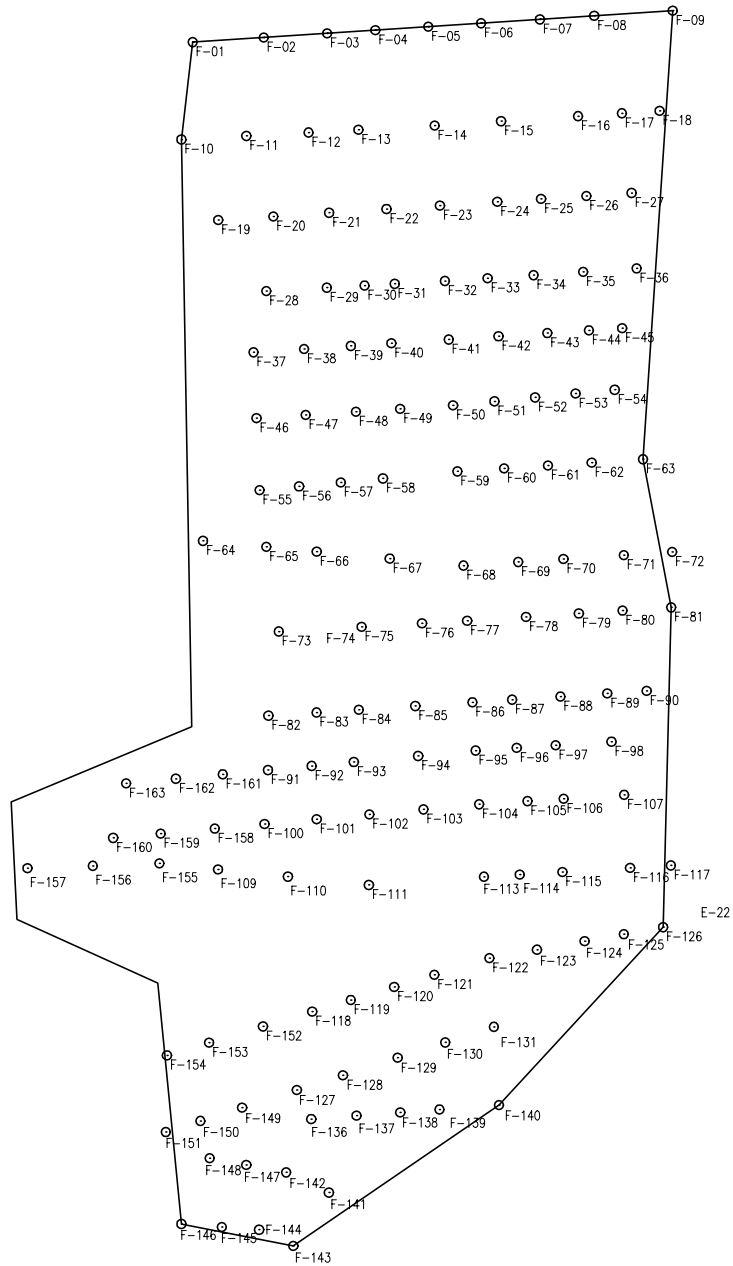
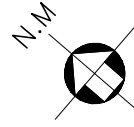
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.4

JAZIDA-01



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1:5.000

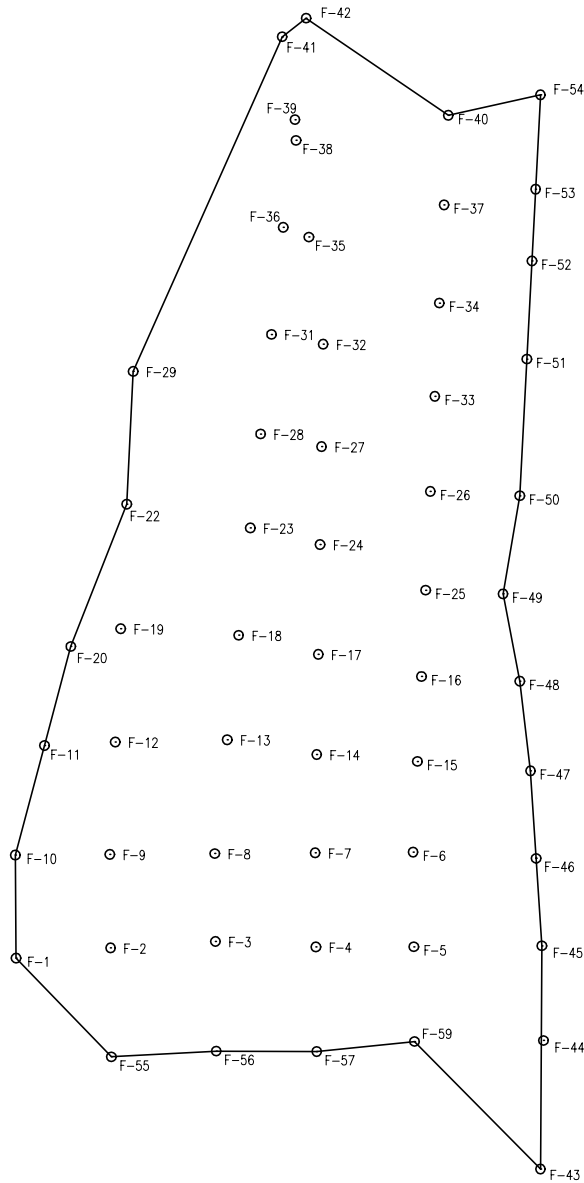
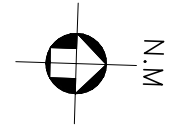
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.5

JAZIDA-02



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1: 4.000

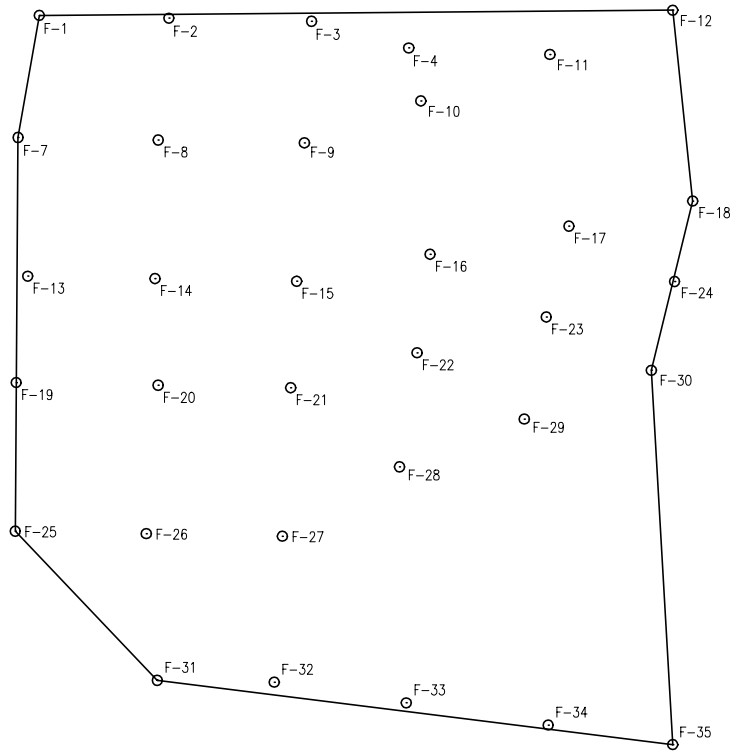
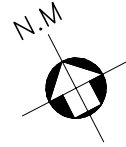
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.6

JAZIDA-03



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1: 3.000

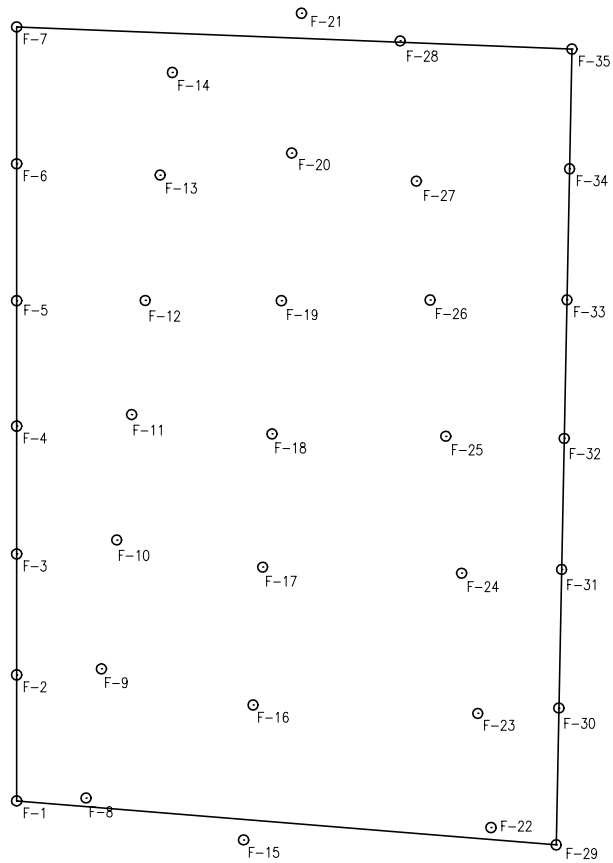
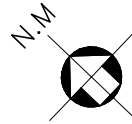
DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.7

JAZIDA-04



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1: 3.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.8

**TABELA 3.7: Quadro Resumo dos Ensaios – Jazida J-01**

Furos		12	16	39	60	63	75	79	97	101	105	117	121	127	139	144	151
GRANULOMETRIA																	
% que passa	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/4"	100	100	99	100	100	95	100	98	100	100	96	94	97	100	100	100
	1/2"	98	98	97	98	95	85	97	95	98	100	91	89	92	96	99	100
	3/8"	97	96	95	98	93	80	96	93	95	100	90	87	90	92	98	99
	Nº 4	91	91	91	93	86	66	90	87	90	99	83	81	80	88	95	96
	Nº 10	71	85	85	87	77	57	78	81	84	97	77	76	74	81	89	87
	Nº 40	45	49	47	66	37	21	32	52	58	77	56	62	59	61	72	65
	Nº 100	33	36	36	52	23	10	23	35	49	57	37	51	45	47	54	49
	Nº 200	30	31	32	48	16	6	20	30	42	51	32	47	40	43	49	43
<0,005	10			29				8				24		19		17	
LIMITES DE ATTERBERG																	
LL	26,1	29,3	32,0	43,0	NL	NL	28,0	32,1	32,2	38,2	40,0	42,0	42,2	36,3	44,2	35,1	
LP	20,0	22,2	24,1	28,0	NP	NP	24,0	24,8	22,4	25,0	26,0	26,0	28,0	24,2	27,9	24,2	
IP	6,1	7,1	7,9	15,0	NP	NP	4,0	7,3	9,8	13,2	14,0	16,0	14,2	12,1	16,3	10,9	
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.																	
U.S.C.S.	SC	SC	SC	SC	SM	SW	SC	SC	SC	CL	SC	SC	SC	SC	SC	SC	
COMPACTAÇÃO																	
Densidade Seca - γ_s (g/cm ³)	1,865	1,857	1,819	1,770	1,866	1,832	1,843	1,922	1,825	1,678	1,866	1,740	1,759	1,908	1,754	1,840	
Umidade Ótima (%)	12,50	12,70	12,50	16,10	11,60	12,90	12,00	12,80	13,40	15,50	14,00	18,10	17,40	12,00	17,20	12,90	
ENSAIOS IN SITU																	
Umidade Natural (%)		3,60	3,10	3,10		4,10				3,90		3,1	3,6				
Peso Específico Natural (g/cm ³)		1,490	1,546	1,470		1,492				1,384		1,452	1,431				
PERMEABILIDADE																	
Permeabilidade (cm/s)	9,0E-07			7,7E-07				9,9E-07				8,3E-07		8,4E-07		9,4E-07	



TABELA 3.8: Quadro Resumo dos Ensaios - Jazidas J-02, J-03 e J-04

Furos	Jazida J - 02						Jazida J - 03						Jazida J - 04						
	05	08	10	16	27	42	02	09	13	21	23	33	02	09	13	21	23	33	
Granulometria																			
% que passa	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	3/4"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	1/2"	100	100	99	100	100	99	100	100	99	97	96	100	100	100	99	99	96	98
	3/8"	100	100	98	99	99	99	97	100	98	94	94	100	99	99	98	96	91	94
	Nº 4	94	98	94	93	92	94	93	97	96	88	88	98	97	96	96	92	79	83
	Nº 10	79	93	88	79	81	81	85	86	91	81	82	93	88	90	97	85	66	68
	Nº 40	46	63	51	59	60	62	54	55	61	60	60	69	62	64	59	57	25	28
	Nº 100	36	46	36	43	45	47	38	40	33	41	43	48	42	43	38	37	12	15
	Nº 200	33	40	30	39	40	43	31	35	24	32	36	41	36	35	32	30	10	13
<0,005	11	14	8					12		12	14		10	12		9			
LIMITES DE ATTERBERG																			
LL	32,1	40,2	30,4	44,4	39,1	44,3	34,1	36,1	32,1	35,1	38,2	34,2	35,1	36,1	35,1	34,2	34,2	33,3	
LP	24,0	28,1	24,0	28,1	27,1	27,9	28,0	26,3	26,4	25,3	24,1	25,7	24,8	25,1	26,3	26,0	27,2	26,1	
IP	8,1	12,1	6,4	16,3	12,0	16,4	6,1	9,8	5,7	9,8	14,1	8,5	10,3	11,0	8,8	8,2	7,0	7,2	
CLASSIFICAÇÃO USCS																			
U.S.C.S.	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	
COMPACTAÇÃO																			
Densidade Seca - γ_s (g/cm ³)	1,84 9	1,90 1	1,94 3	1,72 7	1,86 5	1,831 17,2	1,88 0	1,82 1	1,77 1	1,83 5	1,83 8	1,87 5	1,86 0	1,85 1	1,89 4	1,93 5	1,96 6	1,95 0	
Umidade Ótima (%)	13,6	14,8	11,3	15,0	16,9	17,2	11,6 8	13,0 0	12,5 0	14,5 0	13,6 0	13,2 0	11,8 0	12,0 2	10,6 8	10,4 0	10,0 3	10,2 1	
ENSDAIOS IN SITU																			
Umidade Natural (%)	3,1	3,1	4,1	3,6	3,1	4,1	3,1	4,1	3,6	3,6	3,1	3,1	3,1	4,1	3,6	3,6		3,1	
Peso Específico Natural (g/cm ³)	1,52 2	1,37 6	1,55 8	1,43 0	1,49 0	1,473	1,45 9	1,51 1	1,38 5	1,48 3	1,38 2	1,47 3	1,42 2	1,51 9	1,51 2	1,51 2		1,55 7	
PERMEABILIDADE																			
Permeabilidade (cm/s)	8,1E-07	7,9E-07	1,1E-06				9,4E-07		9,1E-07	7,9E-07			8,3E-07	8,0E-07		1,0E-06			

Na Tabela Nº3.9 são mostrados os resultados médios dos ensaios de laboratório.

Tabela Nº 3.9: Valores Médios dos Ensaios das Jazidas

Jazida	Granulometria (% que passa)								Plasticidade (%)			USC	γ_g	Hót	$\gamma_{smáx}$
	1"	¾"	½"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	LL	LP	IP				
J-01	100	99	95	93	87	80	53	34	33	23	10	SC	2,69	14,0	1,827
J-02	100	100	100	99	94	84	57	38	38	27	11	SC	2,67	14,8	1,853
J-03	100	100	99	97	93	86	60	33	35	26	9	SC	2,66	14,8	1,815
J-04	100	100	99	96	91	81	49	26	35	26	9	SC	2,68	13,4	1,909



Além dos ensaios geotécnicos de laboratório anteriormente mencionados, foram realizados ensaios de Permeabilidade de Carga Variável e Triaxial (tipo Consolidado Drenado – lento).

Tabela Nº 3.10: Valores Médios dos Ensaios Especiais das Jazidas			
Jazida	Coefficiente de Permeabilidade (cm/s)	Triaxial	
		Coesão (kgf/cm²)	φ (°)
J-01	8,8x10 ⁻⁷	0,11	31,2
J-02	9,0x10 ⁻⁷	0,24	27,6
J-03	8,8x10 ⁻⁷	0,17	30
J-04	8,8x10 ⁻⁷	0,21	30,5

3.6.2. Areal

O areal identificado e estudado para execuções do filtro vertical, dreno horizontal e concretos consta de bancos no leito do rio Figueiredo, a cerca de 9 km de distancia para o eixo, compostos de areia grossa.

Na calha do riacho da Serra as sondagens mecânicas identificaram depósitos de areia, de textura grossa a média, com espessura de até 3,30 m e excelentes características para o emprego nas obras da barragem. Caso o projeto opte pela escavação da fundação para implantação de uma trincheira de vedação, estas areias deverão ser aproveitadas.

Foram coletadas amostras do areal do rio Figueiredo para a realização de ensaios de Granulometria por Peneiramento e Permeabilidade com carga constante.

A tabela 3.11 apresenta um resumo de características gerais do areal estudado.

Tabela 3.11: Características Gerais do Areal	
Área Estudada (m ²)	50.000
Nº de poços executados	16
Espessura média de material utilizável (m)	0,94
Volume de material utilizável (m ³)	47.000
Distância ao eixo da barragem (m)	9.000



Na Tabela Nº 3.12 são mostrados os resultados médios dos ensaios de laboratório realizados no Areal.

Tabela Nº 3.12: Valores Médios dos Ensaios do Areal											
Granulometria (% que passa)								D_{max} (mm)	M.F.	USC	Perm. (cm/s)
1"	3/8"	Nº4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100				
100	100	97	88	60	20	1	-	4,8	3,36	SP	5x10E-3

3.6.3. Pedreira

A pedreira escolhida situa-se a 600 m a jusante da ombreira direita da barragem e tem como finalidade complementar os volumes que serão aproveitados das escavações obrigatórias do sangradouro. A ocorrência é um afloramento rochoso que possui um volume de material aproveitável maior que 30.000 m³.

A tabela 3.13 apresenta um resumo de características gerais da pedreira estudada.

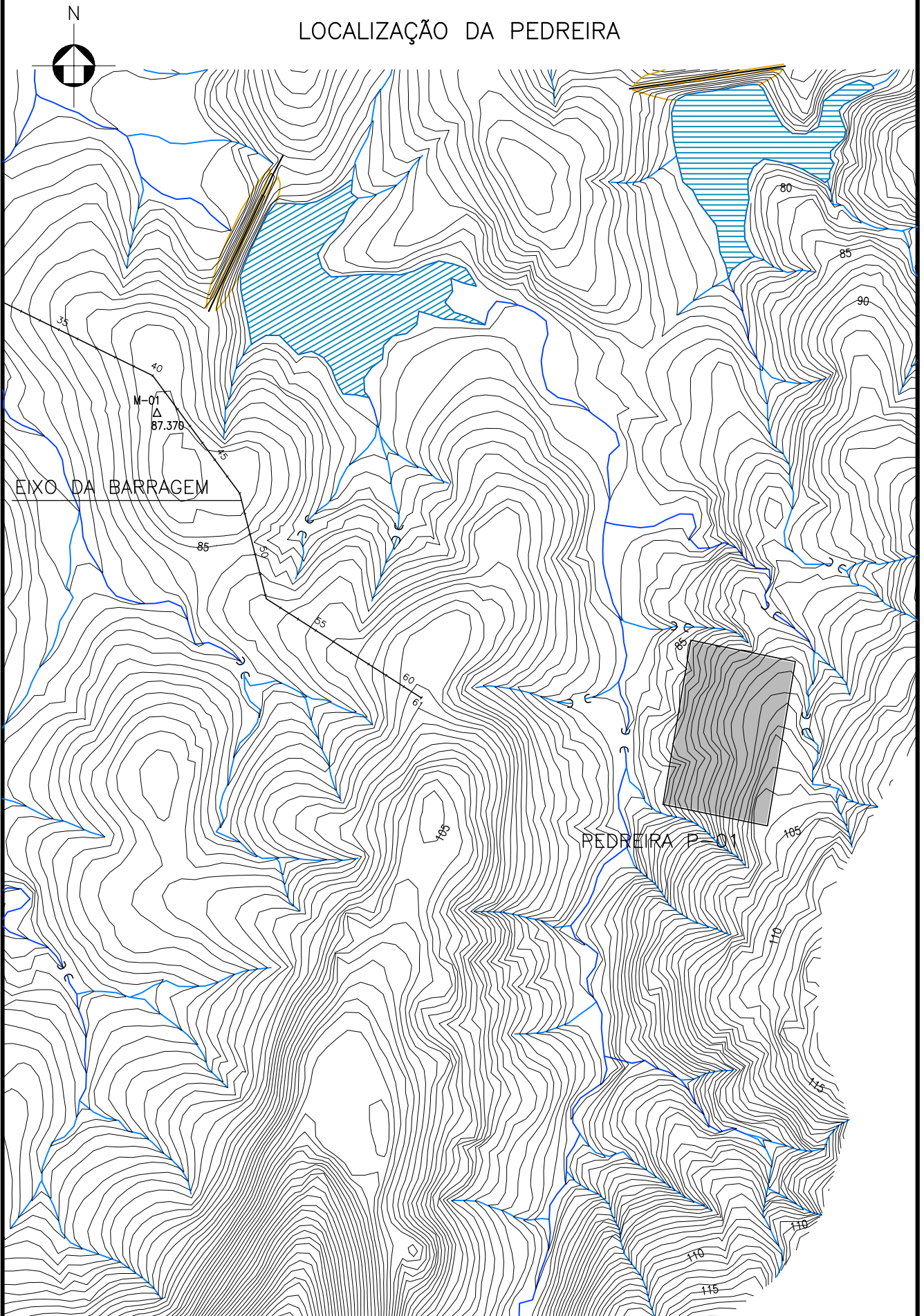
Tabela 3.13: Características Gerais da Pedreira	
Proprietário	José Otacílio
Área Estudada (m ²)	20.000
Distância ao eixo da barragem (m)	1.320

Foram coletadas amostras da pedreira para a realização do ensaio de desgaste por Abrasão "Los Angeles". Na Tabela nº 3.14 é apresentado o valor médio do ensaio. Na figura nº 3.14 é apresentado a planta individual da pedreira.

Tabela Nº 3.14 Valores Médios dos Ensaios da Pedreira
Abrasão Los Angeles (%)
27

Todos os ensaios laboratoriais são apresentados no **Tomo 4 A- Geologia e Geotecnia- Anexos**.

LOCALIZAÇÃO DA PEDREIRA



MONTGOMERY WATSON



BARRAGEM RIACHO DA SERRA

ESCALA:

1:5.000

DATA:

JAN./2002

FIGURA N° :

3.9



MONTGOMERY WATSON



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS



4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

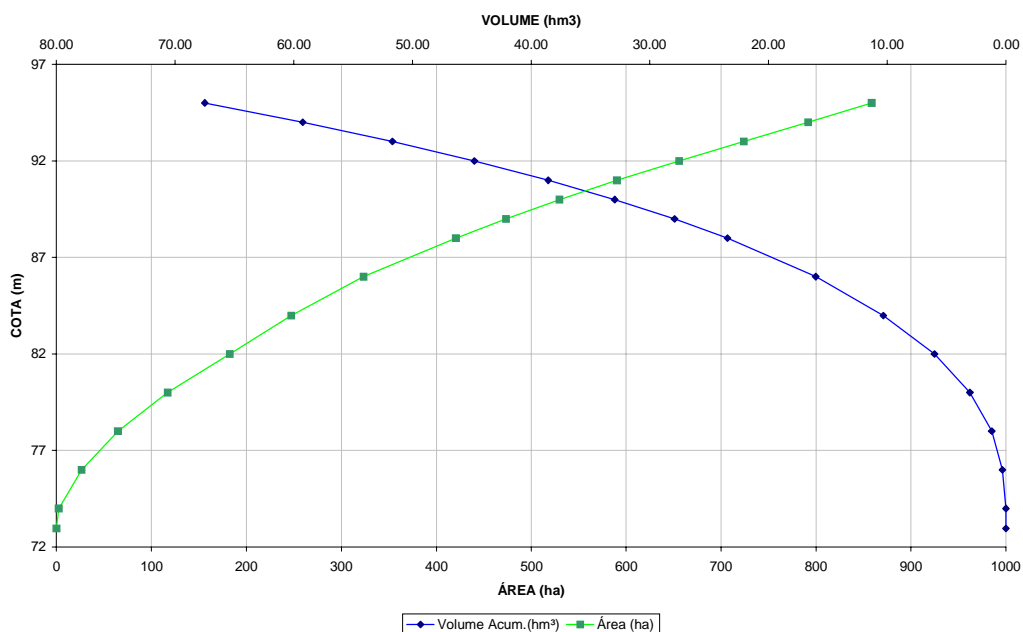
4.1. FICHA HIDROLÓGICA

Município	Alto Santo
Rio ou Riacho Barrado.....	da Serra
Área da Bacia Hidrográfica	173,4 km ²
Comprimento do Talvegue Principal.....	49,6 km
Desnível do Talvegue Principal.....	555 m
Precipitação Média Anual	834 mm
Escoamento Médio Anual	147,7 mm
Evaporação Média Anual(Tanque Classe A)	2.235 mm
Vertedouro Tipo.....	Soleira Espessa
Cota do Vertedouro.....	88,00 m
Largura do vertedouro	120 m
Comprimento/Declividade Longitudinal do Vertedouro	73 m/0,00 %
Volume Máximo de Acumulação (Cota 88,00)	23,47 hm ³
Vazão Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	459 m ³ /s
Cota Máxima de Cheia - TR = 1.000 anos.....	1,99 m
Vazão Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	721 m ³ /s
Cota Máxima de Cheia - TR = 10.000 anos.....	2,48 m
Vazão Regularizada com 90% de Garantia	0,37 m ³ /s
Vazão Regularizada com 95% de Garantia	0,31 m ³ /s
Vazão Regularizada com 99% de Garantia	0,24 m ³ /s



COTA - ÁREA - VOLUME			
Cota(m)	Área (ha)	Volume (hm ³)	Volume Acum.(hm ³)
72.968	0.00	0.00	0.00
74.000	2.40	0.01	0.01
76.000	26.31	0.29	0.30
78.000	64.75	0.91	1.21
80.000	117.24	1.82	3.03
82.000	182.46	3.00	6.03
84.000	247.19	4.30	10.32
86.000	323.31	5.71	16.03
88.000	420.73	7.44	23.47
89.000	473.62	4.47	27.94
90.000	529.64	5.02	32.96
91.000	590.28	5.60	38.56
92.000	655.68	6.23	44.79
93.000	724.00	6.90	51.68
94.000	791.81	7.58	59.26
95.000	858.66	8.25	67.52

BARRAGEM RIACHO DA SERRA
CURVA COTA x ÁREA x VOLUME





4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O açude Riacho da Serra barra riacho de mesmo nome nas coordenadas UTM N 9.384.980 e E 574.730. A barragem situa-se próxima à localidade Cacimba do Cunha, no município de Alto Santo, pertencendo à microrregião geográfica do Médio Jaguaribe.

A bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra tem como principal contribuinte riacho homônimo, abrangendo uma área de contribuição de 170 Km². O riacho da Serra se estende na direção sul-norte, perfazendo, aproximadamente, 47,45 Km do ponto mais a montante do sistema de drenagem até o eixo da barragem.

A Figura 4.2.1 apresenta o sistema de drenagem da bacia contribuinte ao açude Riacho da Serra e região adjacente. Observa-se que o rio Figueiredo, principal curso d'água da região, recebe as água do riacho da Serra nas proximidades da cidade de Alto Santo.

Os solos presentes na bacia de drenagem do açude Riacho da Serra são predominantemente associações de solos Litólicos Eutróficos+Afloramentos Rochosos (Re40) e de solos Litólicos+Podzólicos Vermelho-Amarelo+Afloramentos Rochosos (Re58), abrangendo em conjunto cerca de 82% da área da bacia hidrográfica. São solos que se caracterizam pelo alto potencial de escoamento superficial, com muito baixa taxa de infiltração e transmissão da água. Com menor representatividade tem-se as associações de solos Litólicos Eutróficos+Afloramentos Rochosos+Bruno Não Cálcico (Re57) e de solos Litólicos Eutróficos+Bruno Não Cálcico (Re38), abrangendo em conjunto cerca de 12% da bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra.

Ressalta-se que a bacia hidráulica do açude Riacho da Serra inundará região cujo solo dominante é associação de solos Litólicos Eutróficos+Bruno Não Cálcico (Re38), como pode ser visto na Figura 4.2.2, a qual apresenta mapa com a distribuição das manchas de solos presentes na bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra.

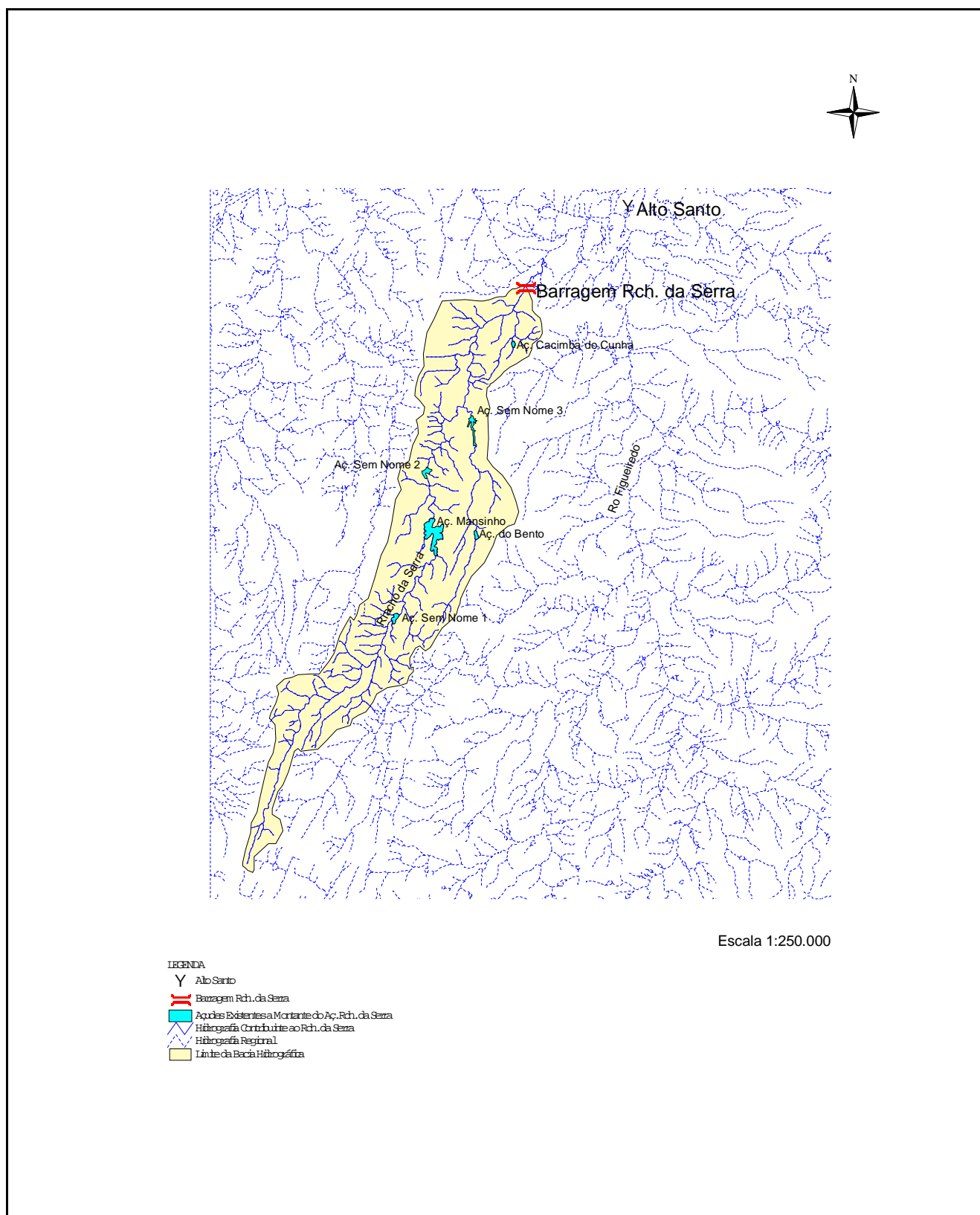


Figura 4.2.1 – Sistema de drenagem e açúdes existentes na bacia hidrográfica do açúde Riacho da Serra.

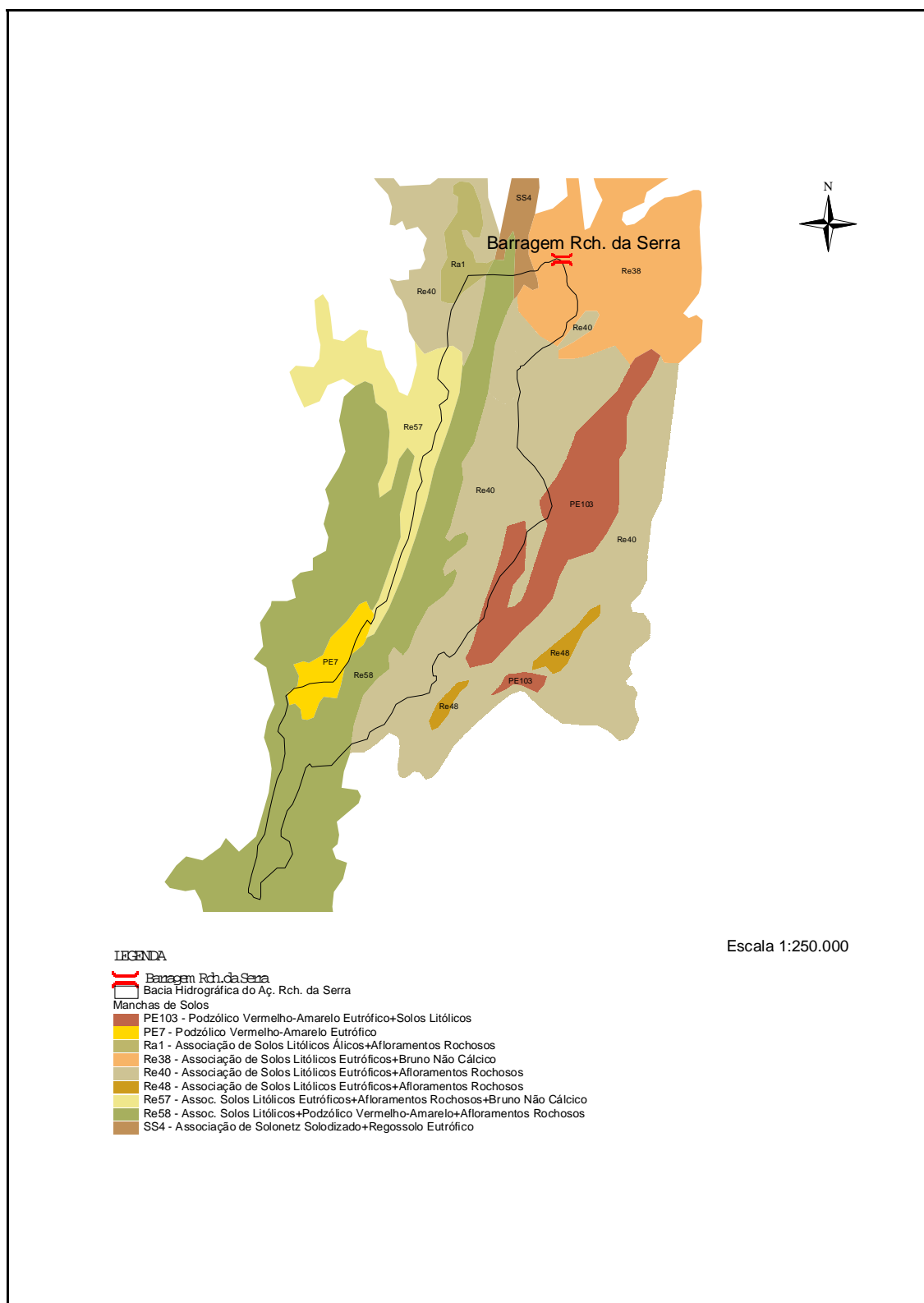


Figura 4.2.2 – Manchas de Solos na bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra.



A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo para a bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra foi obtida a partir das imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996, adquiridas quando da elaboração do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe (COGERH/ENGESOFT, 2000). O Quadro 4.2.1, a seguir, apresenta a configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra.

Quadro 4.2.1 Configuração do uso do solo na bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra, de acordo com as imagens de satélite TM/Landsat, para o ano de 1996 (COGERH/ENGESOFT, 2000).

Uso do Solo	Área (m ²)	% do Uso do Solo em Relação à Área da Bacia Hidrográfica
Caatinga Arbórea Densa	39.794.400	23,41
Caatinga Herbáceo Arbustiva	115.759.800	68,10
Espelhos d'água > 5 ha	1.097.100	0,65
Solo Exposto	17.100	0,01
Mata Ciliar	855.000	0,50
Área Agrícola	1.366.200	0,80
Área Alterada/Antropizada	11.101.500	6,53
Total	169.991.100	100

Nota-se pelas informações apresentadas no Quadro 4.2.1 que a região da bacia de drenagem do açude Riacho da Serra possui ótimo estado de preservação das matas virgens, pois aproximadamente 90 % da área é coberta por caatinga arbórea densa e caatinga herbáceo arbustiva, além de que áreas identificadas como de solo exposto ou áreas antropizadas, as quais indicam sinais de degradação ambiental, representam menos de 7% da área da bacia hidrográfica.

Conclui-se que a bacia de drenagem do açude Riacho da Serra encontra-se em ótimo estado de conservação, não apresentando sinais representativos de degradação ambiental.



Com as informações do grupo de solo hidrológico da bacia e o uso do solo (classificado de acordo com o Método CN) determinou-se o CN, a ser adotado no cálculo da precipitação efetiva, ponderando-se estas informações, conforme apresentado no Quadro 4.2.2 a seguir.

Quadro 4.2.2 Determinação do Número CN para a Área da Bacia Hidrográfica do Açude Riacho da Serra.

USO do SOLO	PERMEABILIDADE (m ²)	PONDERAÇÃO CN	
	D	CN	PESO
Plantações regulares em fileiras retas	1.366.200	88	0,01
Florestas Normais	40.649.400	76	0,24
Florestas Esparsas	115.759.800	84	0,69
Estradas de terra de superfície dura	17.100	92	0,00
Pastagens ou terrenos em más condições	11.101.500	89	0,07
CN GERAL			82

Determinou-se, portanto, que para o cálculo da precipitação efetiva na bacia do açude Riacho da Serra deve ser usado CN igual a 82.

4.3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Para a caracterização climática da região foram utilizadas as informações da estação meteorológica de Morada Nova, a qual é a estação geograficamente mais próxima do local da barragem, localizada nas coordenadas UTM N 9.436.243 e E 568.354. As informações com relação a temperatura, insolação, umidade relativa, ventos e evaporação foram extraídas das *Normais Climatológicas - 1961 a 1990* - do INEMET (1992), para a estação meteorológica de Morada Nova.

Em síntese, o clima da bacia em estudo é caracterizado pelos indicadores do quadro a seguir.



INDICADOR	ÍNDICE
Pluviometria média anual	834 mm
Semestre chuvoso e índice de concentração	Jan/Jun
Trimestre úmido	Mar/Maio
Trimestre seco	Set/Nov
Mês de maior pluviosidade	Março
Temperatura média anual	27,1 °C
Média das temperaturas mínimas	21,9 °C
Média das temperaturas máximas	33,8 °C
Amplitude das médias extremas	22,7 °C
Umidade relativa média anual	67,5 %
Período de maior umidade relativa	Março
Período de menor umidade relativa	Setembro
Insolação anual	2983 h
Período de maior insolação	Outubro
Período de menor insolação	Abril
Ventos de 1ª predominância	Este/Nordeste
Velocidade média dos ventos	3,2 m/s
Evaporação média anual em tanque classe A	2235 mm
Período de maior evaporação	Out/Nov
Período de menor evaporação	Mar/Abr
ETP média anual	1892 mm

4.4. ESTUDOS DE CHUVAS INTENSAS

4.4.1. Chuvas Máximas Diárias

Diversas distribuições podem ser utilizadas como teóricas para as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições, foi escolhida a Lognormal de 3 parâmetros como a que melhor se ajustou, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no Quadro 4.4.1.



Quadro 4.4.1 - Análise de Frequência de Máximos Diários de Chuva Posto Pluviométrico: 3813532

TR (anos)	P(1dia)
100	158
1000	219
10000	295

4.4.2. Chuvas Intensas

Na área em estudo não existem registros de pluviógrafos, o aparelho mais comum nas estações pluviométricas é o pluviômetro, que é capaz de registrar a “precipitação de 1 dia”. Isto impossibilita o uso da metodologia convencional, na qual, a partir de chuvas intensas de várias durações registradas em pluviogramas, estabelece-se uma equação que relaciona intensidade-duração-frequência para a área de representatividade do aparelho.

Como alternativa ao método tradicional (através de pluviógrafos), utilizou-se o Método das Isozonas (Taborga Torrico, 1975).

Os resultados são apresentados nos quadros a seguir.

Estudo de Chuvas Intensas - Precipitações em mm Posto Pluviométrico: 3813532 ISOZONA: G

TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	158	174	80	24
1000	219	241	107	33
10000	295	325	140	44

Deve-se reduzir a chuva pontual para a chuva em toda bacia pela relação:

$$Pa/Po = [1 - 0,20.\log(A/Ao)]$$



sendo:

Pa - Precipitação na área da bacia

Po - Precipitação pontual no posto pluviométrico

A - Área da bacia (km²)

Ao - Área de influência do posto pluviométrico (25 km²)

Para o açude têm-se:

$$Pa/Po = [1 - 0,20 \cdot \log(173/25)] = 0,83$$

O Quadro de precipitações intensas para a Bacia Hidrográfica fica então, multiplicando-se os valores acima pelo coeficiente encontrado:

Precipitações na Bacia do Açude Riacho da Serra

TR (anos)	P(1dia)	P(24h)	P(1h)	P(6min)
100	131	145	66	20
1000	182	200	89	27
10000	245	270	116	37

Os valores marcados do quadro são então plotados no papel especial, obtendo-se o gráfico a seguir.

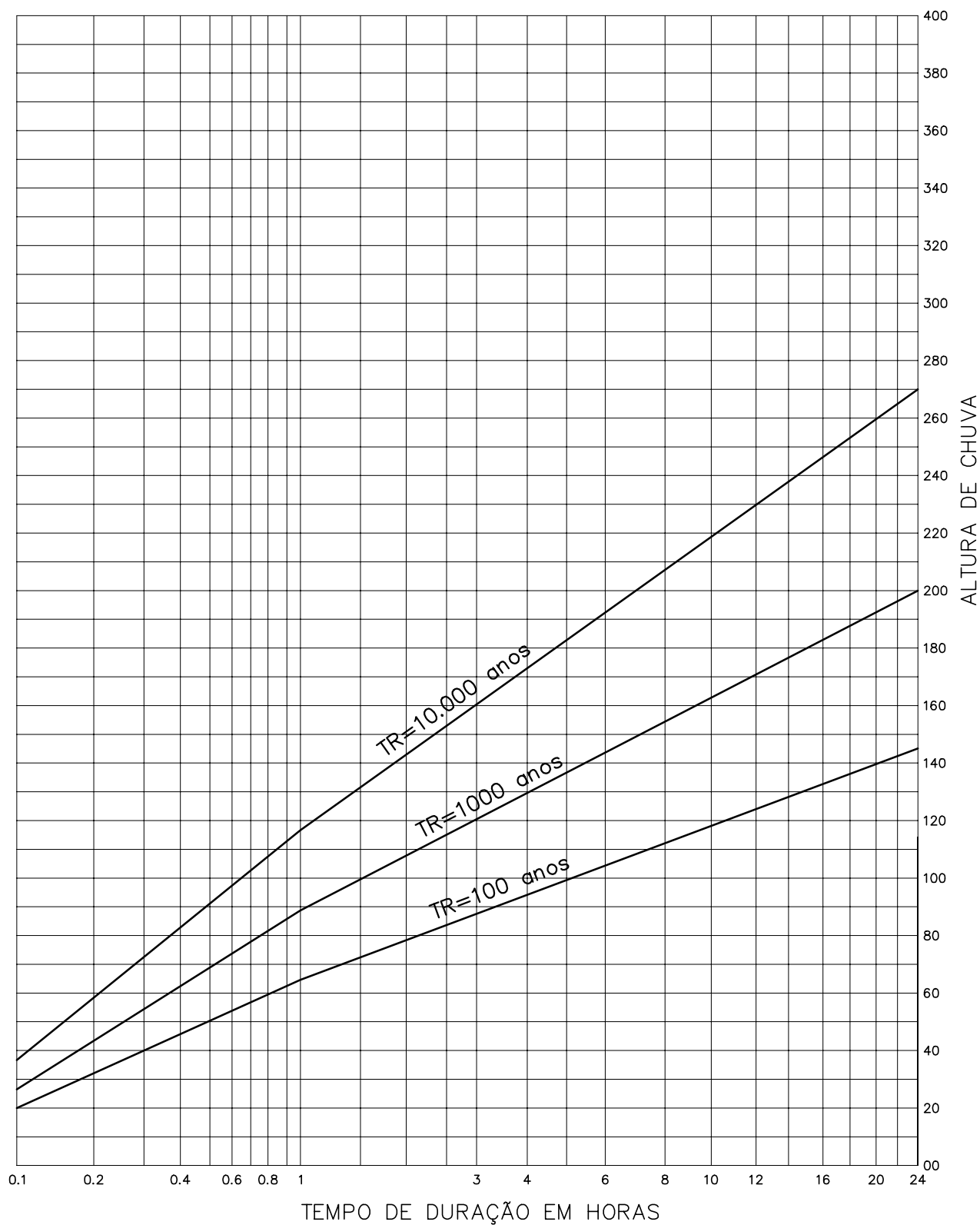


FIGURA 4.1.3 – BACIA AÇUDE RIACHO DA SERRA (POSTO: 3813532)
 CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA
 MÉTODO DAS ISOZONAS



4.5. ESTUDO DE DEFLÚVIOS

A estimativa das vazões afluentes mensais ao açude foi realizada objetivando fornecer elementos para a simulação da operação e, conseqüentemente, o dimensionamento do reservatório.

A bacia hidrográfica do açude Riacho da Serra não possui estação fluviométrica. O Plano de Gestão das Águas da Bacia do Jaguaribe, trabalho realizado pela Engesoft para a COGERH, estudou as séries em toda a bacia e sub-bacias do Jaguaribe, inclusive a bacia do Riacho da Serra. A série do açude, portanto, foi retirada do referido estudo.

A série, em m³/s, pode ser visualizada no Quadro 4.5.1 a seguir.

**Quadro 4.5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude Riacho da Serra (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1913	0.0	2.0	0.6	1.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1914	1.6	0.4	0.1	1.9	0.8	0.3	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1915	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1916	0.0	0.0	3.4	2.3	2.8	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1917	0.0	2.8	8.0	7.8	5.5	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
1918	0.0	1.3	4.0	4.6	8.8	4.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
1919	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1920	0.0	0.0	13.4	9.8	3.9	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1921	0.0	0.0	16.1	8.5	13.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
1922	0.0	0.0	1.3	17.0	6.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
1923	0.0	1.8	2.4	5.5	0.5	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1924	0.0	1.7	12.2	18.2	0.8	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
1925	0.0	1.2	6.2	8.0	3.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1926	0.0	0.0	5.2	11.8	7.1	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
1927	0.0	2.8	3.9	2.7	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1928	0.0	0.0	10.4	5.1	2.2	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1929	0.0	4.6	12.3	17.4	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
1930	0.0	0.0	1.9	2.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1931	0.0	0.0	0.5	3.6	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1932	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1933	0.0	2.4	1.1	5.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1934	0.0	5.9	13.5	7.2	6.2	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
1935	0.0	1.2	0.4	4.2	3.3	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1936	0.0	2.8	1.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1937	0.0	0.0	1.7	2.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1938	0.0	0.0	3.7	5.0	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1939	0.0	0.0	4.7	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1940	0.0	0.7	6.2	9.9	13.5	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1941	0.0	0.0	0.7	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1943	0.0	0.0	1.3	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1944	0.0	0.0	2.4	3.9	0.8	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6

**Quadro 4.5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude Riacho da Serra (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1945	0.0	2.9	0.4	1.8	2.8	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
1946	0.0	0.0	2.1	2.9	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1947	0.0	0.0	5.6	1.2	2.3	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1948	0.0	0.0	1.9	1.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1949	0.0	0.0	1.0	0.8	2.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1950	0.0	0.0	0.9	7.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1951	0.0	0.0	0.0	1.8	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1952	0.0	0.0	0.1	1.4	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1953	0.0	0.0	0.0	4.2	2.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1954	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1955	0.0	0.0	0.0	3.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1956	0.0	2.0	1.9	2.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1957	0.0	0.0	3.2	5.6	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1958	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1959	0.0	1.8	0.7	0.5	2.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1960	0.0	0.0	4.0	2.1	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1961	1.2	0.1	10.0	6.3	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1962	0.0	0.0	0.6	3.7	1.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1963	0.0	0.0	4.6	2.1	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1964	0.0	1.1	3.7	7.8	6.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
1965	0.0	0.0	0.0	3.5	1.3	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1967	0.0	0.0	5.2	10.8	7.2	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
1968	0.0	0.0	4.2	1.9	2.7	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1969	0.0	0.0	1.0	2.0	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1970	0.0	0.0	1.9	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1971	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1972	0.0	0.0	0.0	3.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1973	0.0	0.0	0.5	3.7	0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1974	0.0	0.0	4.1	7.2	5.5	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1975	0.0	0.0	1.0	2.0	3.4	0.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1976	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Quadro 4.5.1 - Vazões Mensais Afluentes ao Açude Riacho da Serra (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1977	0.0	0.0	1.0	2.1	2.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1978	0.0	0.0	0.9	0.1	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1979	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1980	0.0	2.1	2.8	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1981	0.0	0.0	3.8	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
1982	0.0	0.0	0.0	0.6	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1983	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	4.2	14.3	1.4	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
1985	0.6	3.0	4.1	19.6	4.7	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
1986	0.0	0.0	3.7	4.3	1.5	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
1987	0.0	0.0	5.6	2.9	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1988	0.0	0.0	0.0	3.8	2.1	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1989	0.0	0.0	0.8	5.2	2.3	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1991	0.0	0.0	2.3	0.3	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1992	0.5	0.1	2.2	3.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	0.0	0.0	2.0	1.4	0.3	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1995	0.0	0.0	1.2	3.0	2.3	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
1996	0.0	0.0	0.0	5.2	2.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
MÉDIA	0.0	0.5	2.8	3.9	1.9	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
D. P	0.23	1.14	3.56	4.42	2.66	0.55	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81
CV	4.86	2.14	1.28	1.13	1.41	1.37	1.25	2.31	9.17			6.44	0.99



4.6. ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude Riacho da Serra foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondentes a 1000 anos e 10.000 anos de tempo de retorno.

O Quadro 4.6.1 apresenta a chuva de projeto, obtida partir das curvas precipitação-duração-freqüência e a precipitação associada aos tempos de retorno de 1000 e 10.000 anos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h e 12 h e 24h.

Quadro 4.6.1 - Chuva de Projeto na Bacia do Açude Riacho da Serra

Intervalo de Tempo	P(mm) 1.000 Anos	P(mm) 10.000 Anos
5 min	26	38
15 min	48	65
1 h	89	116
2 h	108	143
3 h	120	160
6 h	143	192
12 h	170	230
24h	200	270

O hietograma de projeto tem uma duração superior ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui em $T_c = 7,6$ h .

Utilizou-se o modelo do SCS (Soil Conservation Service) para a obtenção dos hidrogramas afluentes para 1000 e 10000 anos.

A laminação das enchentes de projeto foi realizada pelo método de Puls.

A curva chave do sangradouro (canal escavado em rocha) adotada foi a do quadro a seguir:



COEFIC. DE MANNING=0.025 ; COMP. VERTEDOR = 73m ; DECLIVIDADE DO VERTEDOR = 0.0 m/m

VAZOES (M3/S)	YC (M)	VC (M/S)	V**2/2* G	E (M)	SF1 (M/M)	U1	SF1-S0 (M/M)	U2	YINIC (M)	LAMINA H(M)	HO (M)
100	0.4137	2.0145	0.2068	0.6205	0.008304	0.3174	0.008304	0.9236	0.6205	0.903	0.946
200	0.6567	2.5381	0.3283	0.985	0.007157	0.7238	0.007157	1.2462	0.985	1.182	1.283
300	0.8605	2.9054	0.4302	1.2907	0.00657	1.0509	0.00657	1.5305	1.2907	1.418	1.576
400	1.0424	3.1978	0.5212	1.5636	0.006187	1.3377	0.006187	1.7894	1.5636	1.627	1.841
500	1.2096	3.4447	0.6048	1.8144	0.00591	1.5987	0.00591	2.0301	1.8144	1.819	2.086
600	1.3659	3.6605	0.6829	2.0489	0.005694	1.841	0.005694	2.2567	2.0489	1.996	2.316
700	1.5137	3.8535	0.7569	2.2706	0.00552	2.0691	0.00552	2.4721	2.2706	2.164	2.534
800	1.6547	4.0289	0.8273	2.482	0.005375	2.2858	0.005375	2.6782	2.482	2.323	2.742
900	1.7898	4.1902	0.8949	2.6848	0.005251	2.4931	0.005251	2.8764	2.6848	2.474	2.943
1000	1.9201	4.34	0.96	2.8801	0.005144	2.6923	0.005144	3.0679	2.8801	2.62	3.136

A largura do sangradouro da barragem Riacho da Serra foi definida não em função de condições hidráulicas, mas em função da utilização da rocha escavada no sangradouro no corpo da barragem. Dessa forma, a largura foi definida como aquela que proporcionaria um escavação de tal monta que todo o material escavado fosse aproveitado na barragem.

Foram simuladas condições de operação para as seguintes cotas de sangria: 86m, 88m, 89, e 90m.

Essas simulações permitiram a estimativa de custos da barragem para cada cota de sangria, dados utilizados para a confecção da curva custo do m³ regularizado anual x volume armazenado apresentada mais adiante.

A largura do sangradouro escolhida foi de 120 m.

Para o tempo de concentração da bacia adotou-se uma chuva de duração igual a 24 horas.



Os hidrogramas afluentes e efluentes para os tempos de retorno 1.000 e 10.000 anos são mostrados a seguir.

Os picos de vazão efluyente e lâminas de sangria são mostrados no Quadro 4.6.2 a seguir, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

Quadro 4.6.2 – Vazões e lâminas de sangria

COTA DE SANGRIA (m)	TR = 1.000 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
	Q(m ³ /s)	h(m)	Q(m ³ /s)	h(m)
86	526	2,15	806	2,75
88	459	1,99	721	2,60
89	428	1,91	676	2,48
90	398	1,84	639	2,40

4.7. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

4.7.1. Disponibilidade hídrica

Foi utilizada a série de vazões já apresentada para obtenção das vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia a partir do uso do modelo HEC-3. Os resultados destas simulações estão sumarizados no Quadro 4.7.1 e na Figura 4.7.1 a seguir. Simulou-se para as diversas dimensões do açude analisadas.

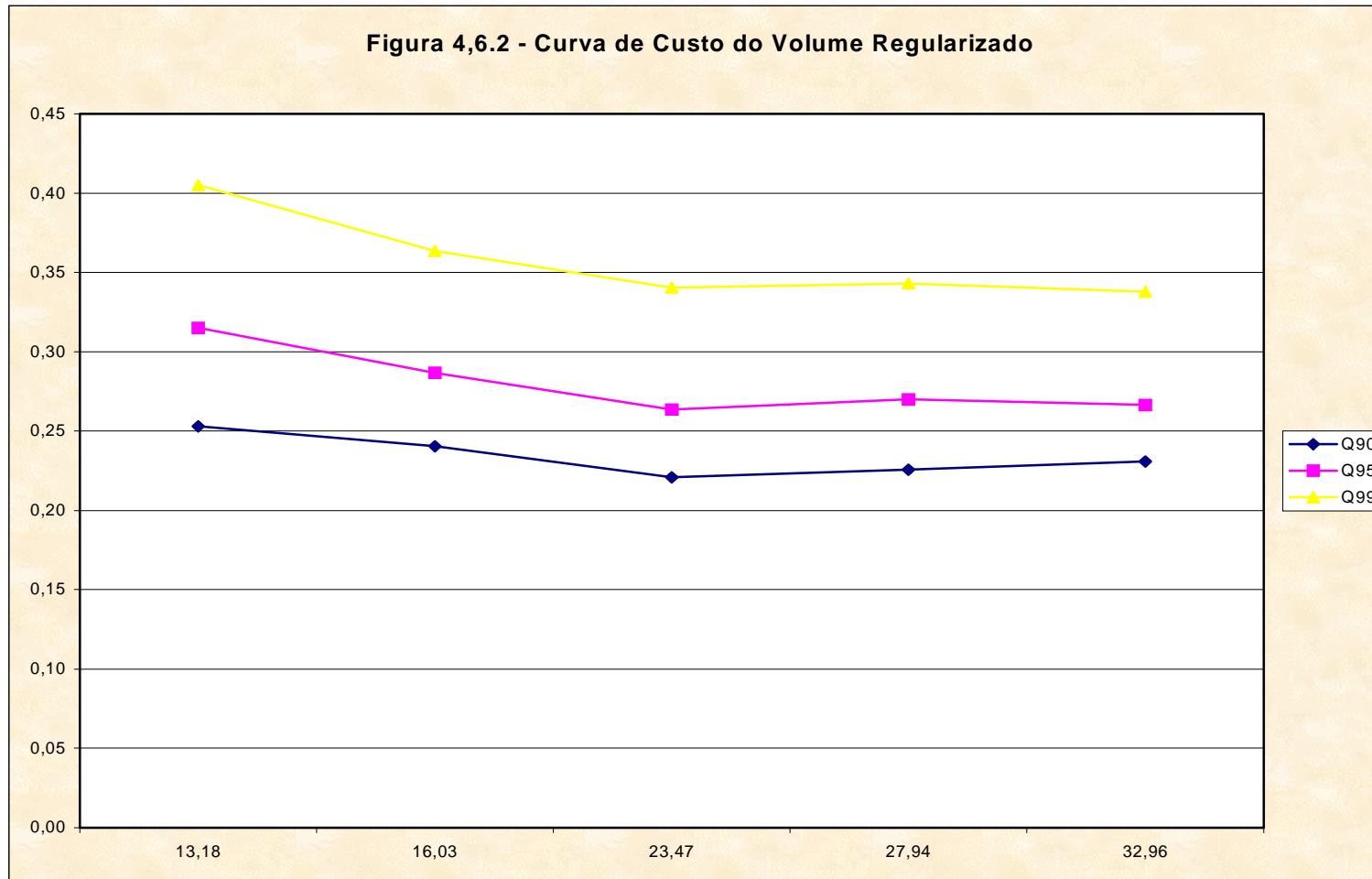


MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.7.1 - Estudo incremental de capacidades do Açude (HEC-3)

V=13,18 hm3			V=16,03 hm3			V=23,47 hm3			V=27,94 hm3			V=32,96 hm3		
Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)	Q(l/s)	FALHAS	GAR(%)
280	100	90%	310	101	90%	370	101	90%	395	99	90%	410	101	90%
225	50	95%	260	53	95%	310	50	95%	330	47	95%	355	55	95%
175	7	99%	205	11	99%	240	6	99%	260	9	99%	280	12	99%





4.7.2. Estudo da Capacidade Econômica do Reservatório

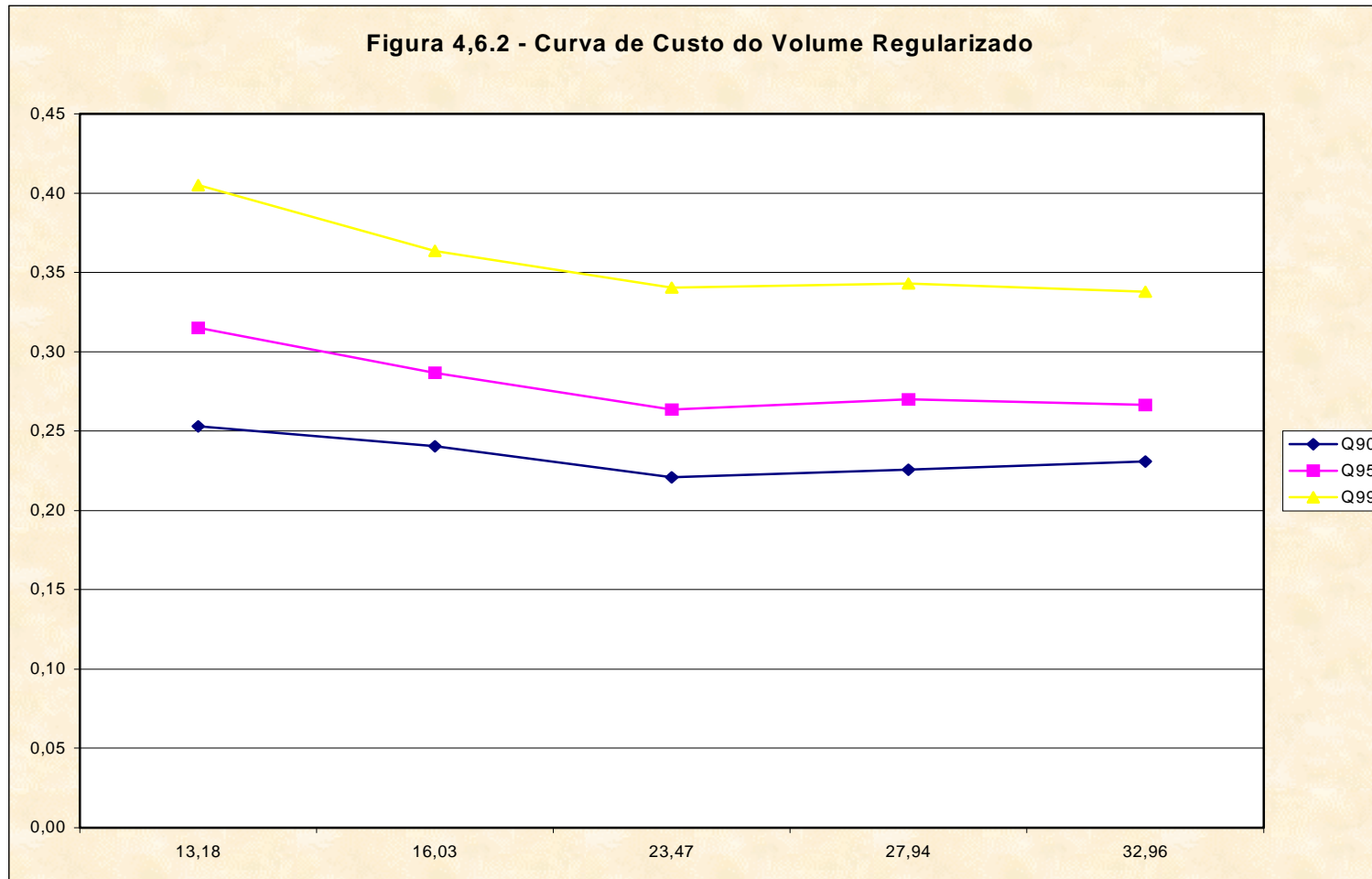
A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o custo mínimo do volume regularizado. Assim, foi realizado o dimensionamento hidrológico - econômico da capacidade do açude.

Para as diversas cotas, determinou-se o seu respectivo custo, tendo-se assim associado a cada cota um custo correspondente da obra. A partir deste pares (cota, custo), foi determinada a curva de custo do m³ regularizado associado a cada de garantia de atendimento.

Como pode ser observado no gráfico da Figura 4.7.2, o menor custo do m³ regularizado se dá para o volume máximo armazenado de 23,47 hm³, ou cota de sangria 88m.



Figura 4,6.2 - Curva de Custo do Volume Regularizado





MONTGOMERY WATSON



5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS



5. CONCLUSÕES DECORRENTES DOS ESTUDOS BÁSICOS

Da campanha de sondagem realizada no boqueirão da barragem, pode-se observar, entre outras coisas, que:

- a) Na zona da calha do rio, aproximadamente entre estacas 13 e 21 (160m de extensão), ocorre um depósito aluvionar com espessura considerável, atingindo na estaca 16+10,00 um total de 10,7m de profundidade. Este pacote aluvionar se caracteriza por uma camada de silte arenoso com até 3,0m de espessura, seguida de até 1,6 m de areia fina e média pouco siltosa e, em seguida, uma camada de até 5,6m de areia média e grossa com cascalho e um solo residual areno siltoso com cerca de 0,50 m, em contato com o maciço rochoso caracterizado por gnaisse. O nível d'água, na região da calha do rio, foi encontrado nas profundidades limites de 1,36m (estaca 13+10) e 2,25 m (estaca 16+10), entre o final de junho e começo de julho/01.
- b) Os ensaios de penetração SPT indicaram compacidades de pouco compacta a muito compacta para o pacote arenoso da fundação, com exceção dos dois primeiros metros superficiais onde a areia siltosa apresenta-se fofa, com SPT de 2 a 4 golpes. Não foram encontrados materiais argilosos/siltosos de compactidade preocupante em nenhum furo da campanha de sondagem, o menor valor encontrado neste material foi uma única passagem com SPT de 8 golpes.
- c) Com base nos ensaios de infiltração realizados nos furos de sondagem no aluvião da calha do rio, pode-se considerar que a camada silto arenosa possui uma permeabilidade entre 4×10^{-4} e 5×10^{-5} , a areia fina a média de 3×10^{-3} a 5×10^{-4} e a areia média a grossa de 2×10^{-2} a 8×10^{-4} .
- d) As perdas d'água no ensaio Lugeon indicaram, de um modo geral, valores pouco significativos nas ombreiras e médios na calha do rio, onde obteve-se o maior valor de perda d'água específica de 2,88



l/min/m/atm. No entanto, a análise mais detalhada do ensaio de maior perda indica que este valor foi obtido no primeiro estágio de pressão (pressão mínima) e que a rocha neste trecho apresenta um fraturamento de cerca de 5 fraturas por metro, com mergulho predominante na faixa de 30° a 70°. Para a carga efetiva máxima aplicada neste mesmo furo a perda d'água específica alcançou menos da metade deste valor, 1,14 l/min/m/atm. O comportamento do fluxo de percolação da água nas fraturas foi predominantemente “turbulento com fechamento”, tendo ocorrido também muitos casos de “deformação com fechamento”. Portanto, com base nestes ensaios, é de se prever que o substrato rochoso não deve apresentar valores preocupantes de condutibilidade hidráulica, mesmo na calha do rio.

- e) Na calha do rio subjacente ao pacote aluvionar, constatou-se a presença de uma rocha biotita-gnaiss, com veios pegmatíticos, muito dura com RQD acima de 80%.
- f) Na ombreira esquerda o topo rochoso encontra-se pouco profundo, inclusive aflorando em várias locais, subjacente a um delgado manto de solo residual silto arenoso com fragmentos de rocha. A rocha foi classificada como biotita-gnaiss com veios pegmatíticos, muito dura, com excelente recuperação, mostrando RQD (Rock Quality Designations) de 100%.
- g) Na parte alta da ombreira direita ocorrem também solos residuais, de composição silto arenosa ou silto argilosa, micáceos, com pequena espessura. A rocha subjacente foi classificada como biotita-gnaiss, que até 5,0m de profundidade apresenta-se medianamente alterada, dura, com RQD em média de 60%, e a partir desta profundidade mostra-se muito dura, geralmente são, com RQD em média acima de 80%.

Da campanha de sondagem realizada no sangradouro da barragem, pode-se observar, entre outras coisas, que:



- a) Desconsiderando a sondagem SM-01, existe uma capa de solo, de espessura média de 1,00m, constituída por um material areno-siltoso, com fragmentos de rocha, compacto a muito compacto, sendo muitas vezes caracterizado como um solo residual ou como uma alteração de rocha.
- b) Esta camada de solo está sobrejacente a um substrato rochoso com elevado grau de recuperação e baixo RQD. Na seção mais a esquerda do sangradouro (estaca 6) este substrato compõe-se de intercalações de pegmatito moderadamente a muito duro, maciço com gnaisse macio a duro, foliado de ligeiramente a medianamente intemperizado com fraturas na ordem de 10 por metro, chegando a jusante do eixo a alcançar 20 fraturas/ m.
- c) Na seção central (estaca 9) as sondagens de montante e jusante do eixo indicaram a ocorrência de um gnaisse moderadamente duro a muito duro, ora foliado ora maciço, ligeiramente intemperizado, com fraturas na ordem de 5 a 10 por metro. No eixo foram constatadas intercalações de gnaisse moderadamente a muito duro, foliado na superfície e maciço em maiores profundidades, com pegmatito duro a muito duro, maciço, ligeiramente intemperizado, com fraturamento de cerca de 5 a 10/m. Nesta sondagem foi encontrado o topo rochoso na cota 79,20 m e verificada a existência de uma fratura, preenchida de areia fina e média, entre as cotas 75,0 e 74,0.
- d) Na seção do lado direito do sangradouro (estaca 12) as sondagens indicaram a presença de um gnaisse moderadamente duro a muito duro, de ligeiramente a medianamente intemperizado, com um nível de fraturamento de 5 um/ m, no entanto, na prospeção de montante a rocha chegou a apresentar-se altamente intemperizada com uma frequência maior de fraturas, cerca de 10 a 20/ m.
- e) De um modo geral percebe-se, através da campanha de sondagens realizada no sangradouro, que o substrato rochoso apresenta até 3,0 m



de profundidade um intemperismo mais acentuado, com um grau elevado de fraturamento, mostrando menores índices de recuperação de testemunhos e baixos valores de recuperação modificada RQD.

As observações de campo associadas aos exames dos ensaios laboratoriais permitem os seguintes comentários acerca dos materiais construtivos estudados para a barragem Riacho da Serra:

- a) As caracterizações realizadas (granulometria e limites de Atterberg) nas ocorrências de materiais terrosos, jazidas J-01, J-02, J-03 e J-04, permitiram enquadrar os materiais estudados nos grupos SC (areia argilosa), SM (areia siltosa) e SM-SC (areia silto-argilosa) da “Classificação Unificada USC”.
- b) Os solos da jazida J-01 por possuírem um percentagem significativo de fragmentos de rocha em diversas dimensões e, de modo geral, baixa plasticidade, devem ser indicados para zonas mais permeáveis do maciço, como por exemplo o espaldar de jusante. Os fragmentos com dimensões maiores que a espessura da camada indicada para a confecção do aterro, devem ser excluídos.
- c) Os solos das jazidas J-02, J-03 e J-04 devem ser indicados para zonas de restrições ao fluxo d’água, como núcleo impermeável e trincheira de vedação, haja visto sua maior plasticidade e características mais argilosas, indicadas nos ensaios de caracterização e triaxiais embora, os ensaios de permeabilidade não tenham registrado uma maior impermeabilidade. A distancia de transporte das jazidas destes solos limita sobremaneira o emprego irrestrito destes materiais no maciço da barragem.
- d) O material pétreo necessário para as proteções dos taludes do maciço, transições e enrocamento de pé tem como fonte de obtenção prioritária a escavação do substrato rochoso no sangradouro, que apresenta



características apropriadas para tais fins. Inúmeras ocorrências de afloramentos rochosos foram mapeadas junto ao eixo da barragem porém, selecionou-se uma região a jusante da ombreira direita como pedreira reserva, para maior salvaguarda do sítio do maciço.

- e) Os bancos de areia do rio Figueiredo, com permeabilidade média de 5×10^{-3} , são apropriados como fonte de suprimento de agregado miúdo para os concretos e para elemento drenante/filtrante do sistema de drenagem interna do maciço. O depósito aluvionar de areia grossa que ocorre a pouca profundidade, na calha do riacho da Serra, pode ser usado em substituição ao material do rio Figueiredo, caso sejam concebidas no projeto escavações na fundação. Interessante observar que areal do rio Figueiredo, em relação ao aproveitamento do depósito do riacho da Serra, representa um acréscimo de distancia de transporte de cerca de 9 km.

Os estudos hidrológicos elaborados para a barragem Riacho da Serra permitem a elaboração das seguintes observações:

- a) A largura do sangradouro da barragem Riacho da Serra foi definida não em função de condições hidráulicas, mas em função da utilização da rocha escavada no sangradouro no corpo da barragem. Dessa forma, a largura foi definida como aquela que proporcionaria um escavação de tal monta que todo o material escavado fosse aproveitado na barragem. A largura do sangradouro escolhida foi de 120 m.
- b) Foram simuladas condições de operação para as seguintes cotas de sangria: 86m, 88m, 89, e 90m. Essas simulações permitiram a estimativa de custos da barragem para cada cota de sangria, dados utilizados para a confecção da curva custo do m³ regularizado anual x volume armazenado. A determinação do tamanho do reservatório foi realizada tendo como base o custo mínimo do volume regularizado.



Assim, foi realizado o dimensionamento hidrológico - econômico da capacidade do açude.

Para as diversas cotas, determinou-se o seu respectivo custo, tendo-se assim associado a cada cota um custo correspondente da obra. A partir deste pares (cota, custo), foi determinada a curva de custo do m³ regularizado associado a cada de garantia de atendimento.

O menor custo do m³ regularizado se dá para o volume máximo armazenado de 23,47 hm³, ou cota de sangria 88m.

Os picos de vazão efluente e lâminas de sangria são mostrados no Quadro 5.1 a seguir, para os períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

Quadro 5.1 - Vazões Efluentes e Lâminas de Sangria

TR = 1.000 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
Q(m ³ /s)	h(m)	Q(m ³ /s)	h(m)
459	1,99	721	2,60

- c) As vazões regularizadas com 90%,95% e 99% de garantia foram obtidas a partir do uso do modelo HEC-3. Os resultados destas simulações estão sumariados no Quadro 5.2 a seguir.

Quadro 5.2 - Vazões Regularizadas (l/s)

V=23,47 hm ³		
Q(l/s)	FALHAS	GAR. (%)
370	101	90%
310	50	95%
240	6	99%

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

