



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

**ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS
DE VIABILIDADE, ESTUDOS
AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL,
PLANO DE REASSENTAMENTO
E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO
NO MUNICÍPIO DE
SANTA QUITÉRIA, NO
ESTADO DO CEARÁ**

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

**ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E
ANTEPROJETO DA BARRAGEM**

VOLUME 1 - ESTUDOS BÁSICOS

**TOMO 4 – GEOLOGIA E GEOTECNIA
TEXTOS**



FEVEREIRO / 2020

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM

VOLUME 1 – ESTUDOS BÁSICOS

TOMO 4 – GEOLOGIA E GEOTECNIA - TEXTOS

FEVEREIRO/2020

Rev.	Data	Por	Em.	Aprov.	Descrição das revisões
02	14/04/2020	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Atendimento à solicitação da COGERH
01	17/03/2020	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Atendimento à solicitação da COGERH
00	15/02/202-	Ornaldo Freitas	J	Iuri Macedo	Emissão Inicial

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O Consórcio IBI/TPF, com sede à Rua Silva Jatahy, 15 – 7º andar, na cidade de Fortaleza-Ceará, contratada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, através do Contrato Nº 009/2019/COGERH/CE, que tem por finalidade a “ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA), LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ”.

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

FASE A – ESTUDOS DE VIABILIDADE

ETAPA A1 – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM – RELATÓRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA OBRA – RIO E ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL (EVA)

- Volume 1 - Relatório de Identificação de Obras – RIO
 - Tomo 1 – Estudos de Alternativas de Localização da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos
 - Tomo 2 – Estudos de Viabilidade Ambiental da Barragem Poço Comprido – EVA

ETAPA A2 – ESTUDOS BÁSICOS E ANTEPROJETO DA BARRAGEM

- **Volume 1 – Estudos Básicos**
 - Tomo 1 – Topografia – Textos
 - Tomo 1A – Topografia – Desenhos
 - Tomo 2 – Cartografia – Textos
 - Tomo 3 – Hidrologia – Textos
 - **Tomo 4 – Geologia e Geotecnia – Textos**
 - Tomo 4.1 – Estudo dos Materiais Construtivos
 - Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Sondagens e Ensaio Barragem e Vertedouro – Anexos I
 - Tomo 4A – Geologia e Geotecnia – Ensaio das Jazidas – Anexos II.
- Volume 2 – Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1 – Relatório do Anteprojeto da Barragem
 - Tomo 1A – Desenhos e Plantas

- Tomo 1B – Memória de Cálculos
- Tomo 1C – Anexos

ETAPA A3 – RELATÓRIO FINAL DE VIABILIDADE (RFV)

- Volume 1 – Relatório Final de Viabilidade

FASE B – ESTUDOS AMBIENTAIS, LEVANTAMENTO CADASTRAL E PLANO DE REASSENTAMENTO

ETAPA B1 – ESTUDOS DOS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE (EIA/RIMA)

- Volume 1 – Estudo de Impacto Ambiental – EIA
 - Tomo 1 – Relatório dos Estudos Básicos
 - Tomo 2 – Relatório do Diagnóstico Ambiental
 - Tomo 3 – Relatório da identificação a avaliação dos impactos ambientais
 - Tomo 4 – Minuta do Relatório Final do EIA/RIMA
 - Tomo 5 – Relatório Final do EIA/RIMA aprovado pela SEMACE

ETAPA B2 – LEVANTAMENTO CADASTRAL E PLANO DE REASSENTAMENTO

- Volume 1 – Levantamento Cadastral
 - Tomo 1 – Relatório Geral
 - Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação
 - Tomo 3 – Levantamentos Topográficos
- Volume 2 – Plano de Reassentamento
 - Tomo 1 – Diagnóstico
 - Tomo 2 – Relatório contendo a identificação e seleção de áreas destinadas a relocação da população e levantamento das infraestruturas atingidas
 - Tomo 3 – Relatório do Projeto Básico das Infraestruturas a ser relocadas – Plano de Relocação
 - Tomo 4 – Relatório Final da Relocação, Remanejamento da População e Infraestruturas

FASE C – PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

ETAPA C1 – DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

- Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto
- Tomo 2 – Desenhos
- Tomo 3 – Memória de Cálculo
- Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medição e Pagamento

- Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento
- Tomo 6 – Relatório Síntese

ETAPA C2 – INSTRUIR A ELABORAÇÃO DO CERTIFICADO DA SUSTENTABILIDADE DE OBRA HÍDRICA – CERTOH

O presente relatório refere-se ao **Volume 1 - Relatório de estudos básicos - Tomo 4 - Geologia e Geotecnia – Texto**; da Barragem Poço Comprido.

ÍNDICE

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	13
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	15
3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS	18
3.1 - INTRODUÇÃO	18
3.2 - GEOLOGIA REGIONAL.....	18
3.2.1 - Domínio Ceará Central.....	20
3.3 - GEOMORFOLOGIA (RELEVO)	23
3.4 - GEOLOGIA LOCAL.....	27
3.4.1 - Unidades litológicas	27
3.5 - DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO EIXO.....	31
3.6 - DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO VERTEDOIRO	36
3.7 - GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	38
3.7.1 - Foliação	38
3.7.2 - Fraturas e Falhas	39
3.7.3 - Lajedos Propensos a Desmonte	39
3.8 - CONCLUSÕES.....	42
4 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE SONDAAGEM – SINDAGENS E ENSAIOS <i>IN SITU</i>.....	44
4.1 - INTRODUÇÃO.....	44
4.2 - PLANO DE SONDAAGEM	44
4.3 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA EXECUÇÃO AS SONDAGENS E ENSAIOS <i>IN SITU</i>	46
4.3.1 - Metodologia geral	46
4.3.2 - Metodologia específica.....	48
4.3.3 - Caracterização Geológico-Geotécnica	49
4.4 - TRABALHOS EXECUTADOS	51
4.4.1 - Sondagens no Eixo do Barramento.....	51
4.4.2 - Sondagens no Vertedouro.....	56
4.4.3 - Interpretação Geológico-Geotécnica.....	57
5 - BIBLIOGRAFIA.....	62
6 - PLANTAS.....	63
6.1 - RELAÇÃO DE PLANTAS.....	65
6.2 - PLANTA GEOLÓGICA DA SUPERFÍCIE DA BARRAGEM E VERTEDOIRO.....	67

6.3 - PLANTA BAIXA DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS DA BARRAGEM E VERTEDOIRO.....	69
6.4 - PERFIS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DA BARRAGEM E VERTEDOIRO	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Resumo das sondagens mista e rotativa executadas.....	45
Quadro 4.2 – Resumo da sondagem percussiva executada.	46
Quadro 4.3 - Grau de Alteração de Rocha Ígnea ou Metamórfica.....	50
Quadro 4.4 - Índice de Fraturamento da Rocha.....	50
Quadro 4.5 - Classificação da Rocha Quanto ao RQD	50
Quadro 4.6 - Classificação Quanto à Permeabilidade e Condutividade Hidráulica.....	51
Quadro 4.7 - Sondagens Mistas na barragem	52
Quadro 4.8 - Ensaio de Perda D'água Específica	54
Quadro 4.9 - Sondagens percussivas no eixo da barragem.....	55
Quadro 4.10 – Ensaio de permeabilidade na barragem	56
Quadro 4.11 - Sondagem rotativa no vertedouro	56
Quadro 4.12 - Sondagens percussivas	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Mapa de localização e acesso barragem Poço Comprido.....	16
Figura 3.1 - Província Borborema em destaque, ao nordeste do Brasil e seus principais traços tectônicos e localização do Domínio Ceará Central (DCC). Modificado de Medeiros (2004), in Almeida et al. (2008).....	19
Figura 3.2 - Província Borborema: principais domínios tectônicos e zonas de cisalhamento. (Brito Neves , 2000 , in BIZZI et al, 2003).....	20
Figura 3.3 - Mapa geológico do estado do Ceará, cujo arcabouço compreende grande parte do DCC. Na parte central o Arco Mamático de Santa Quitéria e seus principais lineamentos. Em destaque a falha de Groairas, seus limites litológicos e estruturas frágeis internas a arco como falhas e fraturas (linha azul) (CPRM, 2003; imagem modificada de Ancelmi, 2008)..	21
Figura 3.4 - Modelo de resistividade bidimensional pela inversão do dado TE (<i>transverse electric</i>) e TM (<i>transverse magnetic</i>). Perfil localizado na Província Borborema: SO—Sobral-Pedro II (LTB); SP—Senador Pompeu; OR—Orós; PO—Portalegre (Padilha <i>et al.</i> 2014)...	22
Figura 3.5 - Mapa Geológico (a) e Mapa Geomorfológico (b)	24
Figura 3.6 - Mapa Hipsométrico	26
Figura 3.7 - A) Imagem RGB da região de Santa Quitéria e Varjota, B) detalhe mostrando os limites de cada corpo granítico (Np1) e dos gnaisses migmatíticos (Npmig).....	27
Figura 3.8 – Mapa geológico do eixo e seu entorno, mostrando dois maciços graníticos circundados por gnaisses migmatíticos diversos. Notar os traços ou linhas de direção NE, N e NW, as quais são foliações ou planos de cisalhamento verticais, em parte responsável pela ocorrência das drenagens.....	28
Figura 3.9 - Gnaisses migmatítico exibindo bandamento centimétrico entre melanossomas e leucossomas, injeções quatzofeldspáticas e restos de anfibólitos fragmentados que por vezes ocorrem em maior quantidade. Leito do Rio dos Macacos com o eixo.....	29
Figura 3.10 - A) Granito homogêneo textura equigranular com foliação insipiente na horizontal, B) Fácies um pouco mais porfirítica com fenecristais de k-f, sem foliação.....	30
Figura 3.11 - Rio dos Macacos no cruzamento com o eixo, grande volume de areia grossa a média, formada por processos aluvionares/fluviais.....	31
Figura 3.12 - Caixa de amostragem de solo, evidenciando pouca espessura de regolito na região do eixo. F-34.....	31
Figura 3.13 - Marco na ombreira direta, estaca 190, início do eixo.	32
Figura 3.14 - Lajedos de granito maciço próximos à estaca 170. Relevo com blocos e matações, solo raso por vezes com cascalheira.	32
Figura 3.15 - Lajedos de granito estaca 165 - rocha maciça exibindo fraturas nas direções 300az e 270az.	33
Figura 3.16 - Blocos de anfibólitos e calcissilicáticas, com veios de quartzo cortando a estrutura maciça da rocha. Estaca 135.....	33
Figura 3.17 - Granito equigranular exibindo foliação Sn subhorizontal, 310az/5.	34
Figura 3.18 - Patamar de sedimento próximo a estaca 74. Maior volume de solo na escavação. Próximo ao rio dos macacos. Pode refletir um paleocanal do rio.	35

Figura 3.19 - Rio dos Macacos, sedimentos arenosos em meio a lajedos de gnaisses e blocos soltos no leito. Sedimento de calha fluvio-aluvial, vale simétrico.....	35
Figura 3.20 - Drenagem secundária, terraço fluvial com 2 a 4 m de desnível, solo arenoso e espessura superior a 10m (Furo SM-04). Estaca 41.....	36
Figura 3.21 - Granito aflorante na forma de lajedos escalonados exibindo foliação subhorizontal Sn 270az/5. Estaca 7 vertedouro. Rocha são.....	37
Figura 3.22 - Vale natural a montante do eixo (corte N-S), saída do vertedouro e drenagem natural na direção W-E. Todo o substrato é composto de rocha granítica são.....	37
Figura 3.23 - Estereograma da foliação Sn que mostra predomínio de planos subhorizontais no granito equigranular e planos verticais nos gnaisses migmatíticos.	38
Figura 3.24 - Estereograma das famílias de fraturas presentes nas rochas do eixo e vertedouro.	39
Figura 3.25 - Lajedos de granito, ponto 19, estaca 170. - Matacões e Lajedos.....	40
Figura 3.26 - Lajedos na estaca 165, área pequena com desnível de 1m - área pequena de lajedado, no eixo central.....	40
Figura 3.27 - Lajedos com desnível de 1,50m. Granito. - Ponto 58, montante da estaca 93	40
Figura 3.28 - Rio dos Macacos, grandes lajedos aflorantes com desnível de 1,0m até 5,0m	41
Figura 3.29 - Lajedos ao fundo com desnível acima de 5,0m, limite de montante do eixo na estaca 51. Ponto 83 Estaca 51 a montante, grandes lajedos de gnaisses, com desnível superior a 5,0m.....	41

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O presente documento é parte integrante da Fase A dos estudos de viabilidade, e compõe um dos produtos dos estudos básicos da Barragem Poço Comprido, a ser construída no Município de Santa Quitéria, no Estado do Ceará, objeto do Contrato Nº009/2019/COGERH/CE, que tem como objetivo a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos de Viabilidade, Estudos Ambientais (EIA-RIMA), Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento e Projeto Executivo da Barragem Poço Comprido, no Município de Santa Quitéria, no Estado do Ceará, firmado entre a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH e o CONSORCIO IBI/TPF, como decorrência do citado consórcio ter sido vencedor do processo licitatório previsto no Edital de Concorrência Pública Nº 20170001/COGERH/CCC.

O presente Relatório **de Volume 1 - Estudos Básicos - Tomo 4 - Geologia e Geotecnia – Textos** da Barragem Poço Comprido, tem objetivo geral, apresentar os estudos geológicos/geotécnicos do sitio escolhido para desenvolver a alternativa de estudos e o anteprojeto, contemplando os seguintes tópicos;

- Análise a geologia regional;
- Análise a geologia local;
- Estudos geológicos, ensaios in situ e das sondagens de subsuperfície do eixo da barragem e vertedouro;
- Apresentação dos resultados dos ensaios e sondagens;
- Elaboração do perfil Geológico-Geotécnico do eixo da barragem e vertedouro.

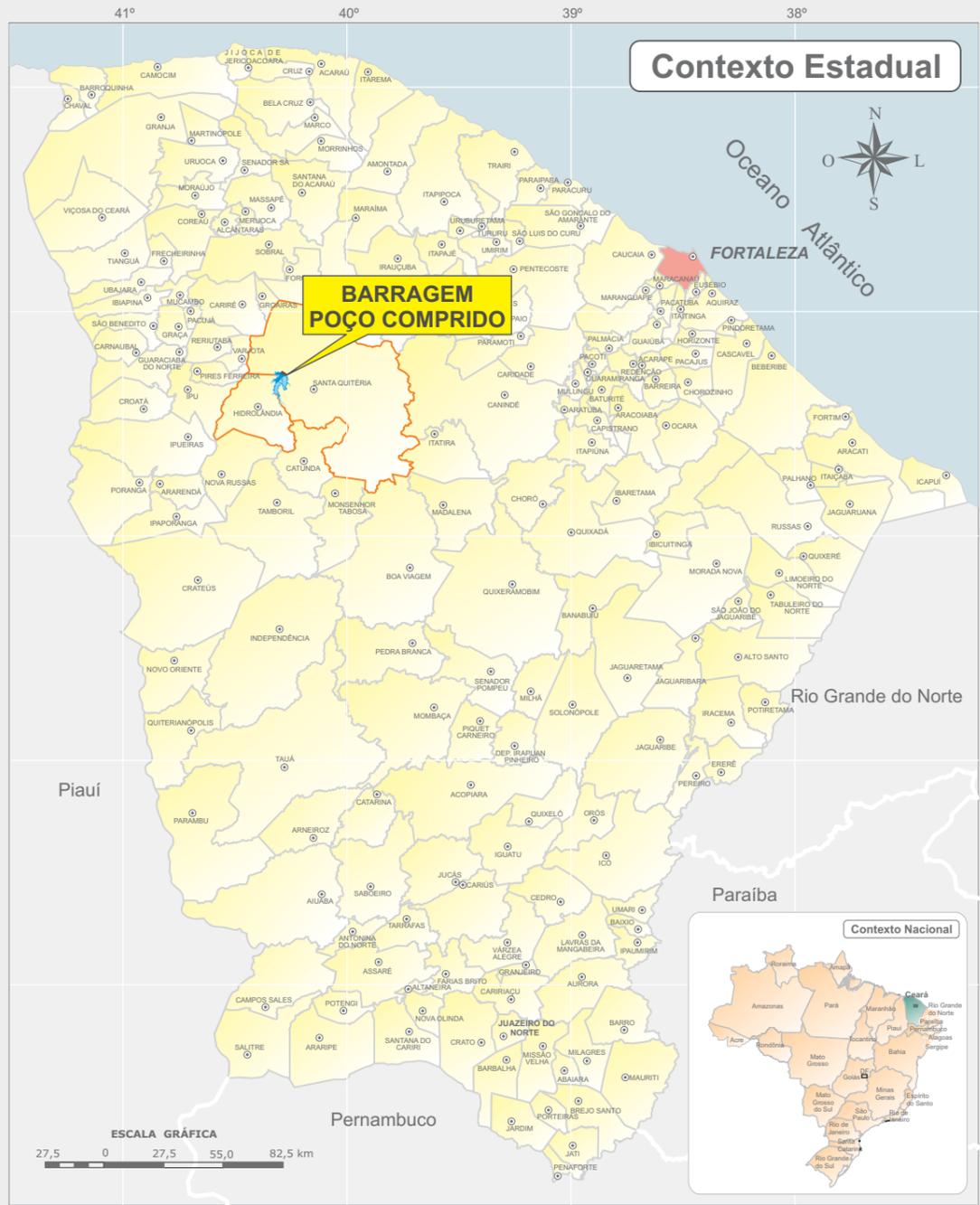
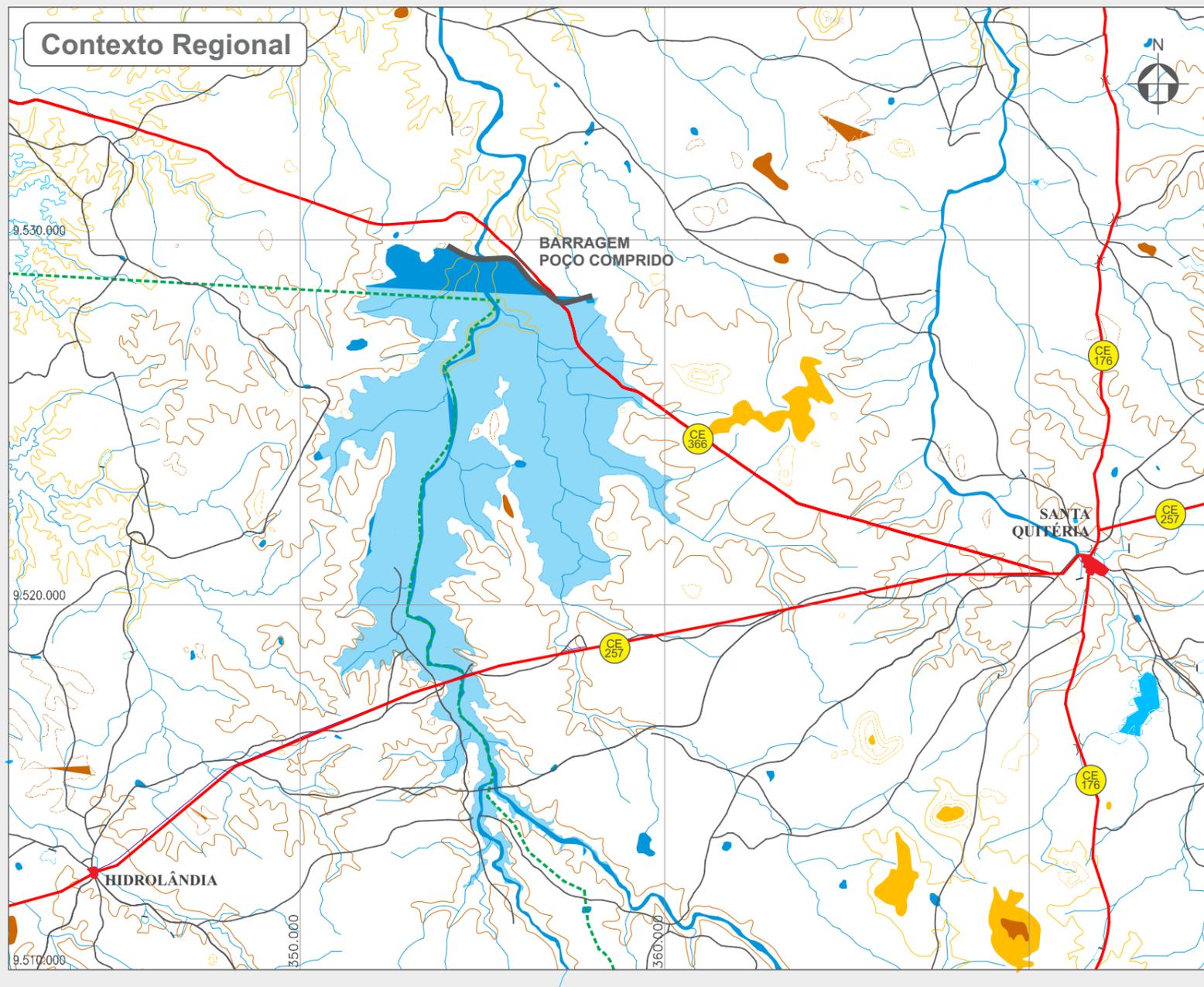
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Santa Quitéria localiza-se na porção Noroeste do Estado do Ceará, a aproximadamente 221 km da capital Fortaleza, situando-se na Macrorregião de Sertão Central, Mesorregião do Noroeste Cearense e Microrregião de Santa Quitéria. Possui área de 4.260,68 Km² e está a 197,7 m de altitude. Suas coordenadas geográficas são 4° 19' 55" de latitude, Sul e 40° 09' 24" de longitude, Oeste. Santa Quitéria faz limite com os seguintes municípios: Sobral, Forquilha, Groaíras e Cariré ao Norte; Catunda, Monsenhor Tabosa, Boa Viagem e Madalena ao Sul; Itatira, Canindé e Sobral ao Leste; Cariré, Varjota, Pires Ferreira e Hidrolândia ao Oeste. O acesso ao Município pode ser feito pelas rodovias BR-020 e CE-257.

O acesso rodoviário ao local do empreendimento, a partir da cidade de Fortaleza, se dá pela BR-020, por um percurso de 118 km, até a interseção com a CE-257 na cidade de Canindé, a partir daí, percorre-se 103 km até a cidade de Santa Quitéria, depois pela CE-366 percorre-se mais 17,00 km até uma estrada de terra à esquerda, logo após a interseção com a ponte sobre o rio Macacos, percorrendo-se mais 1 Km, chega-se ao local do eixo da barragem.

O mapa da **Figura 2.1** aponta a localização da barragem e seu acesso a Fortaleza.



Contexto Regional

Contexto Estadual

LEGENDA :

- █ Área Urbana
- Revestimento Asfáltico
- Revestimento solto
- - - Limite Municipal
- Curso d'água intermitente
- ~ Lago ou lagoa intermitente
- █ Açudes



FONTE: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
 LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
 BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

RIO - RELATÓRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE OBRAS



Companhia de Gestão
dos Recursos Hídricos

FIGURA 2.1
**MAPA DE LOCALIZAÇÃO
 E ACESSOS**



ENGENHARIA
PROFSSIONAL S/A

3 - ANÁLISE DA GEOLOGIA REGIONAL

3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os estudos geológicos foram realizados primeiramente em escala regional para uma revisão mais ampla dos condicionamentos geológicos da região, posteriormente em escala local quando então houve um detalhamento geológico, resultando em uma visão mais meticulosa das litologias e estruturas existentes no local de implantação da Barragem Poço Comprido.

3.1 - INTRODUÇÃO

O presente capítulo trata da execução e consolidação do mapeamento geológico com base nos estudos bibliográficos, compreendendo a área definida para o projeto em escala regional e dos trabalhos de escala local, realizados através de visitas de campo das quais resultaram todo levantamento geológico do eixo da barragem “in situ”. Na escala local o objetivo do reconhecimento da geologia do eixo, visou fornecer dados para determinar o melhor modelo ou características da fundação a ser adotada para o barramento e seu vertedouro, bem como estruturas auxiliares.

Em escala regional (item 3.2) a identificação das características geológicas da região, teve como base o mapa geológico do Estado do Ceará, em 1:500.000, elaborado pela Companhia de Recursos e Pesquisas Minerais – CPRM - 1983; Radam Brasil em escala 1:1.000.000 elaborado pelo Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM ou mais atual Cavalcante et al, 2006.

Na escala local (item 3.4) o mapeamento foi realizado seguindo o eixo e sua lateral com margem de 100,00m para cada lado do eixo, cobrindo todo o sítio barrável. Foram 3 dias de caminhamentos ao longo do eixo, utilizando como instrumentos uma bússola, martelo geológico, lupa, trena e caderneta de campo para anotações.

3.2 - GEOLOGIA REGIONAL

A área em estudo está inserida na **Província Borborema** (Almeida *et. al.* 1977 e 1981), mais especificamente no Domínio Ceará Central, a **PB** qual cobre aproximadamente 450.000 km² do Nordeste Brasileiro (Almeida *et. al.*, 1977). Nesta porção afloram terrenos pré-cambrianos de idade variando entre o Arqueano e o Neoproterozóico, além de áreas Fanerozóicas. Tem como limites a norte e leste a Província Costeira, a sul o cráton do São Francisco e a oeste a Bacia do Parnaíba (**Figura 3.1**).

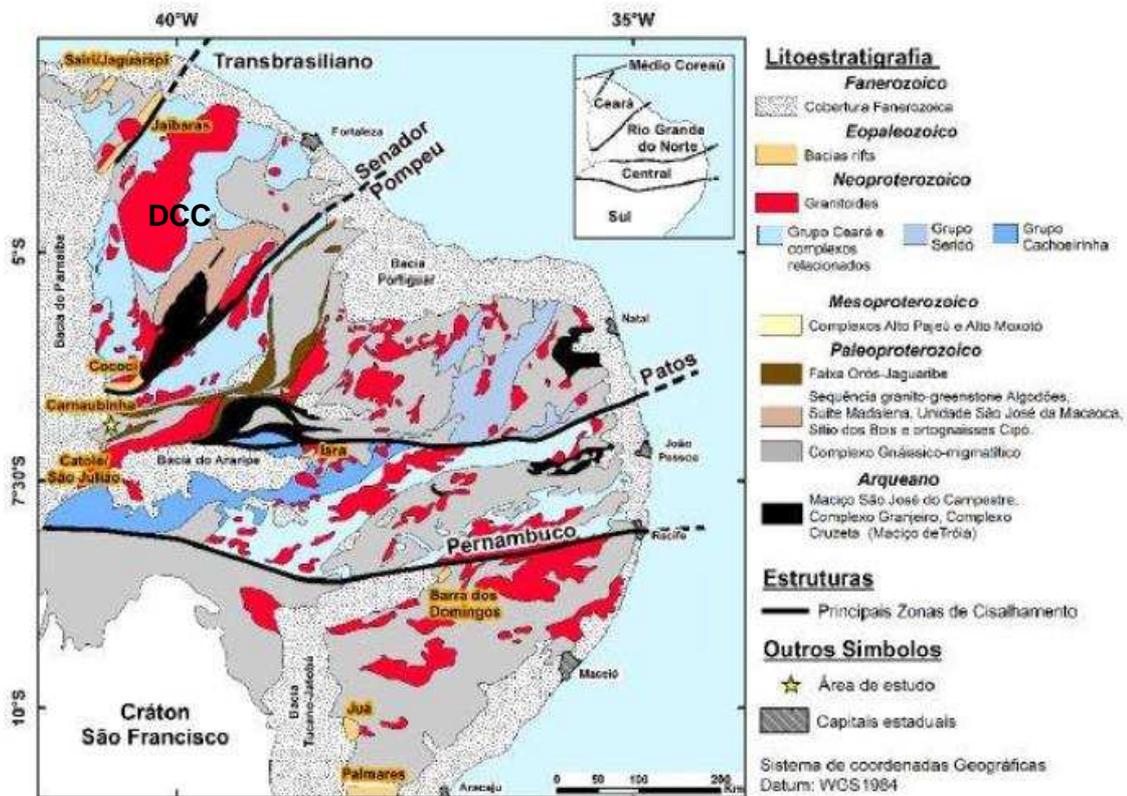


Figura 3.1 - Província Borborema em destaque, ao nordeste do Brasil e seus principais traços tectônicos e localização do Domínio Ceará Central (DCC). Modificado de Medeiros (2004), in Almeida et al. (2008).

Tendo como base as características geológicas, os extensos lineamentos transcorrentes, informações isotópicas entre outras, Brito Neves *et al.* (2000) subdividiram a Província Borborema em cinco domínios tectônicos principais, a saber:

- i) Domínio Tectônico Médio Coreaú (DMC) – localizado a norte do Lineamento Transbrasiliano e a sul da margem retrabalhada do Cráton São Luís;
- ii) Domínio Tectônico Ceará Central (DCC) – onde está inserida a área de estudo e está situada entre os lineamentos Transbrasiliano e Senador Pompeu;
- iii) Domínio Tectônico Rio Grande do Norte (DRGN) – localizado entre os lineamentos Senador Pompeu e Patos;
- iv) Domínio Tectônico Zona Transversal (ZT) – limitada pelos lineamentos Patos e Pernambuco; e
- v) Domínio Tectônico Meridional (M) – situado entre o lineamento Pernambuco e a borda norte do Cráton São Francisco

A **Figura 3.2** na sequência ilustra esta subdivisão dos domínios.



Figura 3.2 - Província Borborema: principais domínios tectônicos e zonas de cisalhamento. (Brito Neves , 2000 , in BIZZI et al, 2003)..

Dentre outras propostas de compartimentação para a Província Borborema, devem ser ressaltados os trabalhos de Van Schmus *et al.* (1995 e 1998). Para estes autores a PB é constituída por um sistema complexo de domínios tectônicos, geralmente balizados por grandes zonas de cisalhamento, compostos por núcleos arqueanos menores e grande volume de embasamento gnáissico paleoproterozóico.

Arthud *et al.*(1998) compartimentou o Pré – Cambriano do Estado do Ceará em cinco Domínios Tectônicos: NW Ceará, Ceará Central. Orós-Jaguaribe, Granjeiro e Piancó-Alto Brígida. Dentre esta divisão, a área do barramento está inteiramente contida no Domínio Ceará Central, descrito a seguir.

3.2.1 - Domínio Ceará Central

O Domínio Ceará Central é a mais extensa unidade geotectônica da porção norte da Província Borborema e alcança quase a totalidade do Estado do Ceará.

É delimitado a NW pela zona de cisalhamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliano) e a SE pela zona de cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP), sendo encoberto a SW-W pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba.

O embasamento arqueano/paleoproterozóico do Domínio Ceará Central é coberto principalmente, pelo Grupo Ceará de idade Neoproterozoica (em azul na **Figura 3.3**) e recortado pelos granitos Brasileiros (600Ma) em cor vermelha na **Figura 3.3**.

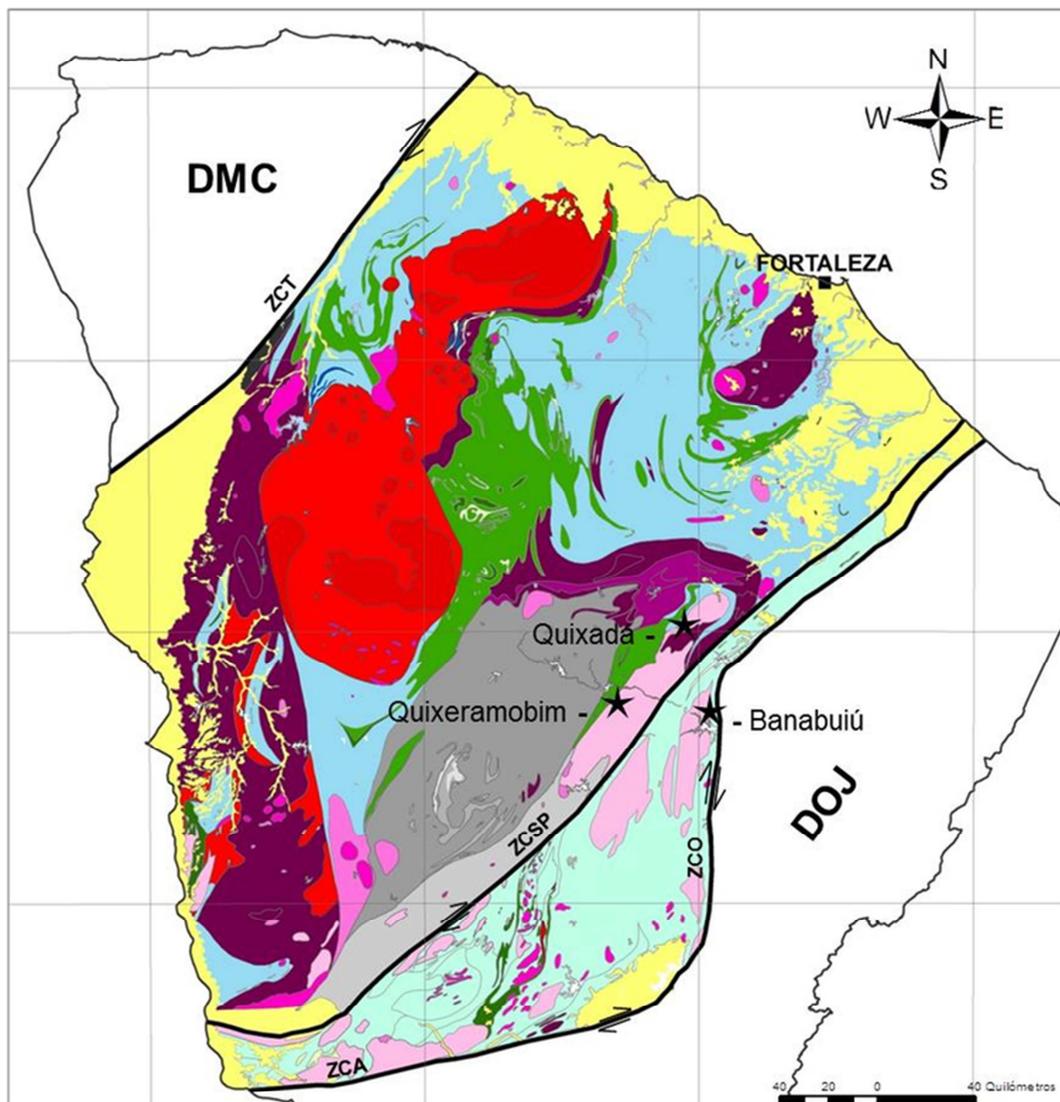


Figura 3.3 - Mapa geológico do estado do Ceará, cujo arcabouço compreende grande parte do DCC. Na parte central o Arco Mamático de Santa Quitéria e seus principais lineamentos. Em destaque a falha de Groairas, seus limites litológicos e estruturas frágeis internas a arco como falhas e fraturas (linha azul) (CPRM, 2003; imagem modificada de Ancelmi, 2008).

O Grupo Ceará é uma sequência Neoproterozóica de margem passiva, cuja deposição se iniciou em torno de 800 Ma devido ao rifteamento e afinamento do embasamento, que culminou com a abertura de um oceano (Arthaud et al., 2008). Com o fechamento do oceano em torno de 610 Ma, essa sequência foi envolvida na colisão, experimentando metamorfismo em condições de fácies eclogito (Castro, 2004; Garcia e Arthaud, 2004; Garcia et al., 2006) em zona de subducção, seguida de exumação em condições de fácies anfibolito a xisto verde.

O Domínio Ceará Central pode ser dividido em cinco conjuntos: Embasamento policíclico arqueano a paleoproterozoico, coberturas metassedimentares monocíclicas neoproterozoicas, complexo anatético-ígneo monocíclico neoproterozoico, granitos cedo-sintardi tectônicos neoproterozoicos e molassas cambrianas.

A geologia onde o eixo da barragem foi locado encontram-se sobre terrenos do complexo anatético-ígneo monocíclico, também denominado de Complexo Tamboril Santa Quitéria (CPRM, 2003) ou mesmo Arco Magmático de Santa Quitéria (Batólito de Santa Quitéria) (Fetter, 1999) tendo corpos de granitos brasileiros indiscriminados e migmatitos divesos

Figura 3.3.

O Complexo Tamboril Santa Quitéria, também é bem marcado e mapeado pela geofísica, onde segundo Padilha et al (2014), as macrounidades possuem assinatura diferentes. Os dados mostram também que a formação do arco ocorreu acima de 50 km de profundidade, além de registrar um alto estrutural na sua zona central (**Figura 3.4**). Seus limites são marcados por zonas de cisalhamento profundas e de caráter continental.

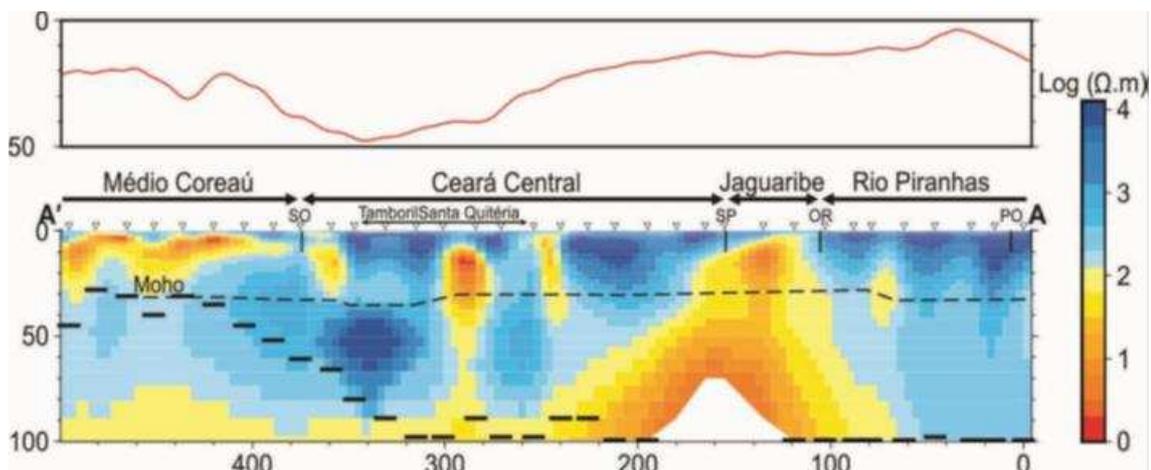
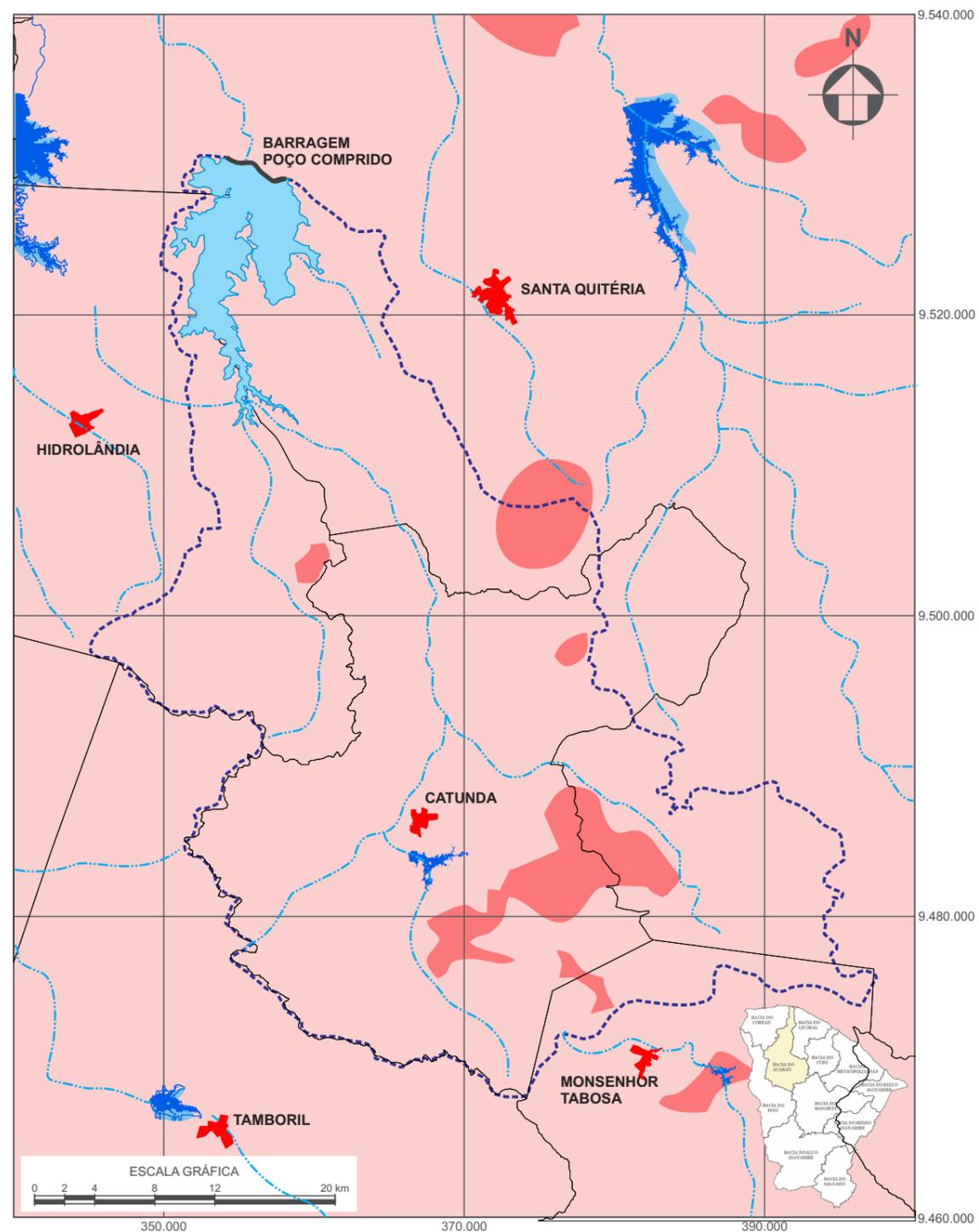


Figura 3.4 - Modelo de resistividade bidimensional pela inversão do dado TE (*transverse electric*) e TM (*transverse magnetic*). Perfil localizado na Província Borborema: SO—Sobral-Pedro II (LTB); SP—Senador Pompeu; OR—Orós; PO—Portalegre (Padilha et al. 2014).

3.3 - GEOMORFOLOGIA (RELEVO)

A compartimentação do relevo do território do Alto da Bacia do Acaraú é representada, basicamente, por dois domínios geomorfológicos: Depressão Sertaneja, Maciços Residuais cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como nas características do solo e vegetação. Como pode ser observado na **Figura 3.5B**, a região a ser influenciada pela barragem Poço Comprido está localizada na sua totalidade em áreas de depressão sertaneja que normalmente possui substrato pre cambriano.



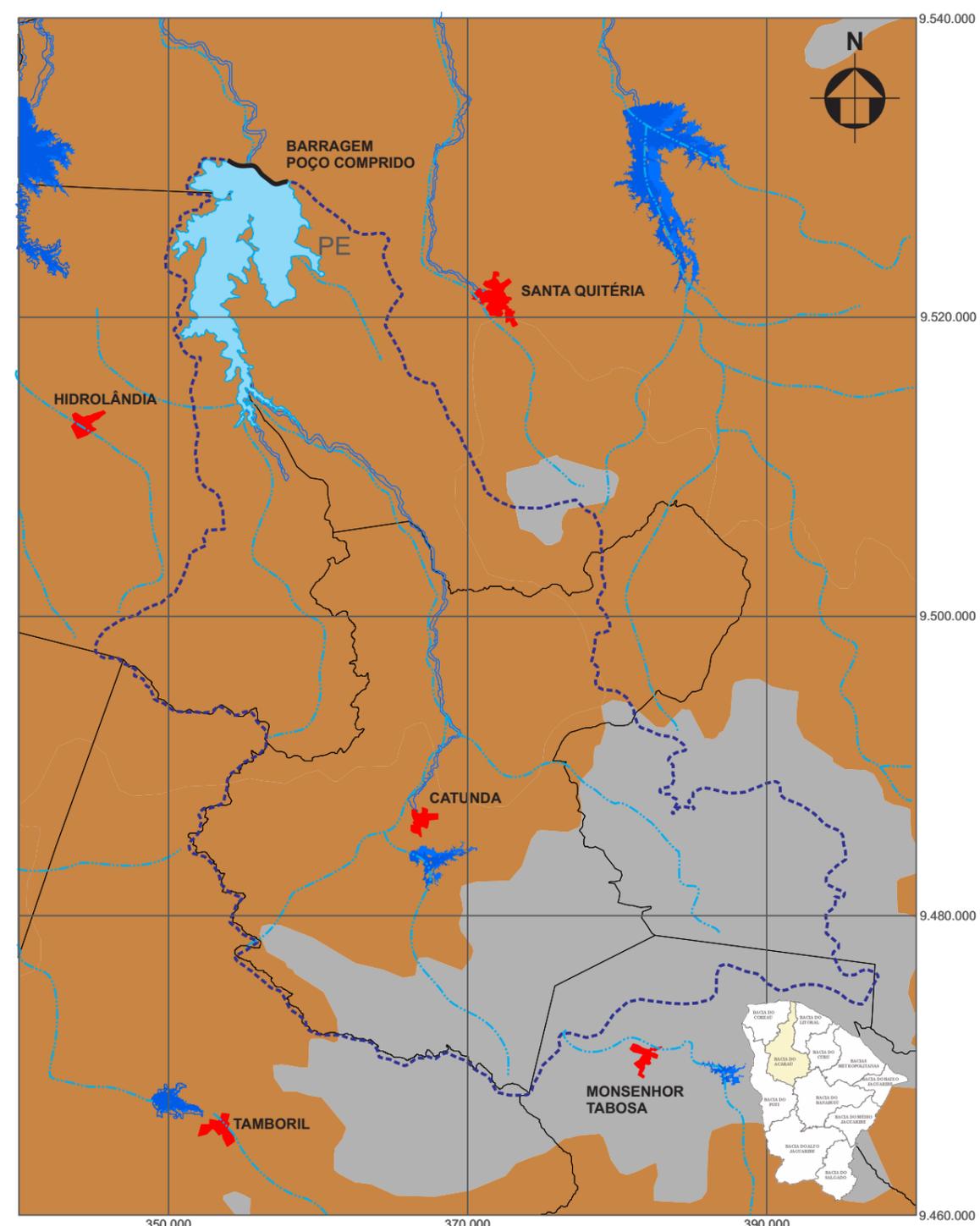
MAPA GEOLÓGICO (A)

LEGENDA

- Mancha Urbana
- Corpos d'água
- Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidráulica
- Limite do Município

PRINCIPAIS DEPÓSITOS DO CEARÁ

- Áreas com predominância de rochas ígneas intrusivas
- Terrenos constituídos, predominantemente, por rocha metamórficas



MAPA GEOMORFOLÓGICO (B)

LEGENDA

- Mancha Urbana
- Corpos d'água
- Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidráulica
- Limite do Município

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- Maciços Residuais (Serras)
- Serras Secas
 - Sertões

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE, ESTUDOS AMBIENTAIS (EIA-RIMA),
LEVANTAMENTO CADASTRAL, PLANO DE REASSENTAMENTO E PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM POÇO COMPRIDO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA, NO ESTADO DO CEARÁ

ESTUDO BÁSICO DE HIDROLOGIA

COMPANHIA DE GESTÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 3.5
MAPA GEOLÓGICO (A)
MAPA GEOMORFOLÓGICO (B)

Yiti
ENGENHARIA
CONSULTORIA E S.A.

EPF
ENGENHARIA

A depressão sertaneja é o domínio geomorfológico que ocupa maior extensão de área no âmbito do território da Bacia do Acaraú. Corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre as rochas cristalinas, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados tipos litológicos. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas sedimentadas que se iniciam na base dos maciços residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos de vales e ao litoral. Verifica-se a predominância de uma topografia plana ou levemente ondulada, com altimetrias inferiores a 400 m.

As associações dos solos são bastante diversificadas, normalmente rasos ou medianamente profundos, com grande incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detríticos. A vegetação é típica dos sertões semiáridos, onde predomina a caatinga, com seus padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos.

No território da Bacia do Acaraú destaca-se a serra da Meruoca que atinge níveis altimétricos superiores a 800 m. Ela caracteriza-se por apresentar condições de umidade bastante elevadas nas vertentes voltadas para o mar, onde o intemperismo químico é predominante, favorecendo o desenvolvimento de solos do tipo Podzólico Vermelho Amarelo, que sustentam uma cobertura vegetal de grande porte, formada por floresta plúvio-nebular (matas úmidas). A serra da Meruoca apresenta nos setores de sotavento, condições ambientais agressivas, sendo o intemperismo físico o principal processo modelador da paisagem. Nessas vertentes secas, observa-se o desenvolvimento de uma vegetação arbórea, intermediária entre a caatinga e a floresta plúvio-nebular (matas secas). As outras elevações, de menor representatividade espacial e altimétrica, possuem condições ambientais que se assemelham mais com as características físicas das superfícies rebaixadas do sertão, sendo denominadas de serras secas.

O mapa hipsométrico da CPRM mostra que a região tem altitude variando entre 0 e 1.135 metros, com predominância de altitudes entre 201 e 500 metros, como pode ser visto na **Figura 3.6.**



Figura 3.6 - Mapa Hipsométrico

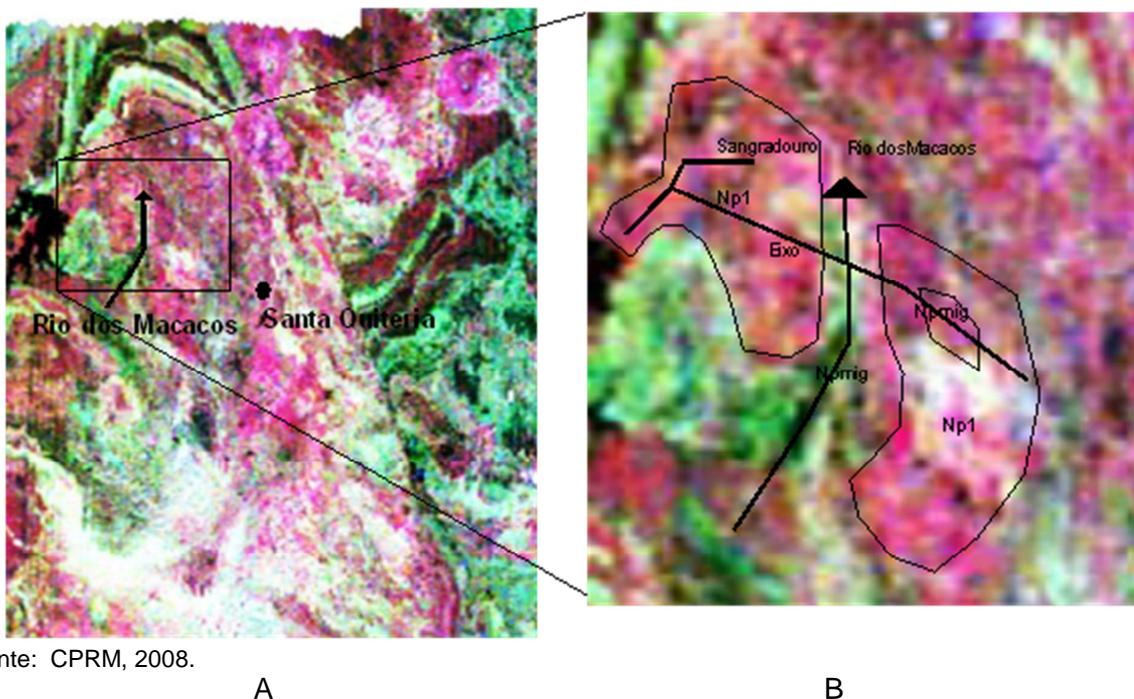
3.4 - GEOLOGIA LOCAL

3.4.1 - Unidades litológicas

O conjunto litoestratigráfico onde a barragem e o vertedouro serão implantados, bem como seu entorno é pertencente ao denominado Arco Magmático de Santa Quitéria (Fetter, 1999) ou Complexo Tamboril Santa Quitéria (CPRM, 2006).

São rochas de idade Neoproterozóica (600Ma +/- 100Ma) que variam desde gnaisses migmatíticos diversos a granitos diferenciados como alkaligranitos ou sienitos, além dos sedimentos inconsolidados (areia de aluvião e solo terroso). No padrão RGB ou nas bandas U-Th-K, obtidas por sensoriamento remoto, os granitos Np1 apresentam resposta em tons vermelhos devido sua alta porcentagem em K (potássio) e os gnaisses migmatíticos tons mais esverdeados, conforme interpretados na **Figura 3.7**.

Segundo a Imagem U-Th-K pode ser observado em ambas as ombreiras manchas rosadas a vermelhas que representam maciços graníticos conforme Figura 3.7b. Na parte central do eixo e onde ocorrem as drenagens possui uma coloração mais esverdeada sendo representada por gnaisses migmatíticos diversos. O recorte geológico local (**Figura 3.8**) obtido com o imageamento e pela cartografia do mapa CPRM, 2006, mostra este mesmo arranjo com maciços graníticos nas ombreiras circundados por gnaisses migmatíticos diversos.



Fonte: CPRM, 2008.

Figura 3.7 - A) Imagem RGB da região de Santa Quitéria e Varjota, B) detalhe mostrando os limites de cada corpo granítico (Np1) e dos gnaisses migmatíticos (Npmig).

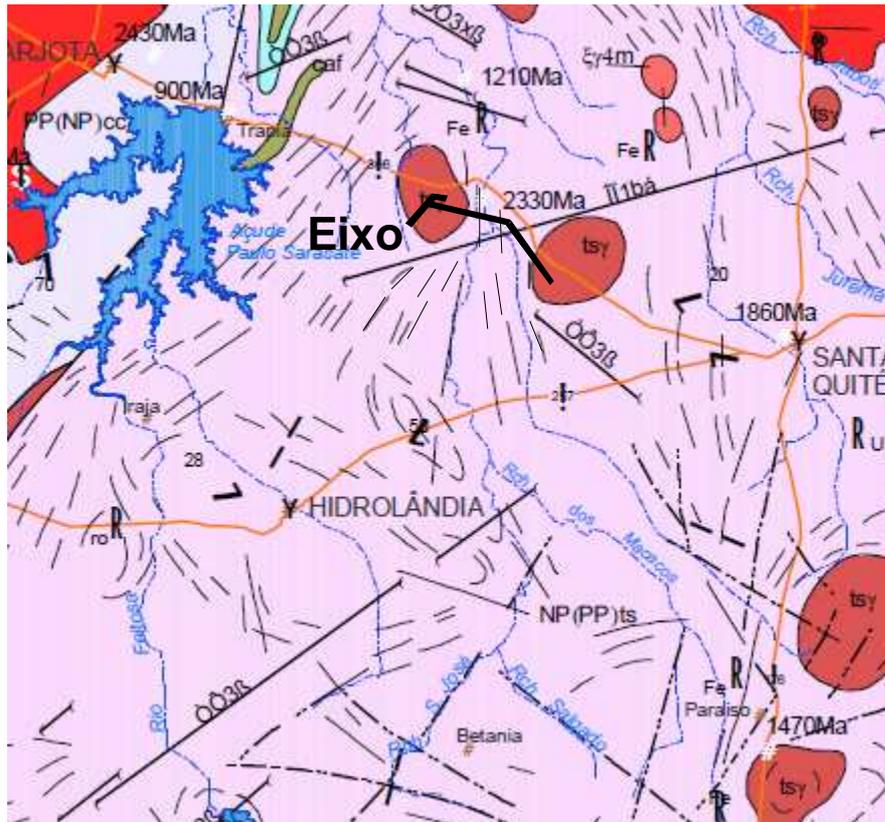


Figura 3.8 – Mapa geológico do eixo e seu entorno, mostrando dois maciços graníticos circundados por gnaisses migmatíticos diversos. Notar os traços ou linhas de direção NE, N e NW, as quais são foliações ou planos de cisalhamento verticais, em parte responsável pela ocorrência das drenagens.

Na cartografia de detalhamento realizado por caminhamentos no eixo, nas suas transversais e no seu entorno foi possível a identificação das litologias e estruturas, descritas a seguir:

3.4.1.1 - Gnaisses Migmatíticos, Anfibolitos e Calcissilicáticas (Npmig)

Os gnaisses migmatíticos diversos são representados pela variação de três tipos de rochas formando um conjunto de; Gnaisses Migmatíticos (80%), Anfibolitos (10%) e Calcissilicáticas (10%). Os gnaisses migmatíticos comportam-se como hospedeiros dos anfibolitos e calcissilicáticas.

Os gnaisses migmatíticos possuem coloração cinza apresentando microbandamento com leucossomas e melanossomas centimétricos, boudins de enclaves de metassedimentos e xenólitos de anfibolitos.

Possuem foliação estromática com penetrativa foliação que varia de alto a médio ângulo de mergulho. Os anfibolitos por vezes ocorrem em maior quantidade e normalmente apresentam injeções de quartzo indicando hidrotermalismo durante a orogênese formando rochas calcissilicáticas de coloração verde escura, sendo que este processo é acompanhado de injeção de veios de quartzo sempre presentes nestes locais (**Figura 3.9**).



Figura 3.9 - Gnaisses migmatítico exibindo bandamento centimétrico entre melanossomas e leucossomas, injeções quatzo-feldspáticas e restos de anfibolitos fragmentados que por vezes ocorrem em maior quantidade. Leito do Rio dos Macacos com o eixo.

Estruturalmente onde ocorrem os gnaisses migmatíticos, os planos de foliação (planos formados devido a deformação na rocha) tendem a ser verticais devido à presença de zonas de cisalhamento pretéritas da orogênese Brasileira (600 Ma). Esta verticalização ocorre em alguns trechos do eixo, (ver Mapa Geológico) e, estes locais podem estar mais fraturados localmente, devido a injeções de quartzo e/ou granitos quase sempre associadas ao processo tectônico.

Os migmatitos ocorrem na parte central do eixo, ocupando a zona do rio dos Macacos e do rio secundário, e em uma parte da ombreira direita. Nos dois locais estão associados a anfibolitos e calcissilicáticas.

3.4.1.2 - Granito Alkalino (Np1)

Este granito ocorre nas partes superiores das duas ombreiras e no vertedouro. É um granito de coloração branca (**Figura 3.10**) a creme, com textura equigranular a porfirítica. Esta última quando ocorre, está associada à presença de fenocristais de k-feldspatos. Apresentam-se intercalados com os gnaisses migmatíticos, porém com estrutura sub-horizontal, onde a foliação magmática possui um mergulho suave para W. Grandes veios e diques ocorrem no local podendo chegar na ordem de 3m de largura e 30m de comprimento. São rochas intrusivas nos gnaisses migmatíticos.

A rocha possui ainda grande quantidade de diques de granitos finos equigranulares que intercortam em diversas gerações os gnaisses. São fraturas preenchidas e sem qualquer risco geotécnico.



Figura 3.10 - A) Granito homogêneo textura equigranular com foliação insipiente na horizontal, B) Fácies um pouco mais porfirítica com fenecristais de k-f, sem foliação.

3.4.1.3 - Sedimentos e Solos (Qa)

Recobrando as rochas gnáissicas e graníticas tem-se três tipos de sedimentos inconsolidados, a saber:

- a) sedimentos arenosos de calha de rios: preferencialmente ocorrem no rio dos Macacos e na drenagem secundária, formando depósitos com profundidades métricas de grande área e conseqüentemente de grande volume. Em alguns pontos ocorrem no leito do rio em meios a lajedos, blocos e matacões (**Figura 3.11**);
- b) solos variando de terrosos a terrosos com blocos e seixos. A rocha alterada encontra-se rasa e através dos poços de inspeção pode-se ver que principalmente nas ombreiras o regolito não ultrapassa 2,00m (**Figura 3.12**).
- c) Seixos de quartzo ocorrem em maior quantidade próximos às rochas calcissílicas, devido à maior presença de veios de quartzo, formando assim cascalheiras de quartzo, os quais são comuns em todo o eixo, porém, de pouca espessura.
- d) as maiores espessuras de solo encontrado no eixo barrável foram encontradas na parte das drenagens. Vale salientar que os rios foram encaixados devido à presença de falhas que condicionam um plano vertical de fraqueza na direção NW-SW. O desnível destas falhas formam depósitos que podem chegar a 15,00m de espessura.
- e) nas ombreiras tem-se solo raso com espessura variando de 1,00 a 3,00m, com maior quantidade de cascalho nos horizontes de rocha alterada.



Figura 3.11 - Rio dos Macacos no cruzamento com o eixo, grande volume de areia grossa a média, formada por processos aluvionares/fluviais



Figura 3.12 - Caixa de amostragem de solo, evidenciando pouca espessura de regolito na região do eixo. F-34.

3.5 - DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO EIXO

O mapeamento geológico dos eixos da barragem e do vertedouro foi realizado entre os dias 13, 14, 15 de novembro de 2019. A descrição aqui engloba a Estaca 190 até Estaca 0/0. Como resultado da descrição geológica do eixo, está apresentado o Mapa Geológico da região do eixo da barragem no capítulo 6, item **6.2**.

Na ombreira direita, o mapeamento iniciou na estaca 190 onde existe um marco IBI/COGERH (**Figura 3.13**).

O mapeamento elaborado está materializado através de planta específica denominada **Planta Geológica da Superfície da Barragem e Vertedouro**, apresentada no Capítulo 6 -, item 6.2 deste relatório.



Figura 3.13 - Marco na ombreira direta, estaca 190, início do eixo.

Da estaca 190 até a estaca 154 há um predomínio do granito de composição k-feldspática que varia de porfirítico a equigranular. A composição mineralógica é formada por k-feldpsatos (35%), plagioclásio (15%), quartzo (15%) e sendo os demais minerais como muscovia, titanita, opacos, apatitas, biotita, microclina, compondo secundariamente. Ocorre na forma de lajedos decamétricos maciços (**Figura 3.14**), ou mesmo subaflorente, possuindo foliação subhorizontal pouco penetrativa com caimento de 5 a 10 graus para oeste (Sn 260az/05 até 300az). Além da foliação apresenta duas famílias de fraturas nas direções variando 250az/50 a 90 e 300az/90 (**Figura 3.15**).



Figura 3.14 - Lajedos de granito maciço próximos à estaca 170. Relevo com blocos e matacões, solo raso por vezes com cascalheira.



Figura 3.15 - Lajedos de granito estaca 165 - rocha maciça exibindo fraturas nas direções 300az e 270az.

Entre as estacas 154 e 125 ocorrem blocos métricos de rochas calcissilicáticas e veios de quartzo associados aos gnaisses migmatíticos. Estes locais mostram um hidrotermalismo onde fluidos foram injetados, formando uma reação entre os anfibólitos e injeções de quartzo. É comum encontrar mais cascalheira de quartzo uma vez há mais veios nestes locais. O solo também apresenta coloração marrom escuro devido à intemperização dos anfibólitos (rochas verdes) e das calcissilicáticas (rocha verde + quartzo) (**Figura 3.16**). A foliação Sn neste trecho estaca 135 é 245az/10 e fraturas NW-SE.

Nesta área geralmente o solo é raso e intercala-se com ocorrências de lajedos.



Figura 3.16 - Blocos de anfibólitos e calcissilicáticas, com veios de quartzo cortando a estrutura maciça da rocha. Estaca 135.

Entre as estacas 125 até 63 ocorre o mesmo granito com k-feldspato variando de porfirítico a equigranular, possuindo foliação subhorizontal, Sn - 310az/5. Neste trecho predominam lajedos intercalando com manchas de solo mais arenoso (**Figura 3.17**).



Figura 3.17 - Granito equigranular exibindo foliação Sn subhorizontal, 310az/5.

Nas estacas 83-82 ocorre uma falha milonítica com espessura de 2,00m, que também marca o contato com os gnaisses migmatíticos. Ocorre uma quebra no terreno, um desnível de até 10,00m sendo detectado nas sondagens (Furo SM-12).

Esta zona de falha pode requerer maior escavação de terra e possível tratamento de injeção conforme o teste de perda d'água. Na **Planta Geológica da Superfície da Barragem e Vertedouro**, apresentada no Capítulo 6 item 6.2, está indicada como falha milonítica orientada na direção 310az/90.

Da estaca 82 até a estaca 5 ocorrem gnaisses migmatíticos, com rochas anfíbolíticas e clacissilicáticas que se intercalam, principalmente neste trecho e entre as estacas 42 e 25.

Na calha e entre os dois rios principais, identificamos que:

Por ser o trecho mais profundo onde ocorre as duas calhas principais de drenagem principal, o Rio Macacos e uma drenagem secundária, tem-se diversas quebras de terrenos que se refletem em degraus ou mesmo patamares.

No ponto 65, estaca 73, ocorre pequeno patamar de sedimentos com espessura acima de 2m. Talvez um maior volume de escavação nesta região onde os sedimentos sustentam uma área plana bem marcada por presença de carnaúbas (**Figura 3.18**) e compõem um solo arenoso.



Figura 3.18 - Patamar de sedimento próximo a estaca 74. Maior volume de solo na escavação. Próximo ao rio dos macacos. Pode refletir um paleocanal do rio.

Neste trecho também ocorrem as duas calhas/drenagens principais: Rio dos Macacos (Estaca 61) e uma Drenagem Secundária (Estaca 41).

No rio dos Macacos ocorrem lajedos, matacões e blocos de gnaisses migmatítico entrecortados por granitos na forma de diques e veios. Sedimentos arenosos com profundidade de até 10,00m, profundidade esta confirmada pela sondagem executada na região, ocorrem no leito e em toda sua lateralidade. O rio instalou-se em cima de uma falha de direção N-S (**Figura 3.19**) a qual também condiciona a drenagem secundária que ocorre paralela ao rio dos Macacos.



Figura 3.19 - Rio dos Macacos, sedimentos arenosos em meio a lajedos de gnaisses e blocos soltos no leito. Sedimento de calha fluvio-aluvial, vale simétrico.

Na estaca 41 ocorre a Drenagem Secundária que é de menor porte que o rio dos macacos, possui terraço fluvial bem formado e espessura de sedimentos em torno de 10,00m. Esta drenagem ocorre uma falha provocando um desnível, na estaca 41, sendo esta mais baixa que a estaca 43 (ver capítulo 6 item 6.2).

Neste local também pode ocorrer uma maior necessidade de escavação do solo, escavação esta que pode atingir espessura superior a 10,0m. Esta drenagem também reflete uma falha/fratura na direção 30az paralela ao rio dos Macacos (**Figura 3.20**).



Figura 3.20 - Drenagem secundária, terraço fluvial com 2 a 4 m de desnível, solo arenoso e espessura superior a 10m (Furo SM-04). Estaca 41.

Entre as estacas 8 e 5 ocorre o contato litológico entre os gnaisses migmatíticos e o granito equigranular homogêneo.

No fim do eixo, entre as estacas 5 e 0/0, volta a ocorrer o granito equigranular homogêneo por vezes porfirítico com fenocristais de k-feldspatos, portanto o mesmo granito da ombreira direita.

3.6 - DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO VERTEDOIRO

O vertedouro situa-se na ombreira esquerda sendo apoiado em uma elevação rochosa, composta de rocha granítica de composição quartzo feldspática, homogêneo a equigranular com variações de porções porfíricas (Np1-ver Mapa Geológico). Apresenta foliação magmática Sn subhorizontal com orientação 270az/5, 280az/7, 240az/6.

Entre as estacas 0 e 10 ocorre um escalonamento natural do terreno onde o granito aflora com foliação subhorizontal (**Figura 3.21**), com fraturas com orientação 320az/90, 360az/90, 80az/90, 90az/80. São fraturas de alívio de pressão e ocorrem superficialmente devido a denudação do terreno.



Figura 3.21 - Granito aflorante na forma de lajedos escalonados exibindo foliação subhorizontal Sn 270az/5. Estaca 7 vertedouro. Rocha sã.

Este escalonamento termina num vale a jusante do eixo. Este vale (**Figura 3.22**) é um vertedouro natural, uma vez que ocorrem grandes lajedos e rocha aflorante em todo o percurso até a estaca 58; pouco solo reside sobre o vertedouro e ocorrem rocha aflorante e lajedos do granito equigranular a porfírico. Esta drenagem natural deve ser aproveitada como via de escoamento do próprio vertedouro.



Figura 3.22 - Vale natural a montante do eixo (corte N-S), saída do vertedouro e drenagem natural na direção W-E. Todo o substrato é composto de rocha granítica sã.

3.7 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

As estruturas planares levantadas no mapeamento foram: foliação Sn, fraturas e falhas detectadas pela sondagens. Uma zona milonítica foi observada entre as estacas 84-82. Entende-se como estruturas planares todo plano gerado por processos tectônicos ou magmáticos, no caso de processos magmáticos seriam planos criados pelo fluxo do magma.

Nos gnaisses migmatíticos os planos são foliações tectônicas genericamente denominadas de Sn, normalmente temos minerais de biotitas e anfibólios orientados neste plano juntamente com quartzo e feldspatos. Nos granitos a foliação Sn está associada ao movimento do magma e sua colocação/injeção.

3.7.1 - Foliação

Os planos de foliação subhorizontais com vergência para oeste principalmente, mergulho varia de 0 a 10 graus. São planos pouco penetrativos e estão associados aos locais que ocorrem o granito equigranular homogêneo a porfirítico. Este arranjo é predominante nas duas ombreiras, associado aos dois maciços graníticos e no vertedouro.

Planos de foliação tectônica que ocorrem associadas aos gnaisses migmatíticos, principalmente no rio dos Macacos, são planos de foliação verticais Sn 270az/90. Nesta rocha, a deformação foi mais intensa e está paralela às zonas de cisalhamento regionais, que provocaram juntamente com a deformação da rocha, um bandamento migmatítico e a verticalização dos planos de foliação. A **Figura 3.23** mostra os planos de foliação no estereograma, onde predominam as medidas de caimento suave para oeste (Sn = 270az/5-10), e os planos verticais N-S.

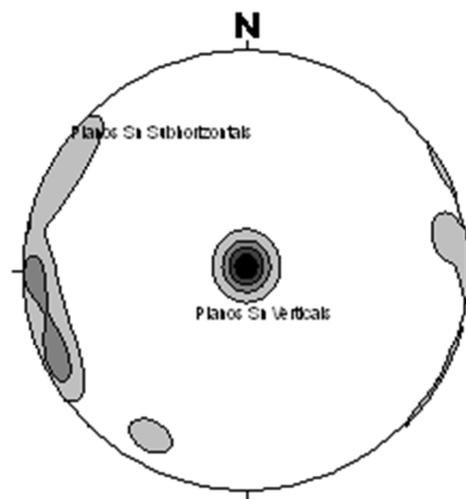


Figura 3.23 - Estereograma da foliação Sn que mostra predomínio de planos subhorizontais no granito equigranular e planos verticais nos gnaisses migmatíticos.

3.7.2 - Fraturas e Falhas

O fraturamento da área ocorreu posterior à formação da foliação. As famílias de fraturas mostram que as principais direções encontram-se NW-SE, W-E e N-S (**Figura 3.24**).

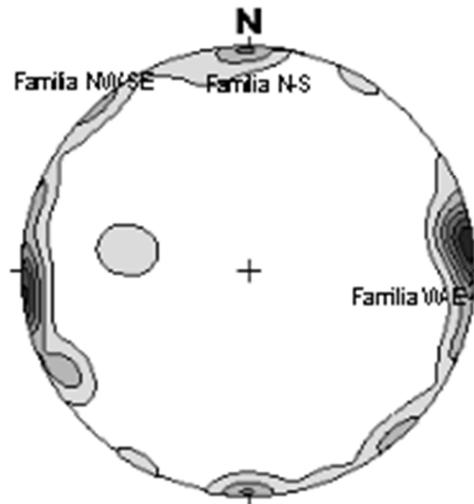


Figura 3.24 - Estereograma das famílias de fraturas presentes nas rochas do eixo e vertedouro.

Uma zona milonítica foi mapeada na ombreira direita: trata-se de uma fratura tectonizada de largura de aproximadamente 2,00-3,00m e extensão decamétrica. Esta falha pertence à família de fratura de direção NW-SE (330az). Neste local há presença de maior espessura de solo, um falhamento com deslocamento de metros a dezena de metro (10,0m máximo) sendo detectado entre as estacas 84 e 82.

Na drenagem secundária - estaca 41 - também ocorre outra falha com desnível que pode atingir 15,0m, pois as sondagens revelaram solo até 12,0m. Neste local ocorre um patamar de sedimentos inconsolidados acompanhando a drenagem. Nos perfis geológico/topográfico (ver Mapa Geológico capítulo 6 item 6.2) as duas falhas e a zona milonítica estão cartografadas e exibem uma espessura de solo em torno de 10m.

Dos elementos planares, apenas na zona milonítica deve-se ter maior cuidado e observação de campo durante a escavação. Testes de campo como ensaios de perda d'água foram realizados e seus resultados são apresentados no relatório de sondagem. Zonas falhadas podem requerer tratamento extra, como injeção de calda de cimento. As demais fraturas presentes no eixo e vertedouro são fraturas fechadas.

3.7.3 - Lajedos Propensos a Desmonte

Foram cartografados também os locais onde ocorrem lajedos com relevo positivo (**Figura 3.25 a 3.29**) em relação ao nível base do eixo e que exigem desmonte para

nivelamento. Os locais estão assinalados no Mapa Geológico, constante no capítulo 6 item 6.2 deste volume, e ilustrados e descritos nas fotos a seguir.



Figura 3.25 - Lajedos de granito, ponto 19, estaca 170. - Matações e Lajedos



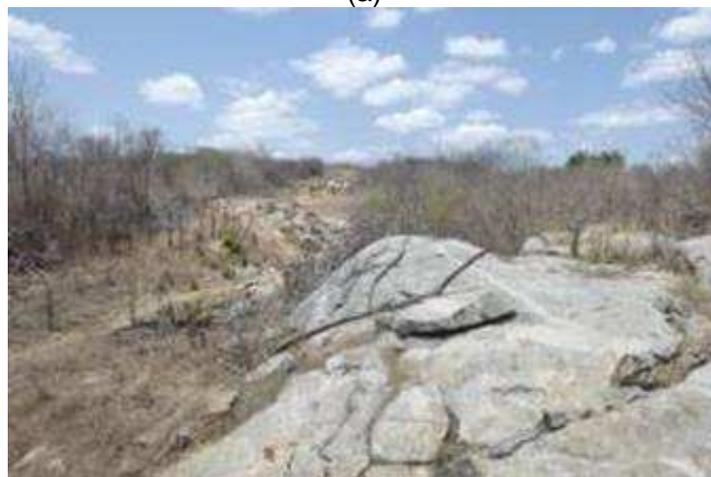
Figura 3.26 - Lajedos na estaca 165, área pequena com desnível de 1m - área pequena de lajedo, no eixo central.



Figura 3.27 - Lajedos com desnível de 1,50m. Granito. - Ponto 58, montante da estaca 93



(a)



(b)

Figura 3.28 - Rio dos Macacos, grandes lajedos aflorantes com desnível de 1,0m até 5,0m



Figura 3.29 - Lajedos ao fundo com desnível acima de 5,0m, limite de montante do eixo na estaca 51. Ponto 83 Estaca 51 a montante, grandes lajedos de gnaisses, com desnível superior a 5,0m.

3.8 - CONCLUSÕES

A Barragem Poço Comprido possui suas ombreiras formadas por rocha maciça de composição granítica com textura equigranular a porfirítica, composta por k-feldspatos, plagioclásios, quartzo e biotitas, minerais secundários como muscovita e opacos podem ocorrer.

Estruturalmente apresenta foliação subhorizontal e fraturamento nas direções N-S, NE-SW e E-W. O solo arenoso a siltoso apresenta coloração amarelada com mais ou menos cascalheira, sendo normalmente solos rasos (<2,0m).

A parte central da barragem é formada por gnaisses migmatíticos com enclaves de anfibólitos, metassedimentos calcissilicáticas e veios de quartzo que também são injetados em inúmeros locais. Estes veios formam cascalheiras de quartzo com blocos angulares em inúmeros locais do eixo. Algumas fraturas/falhas ocorrem na parte central do eixo (zona dos rios). Neste trecho ocorrem depósitos aluvionares e perfis de solo mais espessos que as ombreiras. Este comportamento com mais cobertura reflete as atividades tectônicas das falhas que movimentaram verticalmente formando rejeitos que podem chegar até 15,0m. Estas falhas formaram as próprias drenagens de maior porte (Rio dos Macacos e Drenagem Secundária). Fraturas secundárias também formaram drenagens de menor porte onde várias delas coincidem com as famílias de fraturas levantadas.

Sete locais apresentam lajedos que devem sofrer desmonte para nivelamento - são locais com desnível que variam de 1,00m até acima de 5,00m, como no rio dos Macacos. No início do vertedouro também apresentam rocha aflorante (granito) e desníveis que variam de 1,00m até acima de 5,00m. Na estaca 0 do eixo, também há rocha aflorante que pode necessitar desmonte. Estes locais estão indicados no Mapa Geológico.

4 – ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE SONDAGEM – SONDAGENS E ENSAIOS IN SITU.

4 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE SONDAGEM – SONDAGENS E ENSAIOS *IN SITU*

4.1 - INTRODUÇÃO

A caracterização geológico-geotécnica ao longo do eixo barrável e do vertedouro tem por objetivo principal efetuar uma inspeção no subsolo local. Esta proporcionou o conhecimento do subsolo através de reconhecimentos de campo, execução de sondagens mistas (iniciadas a percussão e seguidas de rotativa quando da detecção de rocha) denominadas SM, sondagens rotativas – denominadas SR, sondagens a percussão – SP e ensaios geotécnicos específicos com o intuito de descrever sua tipologia, grau de alteração, permeabilidade e descontinuidades do maciço rochoso, em relação à distribuição espacial. Nas sondagens mistas foram executados “in situ” ensaios de perda d’água específica (EPE) no caso de rocha.

É importante ressaltar que todos os procedimentos de ensaio seguiram as normas preconizadas pela ABNT.

Os resultados das investigações estão apresentados sob a forma de boletins de sondagem e ensaios no **Tomo 4A – Sondagens e Ensaios – Barragem e Vertedouro – Anexo I.**

4.2 - PLANO DE SONDAGEM

Para a execução dos trabalhos de sondagem no local da barragem e vertedouro foi apresentado um plano de investigação de subsuperfície composto pelas sondagens a percussão, mistas e rotativas a serem executadas durante a fase preliminar dos estudos, o qual foi discutido e aprovado pela fiscalização para sua implementação. Após sua aprovação deu-se início aos trabalhos de campo.

O plano de sondagem apresentado previa o estudo em três fases, e as investigações de campo obedeceram à sequência executiva definida, iniciando pelas sondagens na fase A. Após sua conclusão as fases subseqüentes foram liberadas mediante avaliação dos técnicos do consórcio IBI/TPF e da própria fiscalização.

Foi previsto no plano de sondagem um total 21 (vinte e um) furos de sondagens mistas, 2 (dois) furos de sondagens rotativas e 26 (vinte e seis) furos de sondagens a percussão.

Cada tipo de sondagem foi distribuída ao longo do eixo da barragem e na região do vertedouro conforme se segue: na região do eixo da barragem foram realizadas 17 (dezessete) sondagens mistas perfazendo um total de 219,33 metros perfurados (04 não foram executadas) e 26 (vinte e seis) sondagens a percussão totalizando 14,77 metros perfurados; na região do vertedouro, foram executadas 02 (duas) sondagens rotativas,

totalizando 40,45 metros perfurados e 02 (duas) sondagens a percussão num total de 0,89 metros sondados.

. Os **Quadros 4.1** e **4.2** a seguir discriminam todos os trabalhos executados ao longo do eixo da barragem e vertedouro.

Quadro 4.1 – Resumo das sondagens mista e rotativa executadas.

FURO	TIPO	ESTACA	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUNDIDADE (m)			DESLOCAMENTO (m)			Ensaio de perda d'água
			Eixo(x)	Eixo(y)		Solo (m)	Rocha (m)	Total (m)	0-200	200-500	>500	
SM-01	Mista	14	9.529.702,692	354.183,572	166,780	Não executado						
SM-02	Mista	24	9.529.624,540	354.367,675	160,610	0,6	12,00	12,60	1			4
SM-03	Mista	29	9.529.585,600	354.459,778	160,240	0,86	12,00	12,86			1	4
SM-04	Mista	34	9.529.546,728	354.551,913	155,470	0,7	12,50	13,20		1		4
SM-05	Mista	40	9.529.499,995	354.662,440	151,180	2,6	12,00	14,60	1			4
SM-06	Mista	44	9.529.468,722	354.736,073	157,800	0,79	12,00	12,79	1			4
SM-07	Mista	49	9.529.429,845	354.828,207	166,720	0,9	12,00	12,90		1		5
SM-08	Mista	54	9.529.415,822	354.925,009	160,770	1,1	11,65	12,75		1		4
SM-09	Mista	59	9.529.422,340	355.024,796	152,850	0,45	12,40	12,85	1			3
SM-10	Mista	64	9.529.428,834	355.124,585	154,630	0,95	12,10	13,05	1			4
SM-11	Mista	69	9.529.435,344	355.224,373	159,230	0,59	12,00	12,59	1			3
SM-12	Mista	74	9.529.441,842	355.324,161	159,970	0	13,10	13,10	1			4
SM-13	Mista	79	9.529.448,311	355.423,952	161,690	0,71	12,50	13,21	1			4
SM-14	Mista	24-M60m	9.529.568,814	354.343,894	161,410	Não executado						
SM-15	Mista	24-j60m	9.529.679,204	354390,655	164,610	Não executado						
SM-16	Mista	44-M60m	9.529.412,990	354.712,416	158,970	Não executado						
SM-17	Mista	59-M70m	9.529.361,710	355.027,715	151,400	0,8	12,30	13,10		1		4
SM-18	Mista	69-M70m	9.529.374,949	355.227,465	159,260	0,65	11,50	12,15	1			4
SM-19	Mista	64-M67m	9.529.368,422	355.127,678	154,590	0,9	12,10	13,00	1			4
SM-20	Mista	69-j70m	9.529.488,167	355.119,869	157,400	0,6	11,90	12,50	1			4
SM-21	Mista	81	9.529.449,07	355.443,47	164,103	0,68	11,40	12,08			1	4
SR-01	Rotativa	SAN-EIXO-0	9.529.876,821	353.768,755	190,800	0	20,20	20,20			1	
SR-02	Rotativa	SAN-EIXO-e5JUS100	9.529.968,979	353.807,574	178,460	0	20,25	20,25	1			
TOTAL						13,88	245,90	259,78	12,00	4,00	3,00	67,00

Quadro 4.2 – Resumo da sondagem percussiva executada.

FURO	TIPO	ESTACA(m)	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUND. (m)	DESLOCAMENTO (m)			Ensaio de infiltração
			Eixo(x)	Eixo(y)			Solo (m)	0-200	200-500	
SP-01	Percussiva	9	9.529.741,811	354.091,541	171,510	0,67	1			
SP-02	Percussiva	26+10	9.529.605,063	354.413,721	160,400	0,72		1		
SP-03	Percussiva	36+10	9.529.527,265	354.597,970	153,530	0,92		1		
SP-04	Percussiva	42	9.529.484,358	354.699,256	155,740	0,51	1			
SP-05	Percussiva	46+10	9.529.449,176	354.782,095	161,390	0,6	1			
SP-06	Percussiva	51	9.529.414,461	354.865,130	167,770	0,52	1			
SP-07	Percussiva	56+10	9.529.419,082	354.974,902	156,600	0,2	1			
SP-08	Percussiva	61+10	9.529.425,591	355.074,694	151,020	3	1			2
SP-09	Percussiva	66+10	9.529.432,085	355.174,479	156,750	0,61	1			
SP-10	Percussiva	71+10	9.529.438,603	355.274,266	159,910	0,93	1			
SP-11	Percussiva	76+10	9.529.445,076	355.374,057	160,070	0	1			
SP-12	Percussiva	84	9.529.454,757	355.523,744	169,400	0,61	1			
SP-13	Percussiva	89	9.529.461,228	355.623,534	177,030	0,52	1			
SP-14	Percussiva	99	9.529.474,199	355.823,113	176,240	0,51	1			
SP-15	Percussiva	109	9.529.416,479	355.992,318	179,010	0,68		1		
SP-16	Percussiva	119	9.529.262,495	356.119,947	177,440	0,41		1		
SP-17	Percussiva	134	9.529.031,517	356.311,386	183,140	0,54		1		
SP-18	Percussiva	149	9.528.808,614	356.511,217	181,680	0,71		1		
SP-19	Percussiva	164	9.528.609,564	356.735,670	181,500	0		1		
SP-20	Percussiva	174	9.528.476,813	356.885,260	182,630	0,48		1		
SP-21	Percussiva	SAN-EIXO-10MOM200	9.529.692,638	353.690,802	183,130	0			1	
SP-22	Percussiva	SAN-EIXO-15MOM101	9.529.784,729	353.729,779	192,750	0,89	1			
SP-23	Percussiva	44-j60m	9.529.523,529	354.759,119	154,400	0,59			1	
SP-24	Percussiva	59-j70m	9.529.481,650	355.020,228	150,150	0		1		
SP-25	Percussiva	74-M70m	9.529.381,477	355.327,251	161,920	0,52		1		
SP-26	Percussiva	74-j70m	9.529.501,221	355.319,418	156,920	0,52	1			
						15,66	14	10	2	2

4.3 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA EXECUÇÃO AS SONDAJENS E ENSAIOS *IN SITU*

4.3.1 - Metodologia geral

Sondagem mista é aquela executada por sondagem a percussão em todos os tipos de terreno penetráveis por esse processo, seguida de execução de sondagem rotativa nos materiais impenetráveis a percussão. No caso da sondagem rotativa, somente o trecho em rocha é executado.

Os furos têm início com sondagem percussiva no diâmetro 2 ½”, definindo-se a espessura de solo sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas traduzidas através dos valores de “SPT”. Para a extração das amostras foi utilizado o amostrador padrão de 2” e 1 3/8” de diâmetros externo e interno, respectivamente, o qual foi cravado no terreno por meio de golpes de um martelo de 65kg, com altura de queda de 75cm. Durante a cravação do amostrador são registrados os números de golpes necessários para fazer tal ferramenta penetrar cada 15cm no terreno, até uma penetração total de 45cm. A soma dos golpes das duas últimas parcelas de 15cm, ou seja, dos 30cm finais de cravação, está apresentada sob

forma de tabela e gráfico nos perfis de sondagens. Esta soma de golpes é denominada de “Standard Penetration Test (SPT)”.

A sondagem percussiva deverá prosseguir até atingir o impenetrável à ferramenta de percussão.

Para os trechos em rocha, é utilizada sonda rotativa, acoplada a um calibrador e a um barrilete NX - duplo-móvel e coroa diamantada para recuperação do testemunho. Sendo obtidas informações da alteração, do fraturamento e da estanqueidade da rocha. Os equipamentos utilizados na execução dos furos devem ser os convencionais utilizados nas sondagens com retirada de testemunhos em rocha. Preferencialmente os furos devem ser executados a partir do terreno natural.

A forma de trabalho utilizada para execução dos ensaios *In SITU*, pode ser resumida nos seguintes procedimentos:

a) Ensaios de Permeabilidade “in situ” com Carga Constante e Ensaios de Perda d’água Específica

Durante os serviços, a cada metro de penetração, deverão ser realizados ensaios de infiltração tipo “Le Franc” bem como, no trecho em rocha, deverão ser executados ensaios de perda d’água específica, com o intuito de avaliar a permeabilidade da fundação e obter informações qualitativas sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso, cujos resultados serão apresentados em planilha, com os coeficientes de permeabilidade determinados.

Todos os furos de sondagem foram referenciados ao eixo topográfico implantado, com suas coordenadas UTM e cotas altimétricas definidas, através de levantamento de todas as cotas das bocas dos furos levantadas através de nivelamento topográfico.

b) Ensaios de Permeabilidade “in situ” com Carga Constante:

Nos Ensaios de Permeabilidade “in situ” com Carga Constante, mantém-se a vazão até que as condições de fluxo se estabilizem, e a carga (altura d’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).

c) Ensaios de Perda d’água Específica

É prática corrente observar-se, no decorrer da execução de sondagens rotativas, perdas d’água parciais ou totais, dependendo da importância e densidade do fraturamento da rocha.

O ensaio de perda d'água específica nada mais é do que um aperfeiçoamento desta observação empírica e qualitativa. Ele permite uma informação quantitativa sobre circulação da água em rochas fissuradas, com o objetivo de julgar as possibilidades de consolidação por injeções.

Este ensaio consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem. Foi realizado em 05 (cinco) estágios de pressão, sendo o 1º e 5º estágios sob pressão mínima; os 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima.

4.3.2 - Metodologia específica

Foram realizados no total de 26 (vinte e seis) furos de Sondagem a Percussão e 21 (vinte e um) furos de Sondagem Mista Rotativa e 2 (dois) furos de sondagem rotativa.

Na execução foram utilizadas sondas rotativas da SONDEQ modelo 920 de avanço hidráulico, empregando-se coroa diamantada de diâmetro NX e modelo NWM e barrilete duplo móvel.

Os perfis individuais dos furos executados estão apresentados em **Anexo I**, contendo descrição geológica e documentação fotográfica das caixas de testemunhos.

As amostras das sondagens percussivas, foram coletadas a cada metro de profundidade através do amostrador padrão e acondicionadas em sacos plásticos para posterior reclassificação táctil-visual em laboratório.

Os índices de penetração foram obtidos pela cravação do amostrador padrão através de quedas sucessivas do martelo padronizado com massa de ferro de 65 kg caindo da altura de 0,75 m, até se atingir a penetração de 0.30 m, anotando-se o número de golpes necessários à cravação de cada 0,15 m do referido amostrador padrão, ou conforme orientações da Norma Brasileira NBR-6484/FEV2001.

No caso das sondagens mistas, a perfuração se deu ao longo do horizonte constituído por solos, o furo foi revestido com tubos de aço de diâmetro interno de 76mm (NW).

Ao atingir o topo rochoso, foi iniciada a perfuração com o emprego de barrilete duplo giratório modelo NWM (NX), com comprimento livre de 1,65metros. A cada manobra efetuada, foi anotada a profundidade inicial e final, bem como, o comprimento dos testemunhos recuperados.

As sondagens pelo processo rotativo foram executadas nos trechos em rocha e obedeceram às recomendações Norma Brasileira NBR-6484/FEV2001.

Importante salientar que, para as sondagens no eixo da barragem não foram realizados ensaios de infiltração, conforme definido com a fiscalização, uma vez que a pequena espessura do solo existente sobre o maciço rochoso impossibilitava sua execução e seus resultados poderiam ser duvidosos, bem como, é provável a limpeza do terreno e remoção destas primeiras camadas quando da execução das obras de implantação da barragem.

Os resultados destes ensaios de campo serão apresentados em desenhos na forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo.

4.3.3 - Caracterização Geológico-Geotécnica

A caracterização geológico-geotécnica, realizada ao longo do eixo barrável consta de um reconhecimento geológico de superfície e de subsuperfície, com o intuito de descrever sua tipologia, grau de alteração, permeabilidade e descontinuidades do maciço rochoso, em relação à distribuição espacial.

Foi realizada uma programação inicial de 23 (vinte três) sondagens, no eixo a ser barrado e no local provável do vertedouro. A caracterização geológico-geotécnica do eixo barrável tem por objetivo principal subsidiar o anteprojeto e projeto executivo. Foram realizados reconhecimentos de campo, investigações diretas por meio de sondagens (rotativa e mista) e ensaios geotécnicos específicos.

A metodologia utilizada pode ser resumida nos seguintes procedimentos:

a) Aquisição e interpretação da base de dados:

- Aquisição de bases cartográficas na área do empreendimento (levantamento topográfico de campo);
- Aquisição mapas geológicos regionais e locais da área do empreendimento
- Reconhecimento geológico-geotécnico da área da barragem e adjacências;
- Programação e análise das investigações de campo que consistiram em:
 - Sondagens a percussão, com ensaios de penetração SPT (“Standard Penetration Test”), para caracterização dos diferentes tipos de solo;
 - Coleta de amostras de solo e rocha para realização de ensaios de laboratório;
 - Sondagens mistas para caracterização dos solos e rochas;
 - Ensaios de infiltração, executados em sondagens a percussão e em sondagens mistas, para a avaliação das permeabilidades dos diferentes tipos de solo;
 - Ensaios de perda d’água, executados em sondagens rotativas e em sondagens mistas, para a avaliação das permeabilidades dos diferentes tipos litológicos do maciço rochoso.

- b) Caracterização táctil-visual de testemunhos de sondagens executadas;
- c) Elaboração de perfis geológico-geotécnicos no eixo da barragem e vertedouro;
- d) Diagnóstico das condições de fundação.

A metodologia de descrição dos testemunhos de sondagens constou, principalmente, da classificação litológica, do grau de alteração da rocha (**Quadro 4.3**), do índice de fraturamento (**Quadro 4.4**), da percentagem de recuperação do testemunho e do RQD (**Quadro 4.5**).

Quadro 4.3 - Grau de Alteração de Rocha Ígnea ou Metamórfica

Grau de Alteração	Classificação do Maciço	Características da Rocha
A ₁	São	A rocha apresenta seus minerais constituintes sem decomposição. Eventualmente apresenta fraturas oxidadas.
A ₂	Pouco alterado	A rocha apresenta decomposição incipiente em sua matriz e ao longo dos planos de fraturas.
A ₃	Medianamente alterado	A rocha apresenta cerca de 1/3 de sua matriz decomposta. A decomposição ao longo das fraturas é acentuada.
A ₄	Muito alterado	A rocha apresenta de 2/3 de sua matriz ou de seus minerais totalmente decompostos. Todas as fraturas estão decompostas.
A ₅	Extremamente alterado	A rocha apresenta todo o seu corpo totalmente decomposto.

Quadro 4.4 - Índice de Fraturamento da Rocha

Classe	Nº de Fraturas/ metro	Classificação do Maciço
F ₁	< 1	Ocasionalmente fraturado
F ₂	1 a 5	Pouco fraturado
F ₃	6 a 10	Medianamente fraturado
F ₄	11 a 20	Muito fraturado
F ₅	> 20	Extremamente fraturado

Quadro 4.5 - Classificação da Rocha Quanto ao RQD

Classe	RQD %	Qualidade da Rocha
R ₁	100 - 91	Excelente
R ₂	90 - 76	Boa
R ₃	75 - 51	Regular
R ₄	50 - 26	Pobre
R ₅	25 - 0	Muito pobre

A permeabilidade e a condutividade hidráulica do maciço rochoso, ao longo do eixo barrável e suas proximidades, frente à percolação d'água através dos seus planos de descontinuidades (fraturas, falhas e fissuras), foram calculadas a partir dos ensaios

padronizados de perda d'água sob pressão realizados nessa fundação, através dos furos de sondagens mistas.

Os resultados dos ensaios de perda d'água sob pressão, foram interpretados segundo a classificação descrita no **Quadro 4.6**, com base na Permeabilidade e na Condutividade Hidráulica.

Os resultados das investigações estão apresentados sob a forma de fichas descritivas no **Anexo I** (Perfis, Ensaios e Fotos das Prospecções Geotécnicas).

Quadro 4.6 - Classificação Quanto à Permeabilidade e Condutividade Hidráulica

Classe	Denominação	Permeabilidade (cm/seg)	Condutividade Hidráulica (l/min.m.kg/cm ²)
H ₁	Muito baixa	$k < 10^{-5}$	C.H < 0,1
H ₂	Baixa	$10^{-5} < k < 5.10^{-5}$	0,1 < C.H < 0,5
H ₃	Média	$5.10^{-5} < k < 5.10^{-4}$	0,5 < C.H < 5,0
H ₄	Alta	$5.10^{-4} < k < 2,5.10^{-3}$	5,0 < C.H < 25,0
H ₅	Muito alta	$k > 2,5. 10^{-3}$	C.H > 25,0

4.4 - TRABALHOS EXECUTADOS

4.4.1 - Sondagens no Eixo do Barramento

Ao longo do eixo da barragem, foram executados 26 furos com um total de 14,77 metros de sondagens à percussão e 17 furos de sondagem mista, sendo que da sondagem mista foram executados 205,45m do tipo rotativa e 13,88m percussiva, conforme o **Quadro 4.7** – Sondagem mista da barragem.

A execução dos trabalhos obedeceu ao plano de sondagem apresentado na fase preliminar dos estudos, onde previa-se um ataque faseado em três etapas, que nortearam a ordem de ação. Foram executados preliminarmente, cerca de 7 sondagens mistas com profundidades média em rocha de 12m distribuídas ao longo do eixo da barragem. Após a conclusão da perfuração dos furos iniciais, foi avaliado o resultado de cada furo com a ajuda dos perfis de sondagem e de seus testemunhos, o que permitiu concluir pelo prosseguimento da campanha de sondagem para a fase seguinte, até a conclusão de todos os furos previstos.

Para as sondagens no eixo da barragem não foram realizados ensaios de infiltração, conforme definido com a fiscalização, a pequena espessura do solo existente sobre o maciço rochoso impossibilitava sua execução e seus resultados poderiam ser duvidosos. Entretanto, foram realizados ensaios de infiltração tipo “Le Franc”, apenas no furo SM08, cujos resultados estão sendo apresentados em planilha, neste capítulo, **Quadro 4.10**, com os coeficientes de permeabilidade determinados.

Dos furos previstos no plano de sondagem, não foram executados SM1, SM14, SM15 e SM16. Os furos SM14 e SM15 tinham como objetivo uma possível alternativa de um vertedouro em CCR neste local. Quando da realização das sondagens na fase A, aquelas realizadas próximas às estacas indicadas para os furos SM14 e SM15, apresentavam condições desfavoráveis para execução da alternativa do CCR, sendo estas não executados no momento. O furo SM21, foi executado a mais do previsto pelo plano de sondagem, para melhor definir o fraturamento existente na altura da estaca 81.

4.4.1.1 - Sondagem mista

Foram realizadas 17 (Dezessete) sondagens mistas na região do eixo da barragem, num total de 219,23 metros perfurados. Sendo 13,80 m em percussão e 205,45m em rotativa.

No **Quadro 4.7** a seguir são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens mistas realizadas.

Quadro 4.7 - Sondagens Mistas na barragem

FURO	ESTACA	COORDENADAS		COTA (M)	FASE DE EXECUÇÃO	PROF. SOLO (m)	PROF. ROCHA (m)	SPT. MIN. (m)
		Eixo(x)	Eixo(y)					
SM-01	14	9.529.702,692	354.183,572	166,780	B- NÃO EXEC.			
SM-02	24	9.529.624,540	354.367,675	160,610	A	0,6	12,00	33
SM-03	29	9.529.585,600	354.459,778	160,240	B	0,86	12,00	32
SM-04	34	9.529.546,728	354.551,913	155,470	A	0,7	12,50	33
SM-05	40	9.529.499,995	354.662,440	151,180	A	2,6	12,00	17
SM-06	44	9.529.468,722	354.736,073	157,800	B	0,79	12,00	32
SM-07	49	9.529.429,845	354.828,207	166,720	A	0,9	12,00	39
SM-08	54	9.529.415,822	354.925,009	160,770	A	1,1	11,65	50
SM-09	59	9.529.422,340	355.024,796	152,850	A	0,45	12,40	45
SM-10	64	9.529.428,834	355.124,585	154,630	A	0,95	12,10	26
SM-11	69	9.529.435,344	355.224,373	159,230	A	0,59	12,00	39
SM-12	74	9.529.441,842	355.324,161	159,970	A		13,10	45
SM-13	79	9.529.448,311	355.423,952	161,690	A	0,71	12,50	39
SM-14	24-M60m	9.529.568,814	354.343,894	161,410	B- NÃO EXEC.			
SM-15	24-j60m	9.529.679,204	354390,655	164,610	B- NÃO EXEC.			
SM-16	44-M60m	9.529.412,990	354.712,416	158,970	B- NÃO EXEC.			
SM-17	59-M70m	9.529.361,710	355.027,715	151,400	B	0,8	12,30	30
SM-18	69-M70m	9.529.374,949	355.227,465	159,260	C	0,65	11,50	40
SM-19	64-M67m	9.529.368,422	355.127,678	154,590	B	0,9	12,10	26
SM-20	69-j70m	9.529.488,167	355.119,869	157,400	B	0,6	11,90	39
SM-21	81	9.529.449,07	355.443,47	164,103	C	0,68	11,40	
TOTAL						13,88	205,45	

Os perfis individuais de sondagens estão apresentados no **Tomo 4A – Sondagens e Ensaios – Barragem e Vertedouro – Anexo I**

4.4.1.2 - Ensaio de Perda d'água Específica

É prática corrente observar no decorrer da execução das sondagens rotativas, perdas d'água parciais ou totais, dependendo da importância e densidade do fraturamento da rocha.

O ensaio de perda d'água específica consiste em um aperfeiçoamento desta observação empírica e qualitativa. Ele permite uma informação quantitativa sobre circulação da água em rochas fissuradas, com o objetivo de julgar as possibilidades de consolidação por injeções.

Este ensaio consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem. Foi realizado em 05 (cinco) estágios de pressão, sendo o 1º e 5º estágios sob pressão mínima; os 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima.

Como medida a favor da segurança da obra, todos os trechos ensaiados contemplaram os estágios acima explanados.

Nas sondagens mistas realizaram-se 67 ensaios de perda d'água específica.

De forma geral, a perda d'água em praticamente todos ensaios foi muito baixo, entretanto, no furo SM-07 localizado na estaca 49 entre as profundidades 9,90 a 11,80 e no furo SM-11 localizado na estaca 69 entre as profundidades 9,50 a 12,50m, o ensaio apresentou uma perda total de água, situação está isolada e que quando na fase de projeto deverá ser previsto tratamento adequado.

O **Quadro 4.8**, a seguir, apresenta os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sobre pressão.

Quadro 4.8 - Ensaios de Perda D'água Específica

Sondagem	Quant.	Trecho Ensaiaados (m)	Perda d'água Especifica (l/min/m/kg/cm2)	K (cm/s)	Sondagem	Quant.	Trecho Ensaiaados (m)	Perda d'água Especifica (l/min/m/kg/cm2)	K (cm/s)
SM-2	4	0,60 - 3,6	2,355	2,46E-04	SM-10	4	0,95 - 3,95	5,223	5,45E-04
		3,6 - 6,6	1,525	1,59E-04			3,95 - 6,95	1,850	1,93E-04
		6,6 - 9,6	1,756	1,83E-04			6,95 - 9,95	1,148	1,20E-04
		9,6 - 12,6	1,480	1,54E-04			9,95 - 12,95	0,740	7,73E-05
SM-3	4	0,86 - 3,86	0,158	1,65E-05	SM-11	3	3,50 - 6,5	3,524	3,68E-04
		3,86 - 6,96	0,100	1,04E-05			6,5 - 9,5	1,333	1,39E-04
		6,86 - 9,86	0,077	8,06E-06			9,5 - 12,5	0,000	perda total
		9,86 - 12,86	0,064	6,72E-06			1,0 - 4,0	3,104	3,24E-04
SM-4	4	0,70 - 3,7	2,521	2,63E-04	SM-12	4	4,0 - 7,0	1,930	2,01E-04
		3,7 - 6,7	1,365	1,42E-04			7,0 - 10,0	0,610	6,37E-05
		6,7 - 9,7	0,686	7,16E-05			10,0 - 13,0	0,600	6,26E-05
		9,7 - 12,7	0,732	7,65E-05			1,0 - 4,0	8,252	8,61E-04
SM-5	4	2,60 - 5,6	6,431	6,71E-04	SM-13	4	4,0 - 7,0	1,333	1,39E-04
		5,6 - 8,6	2,870	3,00E-04			7,0 - 10,0	0,667	6,96E-05
		8,6 - 11,6	2,130	2,22E-04			10,0 - 13,0	1,160	1,21E-04
		11,6 - 14,6	6,296	6,57E-04			1,0 - 4,0	2,530	2,64E-04
SM-6	4	1,70 - 4,7	3,496	3,65E-04	SM-17	4	4,0 - 7,0	1,733	1,81E-04
		4,70 - 7,70	0,068	7,09E-06			7,0 - 10,0	1,019	1,06E-04
		7,70 - 10,7	0,008	8,81E-07			10,0 - 13,0	0,518	5,41E-05
		10,7 - 13,7	0,007	7,43E-07			1,0 - 4,0	2,667	2,78E-04
SM-7	5	0,90 - 3,9	9,883	1,03E-03	SM-18	4	4,0 - 7,0	0,711	7,42E-05
		3,9 - 6,9	9,545	9,97E-04			7,0 - 10,0	0,508	5,31E-05
		6,9 - 9,9	7,652	7,99E-04			10,0 - 13,0	0,276	2,62E-05
		9,9 - 12,9	0,000	perda total			1,0 - 4,0	2,222	2,32E-04
		11,80 - 12,9	15,868	1,66E-03			4,0 - 7,0	2,107	2,20E-04
SM-8	4	0,70 - 3,7	4,000	4,18E-04	SM-19	4	7,0 - 10,0	0,130	1,36E-05
		3,7 - 6,7	1,671	1,74E-04			10,0 - 13,0	0,716	7,48E-05
		6,7 - 9,7	0,379	3,95E-05			1,0 - 4,0	0,321	3,36E-05
		9,7 - 12,7	0,101	1,06E-05			4,0 - 7,0	0,120	1,25E-05
SM-9	3	2,50 - 5,5	0,867	9,05E-05	SM-20	4	7,0 - 10,0	0,048	4,98E-06
		5,5 - 8,5	0,850	8,87E-05			10,0 - 13,0	0,038	3,95E-06
		8,5 - 11,5	0,261	2,73E-05			1,0 - 4,0	2,783	2,91E-04
					SM-21	4	4,0 - 7,0	0,063	6,53E-06
							7,0 - 10,0	0,037	3,85E-06
							10,0 - 13,0	0,053	5,49E-06

Os boletins destes ensaios encontram-se no **Tomo 4A – Sondagens e Ensaios – Barragem e Vertedouro – Anexo I.**

4.4.1.3 - sondagem percussiva

Foram realizadas 24 (vinte e quatro) sondagens percussivas, na região do eixo da barragem, num total de 14,77 metros perfurados.

No **Quadro 4.8** a seguir, são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens percussivas realizadas.

Quadro 4.9 - Sondagens percussivas no eixo da barragem

FURO	ESTACA(m)	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUND. SOLO EXECUTADA (m)	SPT MÍNIMO	Descrição do material
		Eixo(x)	Eixo(y)				
SP-01	9	9.529.741,811	354.091,541	171,510	0,67	51	Areia fina, siltosa, argilosa, muito compacta, com pedregulhos, amarela clara.
SP-02	26+10	9.529.605,063	354.413,721	160,400	0,72	29	Areia fina, siltosa, argilosa, com pedregulhos, compacta, amarela clara.
SP-03	36+10	9.529.527,265	354.597,970	153,530	0,92	21	Areia siltosa, argilosa, compacta, cinza escura.
SP-04	42	9.529.484,358	354.699,256	155,740	0,51	32	Silte arenoso, argiloso, muito compacta, amarelo claro.
SP-05	46+10	9.529.449,176	354.782,095	161,390	0,6	33	Areia siltosa, argilosa, compacta, com pedregulho, amarela escura
SP-06	54	9.529.414,461	354.865,130	167,770	0,52	49	Pedregulho arenoso, argiloso, siltoso, amarelo escuro
SP-07	56+10	9.529.419,082	354.974,902	156,600	0,2	38/05	Impenetrável a Percussão
SP-08	61+10	9.529.425,591	355.074,694	151,020	3	12	Areia fina, siltosa, argilosa, amarelo claro
SP-09	67+10	9.529.432,085	355.174,479	156,750	0,61	40	Pedregulho arenoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro.
SP-10	71+10	9.529.438,603	355.274,266	159,910	0,93	25	Areia média, argilosa, siltosa, compacta, amarela clara com pedregulhos
SP-11	76+10	9.529.445,076	355.374,057	160,070	0	-	Afloramento de rocha
SP-12	84	9.529.454,757	355.523,744	169,400	0,61	18	Silte arenoso, argiloso, compacto amarelo claro com pedregulho
SP-13	89	9.529.461,228	355.623,534	177,030	0,52	28	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro
SP-14	99	9.529.474,199	355.823,113	176,240	0,51	31	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro com pedregulho
SP-15	109	9.529.416,479	355.992,318	179,010	0,68	22	Argila siltosa, arenoso, dura, cinza clara com pedregulho
SP-16	119	9.529.262,495	356.119,947	177,440	0,41	31	Areia siltosa, amarela clara com pedregulho
SP-17	134	9.529.031,517	356.311,386	183,140	0,54	30	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro com pedregulho
SP-18	149	9.528.808,614	356.511,217	181,680	0,71	26	Silte arenoso, argiloso, amarelo claro com pedregulho
SP-19	164	9.528.609,564	356.735,670	181,500	0	-	Afloramento de rocha
SP-20	174	9.528.476,813	356.885,260	182,630	0,48	23	Silte arenoso, argiloso, compacto, amarelo claro com pedregulhos e mica.
SP-23	44-j60m	9.529.523,529	354.759,119	154,400	0,59	44	Pedregulho, arenoso, siltoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro.
SP-24	59-j70m	9.529.481,650	355.020,228	150,150	0	-	Afloramento de rocha
SP-25	74-M70m	9.529.381,477	355.327,251	161,920	0,52	5/0	Pedregulho siltoso, argiloso, amarelo escuro
SP-26	74-j70m	9.529.501,221	355.319,418	156,920	0,52	30	Pedregulho, arenoso, siltoso, argiloso, muito compacto, amarelo claro
TOTAL					14,77		

Os boletins destes ensaios encontram-se no **Tomo 4A – Sondagens e Ensaios – Barragem e Vertedouro – Anexo I.**

4.4.1.4 - Ensaio de permeabilidade

A camada de solo sobre a rocha, ao longo de todo eixo da barragem, é raso e apresenta espessura média de 0.70m, o que dificultaria a execução dos ensaios de infiltração nas sondagens mistas e percussivas, sendo definido em conjunto com a fiscalização a não

execução dos ensaios de infiltração nas sondagens realizadas no eixo da barragem. Entretanto, na sondagem SM-8 foi encontrado um solo com 3,0m de profundidade, onde foi realizado o ensaio de permeabilidade a Carga Constante.

Os resultados destes ensaios encontram-se resumidos nos **Quadro 4.10** a seguir, e são apresentados os respectivos boletins no **Tomo 4A – Sondagens e Ensaios – Barragem e Vertedouro – Anexo I**.

Quadro 4.10 – Ensaio de permeabilidade na barragem

Sondagem	Quantidade	Trecho Ensaiaados (m)	Coef. Permeabilidade (cm/s)
SM-8	2	1,0 - 2,0	2,59E-03
		2,0 - 3,0	1,03E-03

4.4.2 - Sondagens no Vertedouro

Para avaliação do local da alternativa de local onde deverá ser implantado o vertedouro, foram executadas duas sondagens rotativas, indicadas no plano de sondagem, sendo realizadas no provável local da soleira e a jusante da mesma. Após a avaliação dos resultados obtidos nesta fase preliminar e a definição do local da estrutura vertente da barragem, durante a fase de anteprojeto, poderá ser ampliada a campanha de sondagem.

4.4.2.1 - Sondagem rotativa - quantitativo

Foram realizadas 2 (duas) sondagens rotativas, na região do eixo do vertedouro, num total de 40,45 metros perfurados.

No **Quadro 4.11** a seguir são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens rotativas realizadas.

Quadro 4.11 - Sondagem rotativa no vertedouro

FURO	ESTACA	COORDENADAS		COTA (M)	FASE DE EXECUÇÃO	PROF. ROCHA (m)
		Eixo(x)	Eixo(y)			
SR-01	SAN-EIXO-0	9.529.876,821	353.768,755	190,800	C	20,20
SR-02	SAN-EIXO-e5JUS100	9.529.968,979	353.807,574	178,460	C	20,25
TOTAL						40,45

Os perfis individuais de sondagens estão apresentados no **Tomo 4A – Sondagens e Ensaios – Barragem e Vertedouro – Anexo I**.

4.4.2.2 - Ensaios de Perda d'água Específica

Foi definido em conjunto com a fiscalização a não execução deste ensaio por motivos já explanados.

4.4.2.3 - sondagem percussiva

Foram realizadas 2 (duas) sondagens percussivas, na região a montante do eixo do vertedouro, num total de 0,89 metros perfurados.

No **Quadro 4.12** a seguir são apresentados os dados técnicos gerais das sondagens percussivas realizadas.

Quadro 4.12 - Sondagens percussivas

FURO	ESTACA(m)	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUND. SOLO EXECUTADA (m)	SPT MÍNIMO	Descrição do material
		Eixo(x)	Eixo(y)				
SP-21	SAN-EIXO-10MOM200	9.529.692,638	353.690,802	183,130	0	-	Afloramento de rocha
SP-22	SAN-EIXO-15MOM101	9.529.784,729	353.729,779	192,750	0,89	45	Areia fina, siltosa, com pedregulho, cinza claro
TOTAL					0,89		

4.4.2.4 - Ensaio de permeabilidade

Foi definido em conjunto com a fiscalização a não execução deste ensaio.

4.4.3 - Interpretação Geológico-Geotécnica

Análise feita através dos resultados de mapeamento e das sondagens realizadas ao longo do eixo do futuro barramento e vertedouro, mostram de um modo geral que o local é marcado por rochas cristalinas pertencentes ao Arco Magmático de Santa Quitéria, cobertas por uma camada de solo residual de espessuras variadas, porém delgadas ao longo do eixo, sobrepostas com aluvião depositado no trecho central correspondente à terraço aluvial do rio dos Macacos.

Do ponto de vista litológico, ao longo do eixo e vertedouro ocorrem dois tipos rocha a saber: *gnaiesses migmatitos e granitos alcalinos*.

As sondagens realizadas denotaram que as rochas gnáissicas migmatíticas ocorrem em três porções, sendo a mais importante na zona central do eixo onde situam-se as drenagens. Neste local, a foliação metamórfica está associada à presença de falhas e uma zona de cisalhamento local, formando planos de descontinuidade.

O rejeito destas falhas pode ser confirmado pelas sondagens que determinaram depósitos assimétricos de aluvião e solo com espessuras de até 15,0m. Este comportamento é observado ao longo do rio dos Macacos e na drenagem secundária.

As outras duas ocorrências de gnaiesses migmatitos possuem poucos veios de quartzo e não apresentam nenhuma estrutura de destaque. São rochas sem porosidade e sem qualquer indicativo de perda d'água pelos seus fraturamentos e ou falhamentos.

Com relação ao segundo tipo litológico mencionado - o granito alcalino – as sondagens denotaram que estes ocupam grandes áreas nas ombreiras e na totalidade do vertedouro. São compostos por granito maciço, homogêneo e alcalinos ricos em K-F, plagioclásio e quartzo e pouco reativos com a água. O fraturamento presente não mostra risco de vazios ou mesmo planos de fraqueza que limitem a escavação e/ou execução das obras.

Observaram-se em algumas sondagens dispostas ao longo do eixo que o gnaíse e migmatito encontram-se nas camadas mais superficiais do que o granito (sondagens SM-18 e SM-20). Isto é, a intercalação entre as rochas encaixantes (gnaíses) que sofrem as intrusões de granito, e estas intrusões podem ser em camadas subhorizontais.

O granito presente no vertedouro apresenta-se maciço, pouco fraturado com a foliação também subhorizontal. A geomorfologia e geologia do vertedouro, mostram-se como uma calha natural e pronta para uso do escoamento, como canal de restituição natural. As sondagens SR-1 e SR-2 com rocha tipo R1, atingiram profundidades de mais de 20,0m em rocha sã.

A jusante do vertedouro e sobreposto a este maciço rochoso descrito, as sondagens indicaram a presença de solo residual com ocorrências de camadas de aluvião depositadas.

A partir das Sondagens a Percussão confrontadas com os dados das Sondagens Mistas, a camada de solo residual de uma maneira geral é pouco expressiva na quase totalidade do eixo barrável.

O solo residual na porção central do eixo - área das drenagens - possui perfil assimétrico com maior espessura voltada para as drenagens, sendo sua profundidade máxima em torno de 10,0 m em um caso isolado (SM -11) com classificação geotécnica entre silte arenoso de coloração cinza escuro com mica, e areia fina a média siltosa de coloração variando de marrom a cinza claro com mica, medianamente compacta a muito compacta e SPT variando de 12 a 43 em média.

Sobreposta a essa camada de solo residual, na porção central do vale, acompanhando a várzea do rio, foi detectada camada de aluvião, composto de areia fina variando em trechos com pedregulhos e seixos arredondados, que se estende longitudinalmente acompanhando o caminhamento do rio dos Macacos como bancos de areia depositados.

Em direção às ombreiras, este solo residual passa a ter a espessura diminuída gradativamente, acompanhado da diminuição da areia de aluvião que ocorre predominantemente nas drenagens. Conforme constam nos perfis desta parte do eixo pode-se notar a presença de falhas com o bloco central sendo erguido em relação às ombreiras.

O solo nas ombreiras é raso, não superior a 3,0m e variam de classificação entre silte arenoso de coloração cinza escuro, com mica, e areia fina a média siltosa de coloração variando de marrom a cinza claro medianamente compacta a muito compacta. Em alguns casos, apresentam fina camada de cascalho que não ultrapassam 0,50m.

Algumas drenagens de pequeno porte na ombreira esquerda apresentaram espessura de solo de 8,0m (SM-03 - estaca 29 e SM-04 - estaca 34) e fragmentos de rochas até 12,0m de profundidade. Na ombreira direita o solo é raso com espessura não ultrapassando 3,0m, e substrato rochoso composto por granito.

Casos isolados como na sondagem SP-08 (estaca 54) a espessura atingiu 3,0m; este ponto está localizado no leito do Rio dos Macacos, onde também as sondagens mistas e rotativas atingiram maiores valores em profundidade em solo, variando de 3,20 a 4,70m em média. Somente no trecho na região onde foi executada a SM-11(deverá ser avaliado com cautela), a camada de solo residual foi detectada com 10,0 metros de espessura. O comportamento deve-se à presença do próprio vale e do falhamento associado às drenagens, condicionando a uma maior espessura nestes pontos. O furo SM-20 exhibe comportamento de camadas entre solo e rocha alterada, podendo refletir mais de um nível freático.

No local proposto para o vertedouro, as sondagens realizadas denominadas SP-21 e SP-22 mostram camada de solo com espessura menor que 1,0m, facilmente escavável.

Com relação ao comportamento do maciço no tocante à percolação de água pelas fundações, as ensaios de perda d'água específica realizados ao longo do eixo da futura barragem, mostram que as vazões de perda são relativamente baixas, com valores variando de $1,39 \times 10^{-4}$ cm/s a $5,49 \times 10^{-6}$ cm/s. Na estaca 54 (SM-08), mesmo próximo da zona de falhamento (zona central) do eixo, as vazões apresentadas, mostrou um único ensaio de permeabilidade em solo com $1,03 \times 10^{-3}$ cm/s. No furo SM-07 localizado na estaca 49, o ensaio apresentou uma perda total entre as profundidades 9,90 a 11,80m, situação esta isolada, devendo ser previsto tratamento adequado, na fase de projeto.

Os Afloramentos positivos detectados na área, serão objetos de desmonte; o somatório da área pode ser estimada no mapa geológico, bem como sua demanda por explosivos quando da elaboração do projeto da barragem. A maior espessura deste tipo de relevo positivo foi no vertedouro, sendo que nas demais áreas o desnível não ultrapassa 5m.

A rocha proveniente de todo o desmonte pode e deve ser reutilizada em diversas demandas internas. O comportamento estrutural do maciço rochoso não influencia na potencialidade do material para empréstimo, visando a utilização deste para enrocamento da barragem.

As características do maciço rochoso, juntamente com a topografia do local do eixo da futura barragem, sugerem a presença de descontinuidades, dispostas paralelamente, que seriam as foliações sub-horizontais e perpendicularmente ao eixo com mergulho subverticais a verticais, que são zonas de cisalhamento e falhas na região central, e as fraturas diversas de menor porte. Isto mostra que porção central é mais frágil no que diz respeito à penetrabilidade das estruturas do que as ombreiras que se apresentam com menor densidade de descontinuidades.

As sondagens mostram em média que entre 0,0 e 5,0m (máximo) de profundidade ocorre uma variação de RQD: R5 a R3, juntamente com fraturamento variando de F5 a F3 e qualidade da rocha entre A5 até A3. Abaixo desta profundidade há uma tendência de melhoria da qualidade do maciço rochoso com RDQ entre R1 e R2, fraturamento F2 e F1 e qualidade da rocha A2 e A1. Essa avaliação mostra que abaixo de 5,0m de profundidade tem-se um maciço rochoso com boas qualidades geomecânicas.

É importante frisar que devido à caracterização geomecânica do maciço rochoso, o plano de injeção exploratório deverá levar em consideração as possíveis zonas de descontinuidades que podem surgir na limpeza do eixo.

O principal fator a ser levado em consideração na reutilização da rocha é o grau de alterabilidade do material, devendo a rocha estar pouco alterada a sã. Tanto o gnaissé como o granito podem ter tal utilização, sendo necessária a realização de ensaios de caracterização laboratorial que avaliem a qualidade do material potencialmente explorável.

5 - BIBLIOGRAFIA

5 - BIBLIOGRAFIA

DNPM/ANM – Site Sigmine

Cavalcante, J.C., Vasconcelos, A.M., Medeiros, M.F., Paiva, I.P., Gomes, F.E.M., Cavalcante, S.N., Cavalcante, J.E., Melo, A.C.R., Duarte Neto, V.C. & Benevides, H.C. Mapa Geológico do Estado do Ceará – Escala 1:500.000. Fortaleza, Ministério das Minas e Energia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2003.

Fetter, A.H. U/Pb and Sm/Nd Geochronological constraints on the crustal framework and geological history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications goes the assembly of Gondwana. University of Kansas, Thesis of Doutorado, 164 pp, 1999.

Brito Neves B.B., Santos E.J., Van Schmus W. R. 2000. Tectonic history of the Borborema province. In: U.G.Cordani; E.J. Milani; A Thomaz Filho; D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of the South America. 31st International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro, Brasil,

Almeida, F., Brito Neves, B., Fuck, R.A., 1977. Províncias Estruturais Brasileiras, atas VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, pp. 363e391. (in portuguese).

Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. Earth Sci. Rev. 17, 1e29.

Nogueira Neto, J. A; Fetter, A. H.; Santos, T. J. S.; Van Schmus, W. R. 1997. Evolução p-t-t da faixa granulítica de granja (nw do ceará). in: sbg, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 6, Pirenópolis, Resumos expandidos, 97-100.

ARTHAUD, M. H.; VASCONCELOS, A. M.; NOGUEIRA NETO, J. A.; OLIVEIRA, F. V. C.; PARENTE, C. V.; MONIÉ, P.; LIÉGEOIS, J. P.; CABY, R.; FETTER, A. H. 1998. Main Structural Features of Precambrian Domains From Ceará (NE Brazil). In: DEGEO/UFOP – IBTA, International Conference on Basement Tectonics, 14th, Ouro Preto, Abstracts, 84-85.

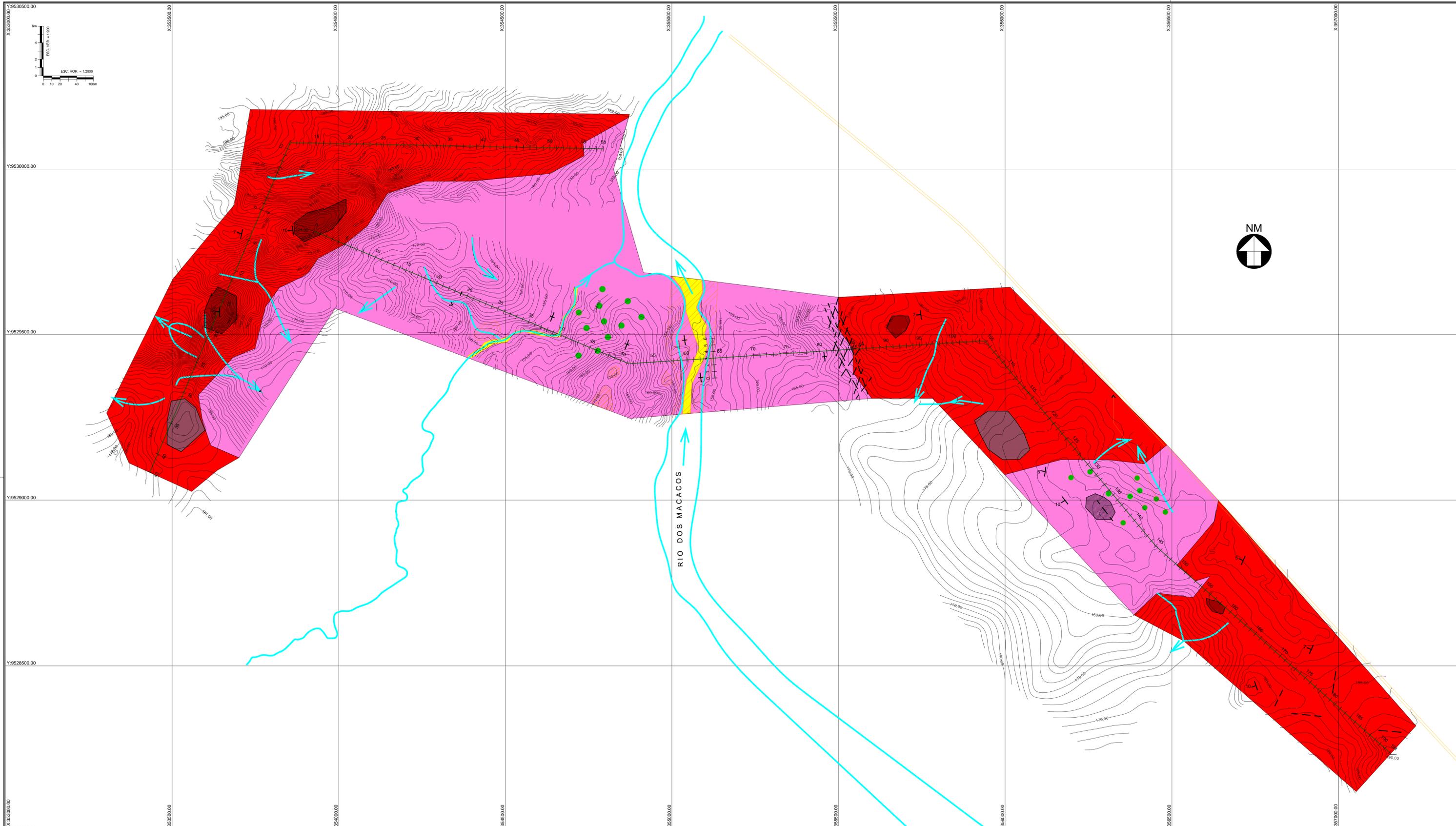
6 - PLANTAS

6.1 - RELAÇÃO DE PLANTA

6.1 - RELAÇÃO DE PLANTAS

Nº DO DESENHO	DESCRIÇÃO
I-4A-01/01-001	FIGURA 5.1 - PLANTA GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA DA SUPERFÍCIE DA BARRAGEM E VERTEDOIRO.
I-4-01/06-001	PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SONDAGENS
I-4-02/06-001	PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO EIXO DA BARRAGEM EST. 0 a 70
I-4-03/06-001	PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO EIXO DA BARRAGEM EST. 70 a 140
I-4-04/06-001	PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO EIXO DA BARRAGEM EST. 140 a 191
I-4-05/06-001	PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO VERTEDOIRO
I-4-06/06-001	PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO TRANSVERSAIS AO EIXO DA BARRAGEM

6.2 - PLANTA GEOLÓGICA DA SUPERFÍCIE DA BARRAGEM E VERTEDOURO



LEGENDA :

Quaternário	Qa	Sedimentos de Aluvião Arenoso e Solos Inconsolidados		Traços da Folição
	Qs	Solos Compactos com ou sem Cascalheiras		Traços da Folição
	Qr	Rocha +/- Alterada in situ		Folição medida
Neoproterozoico	Npmg	Gnaisses migmatíticos, Anfibolitos, Calcissilicatos +/- Quartzo		Folição Vertical
	Np1	Granito Equigranular e Porfírico		Zona Milonítica
		Áreas de Relevo Positivo Sujeito a Desmoronamento (Lajeiros Rochosos)		Drenagem de Pequeno Porte

NOTAS :

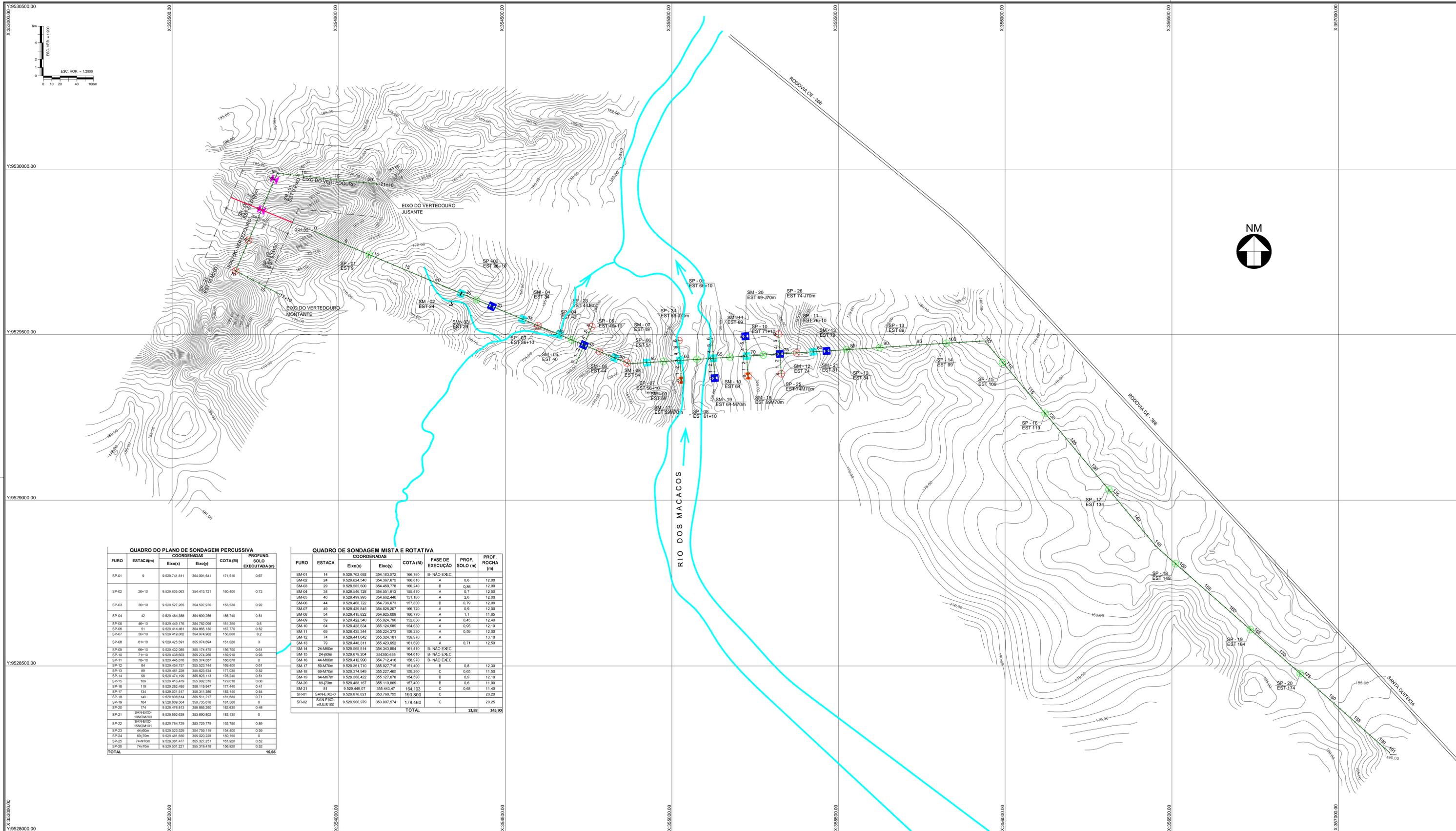
DESENHOS DE REFERÊNCIA :

REVISÕES

Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
00	EMISSÃO INICIAL	SET./19	
01	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	NOV./19	
02	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	JAN./19	

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE			
COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS			
ESTUDOS BÁSICOS			
BARRAGEM POÇO COMPRIDO			
ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO			
FIGURA 5.1			
PLANTA GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA DA			
SUPERFÍCIE DA BARRAGEM E DO VERTEDOURO			
Desenho:			Escala: 1:5.000
Coordenação Técnica:			Data: OUT./2019
Coordenação Geral:			Nº do Desenho: I-4A-01/01-000
			Descrição do Desenho:

6.3 - PLANTA BAIXA DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS DA BARRAGEM E VERTEDOURO



QUADRO DO PLANO DE SONDAEM PERCUSSIVA

FURO	ESTACA(m)	COORDENADAS		COTA (M)	PROFUND. SOLO EXECUTADA (m)
		Eixo(x)	Eixo(y)		
SP-01	9	9 529 741 811	354 091 541	171 510	0,07
SP-02	26+10	9 529 695 083	354 413 721	160 400	0,72
SP-03	36+10	9 529 527 265	354 597 970	153 530	0,92
SP-04	42	9 529 484 388	354 699 259	155 740	0,51
SP-05	46+10	9 529 449 176	354 782 095	161 390	0,6
SP-06	51	9 529 414 481	354 865 130	167 770	0,52
SP-07	56+10	9 529 479 262	354 914 902	156 800	0,2
SP-08	61+10	9 529 425 591	355 074 894	151 020	0
SP-09	66+10	9 529 432 286	355 114 479	156 750	0,61
SP-10	71+10	9 529 438 603	355 274 266	156 910	0,93
SP-11	76+10	9 529 445 076	355 374 057	160 070	0
SP-12	81	9 529 454 757	355 523 744	169 400	0,61
SP-13	86	9 529 461 228	355 623 534	177 030	0,52
SP-14	91	9 529 474 199	355 823 113	176 240	0,51
SP-15	100	9 529 476 479	355 962 318	179 010	0,69
SP-16	119	9 529 462 460	356 116 947	177 460	0,41
SP-17	134	9 529 031 517	356 311 386	183 140	0,54
SP-18	169	9 528 808 614	356 511 217	181 980	0,71
SP-19	194	9 528 609 684	356 735 073	181 500	0
SP-20	174	9 528 478 813	356 885 260	182 630	0,48
SP-21	SANEVDC 300M000	9 529 692 638	353 690 802	183 130	0
SP-22	SANEVDC 300M001	9 529 784 729	353 729 779	192 750	0,89
SP-23	44+00m	9 529 523 529	354 756 119	154 400	0,99
SP-24	59+70m	9 529 481 690	355 020 229	160 100	0
SP-25	74+070m	9 529 481 417	355 327 251	161 800	0,52
SP-26	74+70m	9 529 501 221	355 319 419	156 600	0,52
TOTAL					16,66

QUADRO DE SONDAEM MISTA E ROTATIVA

FURO	ESTACA	COORDENADAS		COTA (M)	FASE DE EXECUCAO	PROF. SOLO (m)	PROF. ROCHA (m)
		Eixo(x)	Eixo(y)				
SM-01	14	9 529 702 692	354 183 572	166 780	B- NAO EXEC.		
SM-02	24	9 529 624 540	354 367 875	160 610	A	0,6	12,00
SM-03	29	9 529 595 500	354 469 778	160 240	B	0,86	12,00
SM-04	34	9 529 546 728	354 551 913	155 470	A	0,7	12,50
SM-05	40	9 529 489 995	354 662 440	151 180	A	2,6	12,00
SM-06	44	9 529 468 722	354 736 073	157 800	B	0,79	12,00
SM-07	49	9 529 429 945	354 629 207	166 720	A	0,9	12,00
SM-08	54	9 529 415 622	354 625 009	160 770	A	1,1	11,65
SM-09	59	9 529 422 340	355 024 706	152 850	A	0,45	12,40
SM-10	64	9 529 429 534	355 124 965	154 630	A	0,69	12,10
SM-11	69	9 529 435 344	355 224 373	159 230	A	0,59	12,00
SM-12	74	9 529 441 842	355 324 161	159 970	A		13,10
SM-13	79	9 529 448 311	355 423 952	161 890	A	0,71	12,50
SM-14	24M60m	9 529 569 314	354 343 894	161 410	B- NAO EXEC.		
SM-15	24+90m	9 529 679 204	354 930 655	164 610	B- NAO EXEC.		
SM-16	44M60m	9 529 412 990	354 712 416	158 970	B- NAO EXEC.		
SM-17	59M70m	9 529 361 710	355 027 715	151 400	B	0,8	12,30
SM-18	69M70m	9 529 374 549	355 027 465	159 260	C	0,65	11,50
SM-19	64M67m	9 529 368 422	355 127 678	154 590	B	0,9	12,10
SM-20	69+70m	9 529 438 167	355 119 869	157 400	B	0,6	11,90
SM-21	91	9 529 449 077	355 443 407	164 103	C	0,68	11,40
SR-01	SANEVDC 0	9 529 976 821	353 768 755	190 800	C		20,20
SR-02	SANEVDC eJUS100	9 529 968 979	353 807 574	178 460	C		20,25
TOTAL						13,86	245,90

LEGENDA :

- ⊗ A- SP- SONDAEM PERCUSSAO
- ⊗ B- SP- SONDAEM PERCUSSAO
- ⊗ C- SR- SONDAEM ROTATIVA
- ⊗ A- SMS- SONDAEM MISTA
- ⊗ B- SMS- SONDAEM MISTA
- ⊗ C- SMS- SONDAEM MISTA

NOTAS :

DESENHOS DE REFERENCIA :

REVISOES

Nº	NATUREZA DA REVISAO	DATA	APROVO
00	EMISSAO INICIAL	JAN./2020	
01	REVISAO SOLICITADA PELA COGERH	MARÇO/20	
02	REVISAO SOLICITADA PELA COGERH	ABRIL/20	

SECRETARIA DOS RECURSOS HIDRICOS SRH - CE
COGERH - COMPANHIA DE GESTAO DOS RECURSOS HIDRICOS

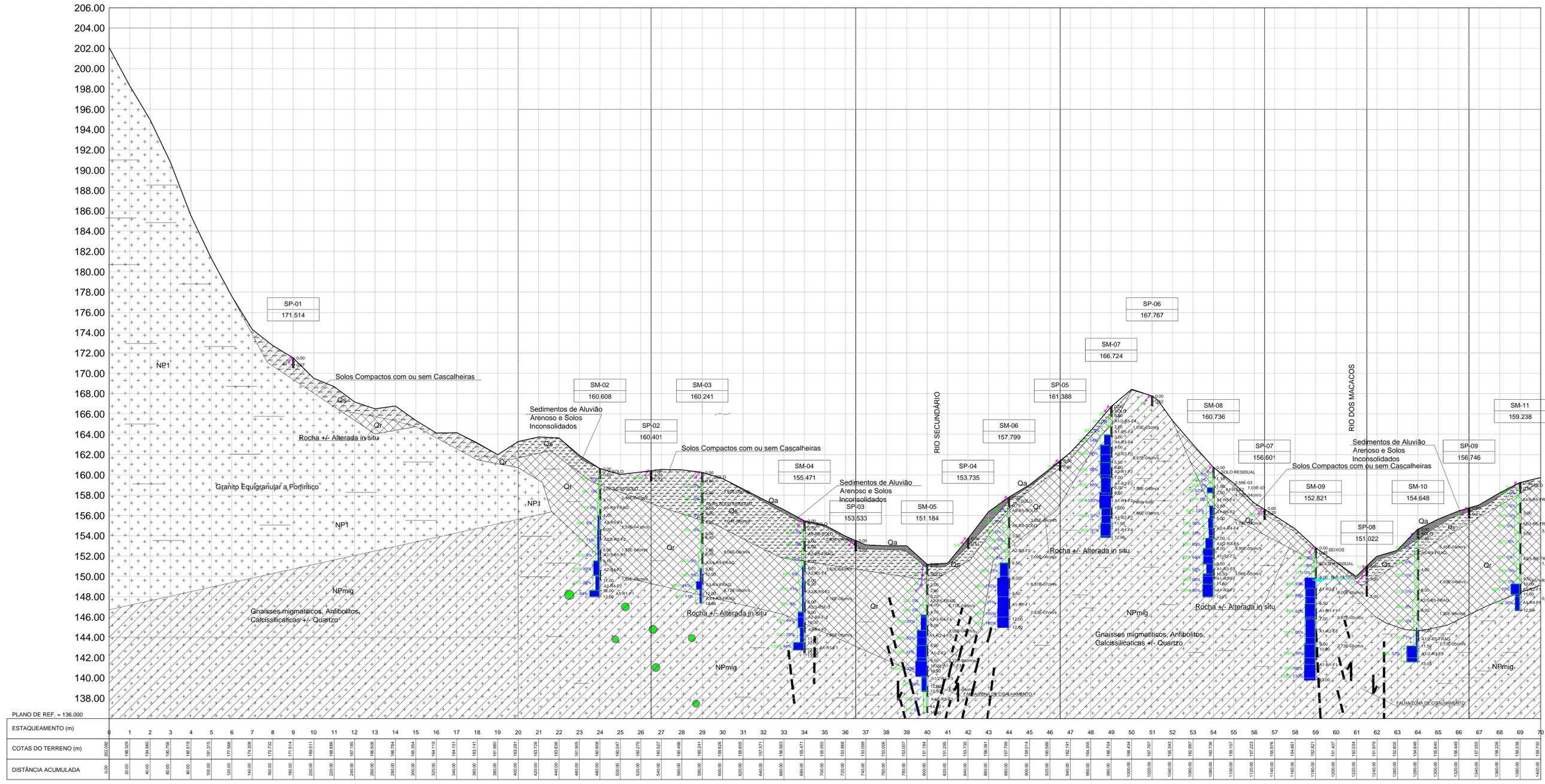
ESTUDOS BASICOS

BARRAGEM POÇO COMPRIDO
ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SONDAGENS

Escala: 1:5.000
Data: JAN./2020
Nº do Desenho: I-4-01/06-001
Descrição do Desenho:

6.4 - PERFIS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DA BARRAGEM E VERTEDOIRO



PERFIL LONGITUDINAL DO EIXO DA BARRAGEM

ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200

ESTAQUEAMENTO (m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70																																											
COTAS DO TERRENO (m)	202,002	198,329	194,946	191,919	189,299	187,046	185,119	183,511	182,174	181,066	180,146	179,474	179,000	178,774	178,746	178,954	179,352	179,991	180,821	181,801	182,891	184,051	185,251	186,451	187,601	188,651	189,551	190,251	190,701	190,851	190,601	190,001	189,001	187,601	185,801	183,601	181,001	178,001	174,501	170,501	166,001	161,001	155,501	149,001	141,501	133,001	123,501	113,001	101,501	89,001	75,501	61,001	45,501	29,001	11,501	-7,001	-22,501	-37,001	-50,501	-63,001	-74,501	-85,001	-94,501	-103,001	-110,501	-117,001	-122,501	-127,001	-130,501	-133,001	-134,501	-135,001	-134,501	-133,001	-130,501	-127,001	-122,501	-117,001	-110,501	-103,001	-94,501	-85,001	-74,501	-63,001	-50,501	-37,001	-22,501	-7,001	11,501	29,001	45,501	61,001	75,501	89,001	101,501	113,001	123,501	133,001	141,501	149,001	155,501	161,001	166,001	170,501	174,501	178,746	182,174	185,119	187,046	189,299	191,919	194,946	198,329	202,002
DISTÂNCIA ACUMULADA	0,00	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00	200,00	220,00	240,00	260,00	280,00	300,00	320,00	340,00	360,00	380,00	400,00	420,00	440,00	460,00	480,00	500,00	520,00	540,00	560,00	580,00	600,00	620,00	640,00	660,00	680,00	700,00	720,00	740,00	760,00	780,00	800,00	820,00	840,00	860,00	880,00	900,00	920,00	940,00	960,00	980,00	1000,00	1020,00	1040,00	1060,00	1080,00	1100,00	1120,00	1140,00	1160,00	1180,00	1200,00	1220,00	1240,00	1260,00	1280,00	1300,00	1320,00	1340,00	1360,00	1380,00	1400,00	1420,00	1440,00	1460,00	1480,00	1500,00	1520,00	1540,00	1560,00	1580,00	1600,00	1620,00	1640,00	1660,00	1680,00	1700,00	1720,00	1740,00	1760,00	1780,00	1800,00	1820,00	1840,00	1860,00	1880,00	1900,00	1920,00	1940,00	1960,00	1980,00	2000,00	2020,00												

Grau de Alteração	Classificação do Maciço	Características da Rocha
A ₁	São	A rocha apresenta seus minerais constituintes sem decomposição. Eventualmente apresenta fraturas oxidadas.
A ₂	Pouco alterado	A rocha apresenta decomposição incipiente em sua matriz e ao longo dos planos de fraturas.
A ₃	Medianamente alterado	A rocha apresenta cerca de 1/3 de sua matriz decomposta. A decomposição ao longo das fraturas é acentuada.
A ₄	Muito alterado	A rocha apresenta de 2/3 de sua matriz ou de seus minerais totalmente decompostos. Todas as fraturas estão decompostas.
A ₅	Extremamente alterado	A rocha apresenta todo o seu corpo totalmente decomposto.

Classe	RQD %	Qualidade da Rocha
R ₁	100 - 91	Excelente
R ₂	90 - 76	Boa
R ₃	75 - 51	Regular
R ₄	50 - 26	Pobre
R ₅	25 - 0	Muito pobre

Classe	Nº de Fraturas/metro	Classificação do Maciço
F ₁	< 1	Ocasionalmente fraturado
F ₂	1 a 5	Pouco fraturado
F ₃	6 a 10	Medianamente fraturado
F ₄	11 a 20	Muito fraturado
F ₅	> 20	Extremamente fraturado

Classe	Denominação	Permeabilidade (cmseg)	Condutividade Hidráulica (l/min.m.kg/cm ²)
H ₁	Muito baixa	k < 10 ⁻⁵	C.H < 0,1
H ₂	Baixa	10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁶	0,1 < C.H < 0,5
H ₃	Média	5.10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁴	0,5 < C.H < 5,0
H ₄	Alta	5.10 ⁻⁴ < k < 2.5.10 ⁻³	5,0 < C.H < 25,0
H ₅	Muito alta	k > 2.5.10 ⁻³	C.H > 25,0

LEGENDA:

RECUPERAÇÃO (Green box)

RQD (Blue box)

SPT (Pink circle)

LITOLÓGIA

- Qa: Sedimentos de Aluvião Arenoso e Solos Inconsolidados
- Qs: Solos Compactos com ou sem Cascalheiras
- Qr: Rocha +/- Alterada in situ
- NPmig: Gnaisses migmatíticos, Anfíbolitos, Calcissilicáticas +/- Quartzo
- NP1: Granito Equigranular a Porfíritico

INFERÊNCIAS GEOLÓGICAS

- Green circle: Calcissilicáticas +/- Quartzo
- Black dashed line: Foliação
- Black dashed line with arrow: Falha

DESENHOS DE REFERÊNCIA:

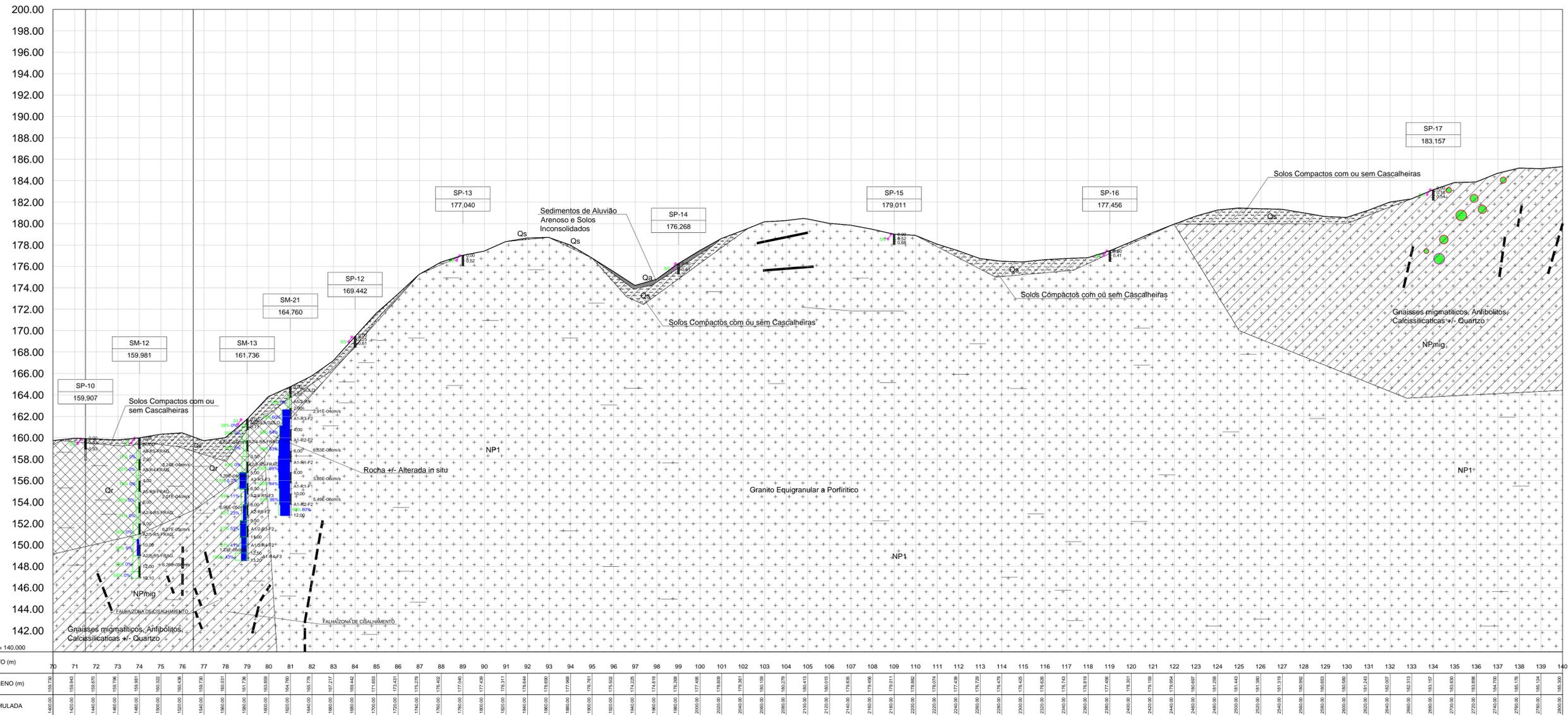
Nº	NATUREZA DA REVISÃO	REVISÕES	
		DATA	APROVO
00	EMISSÃO INICIAL	JAN./2020	
01	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	MARÇO/20	
02	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	ABRIL/20	

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS

BARRAGEM POÇO COMPRIDO
ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO
PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO EIXO DA BARRAGEM EST. 0 A EST. 70

Escala: INDICADA
Data: JAN./2020
Nº do Desenho: 1-4-02/06-001
Descrição do Desenho:



PERFIL LONGITUDINAL DO EIXO DA BARRAGEM
 ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200

Grau de Alteração	Classificação do Maciço	Características da Rocha
A ₁	São	A rocha apresenta seus minerais constituintes sem decomposição. Eventualmente apresenta fraturas oxidadas.
A ₂	Pouco alterado	A rocha apresenta decomposição incipiente em sua matriz e ao longo dos planos de fraturas.
A ₃	Medianamente alterado	A rocha apresenta cerca de 1/3 de sua matriz decomposta. A decomposição ao longo das fraturas é acentuada.
A ₄	Muito alterado	A rocha apresenta de 2/3 de sua matriz ou de seus minerais totalmente decompostos. Todas as fraturas estão decompostas.
A ₅	Extremamente alterado	A rocha apresenta todo o seu corpo totalmente decomposto.

Classe	RQD %	Qualidade da Rocha
R ₁	100 - 91	Excelente
R ₂	90 - 76	Boa
R ₃	75 - 51	Regular
R ₄	50 - 26	Pobre
R ₅	25 - 0	Muito pobre

Classe	Nº de Fraturas/metro	Classificação do Maciço
F ₁	< 1	Ocasionalmente fraturado
F ₂	1 a 5	Pouco fraturado
F ₃	6 a 10	Medianamente fraturado
F ₄	11 a 20	Muito fraturado
F ₅	> 20	Extremamente fraturado

Classe	Denominação	Permeabilidade (cm/seg)	Condutividade Hidráulica (l/min.m.kg/cm ²)
H ₁	Muito baixa	k < 10 ⁻⁵	C.H < 0.1
H ₂	Baixa	10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁵	0.1 < C.H < 0.5
H ₃	Média	5.10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁴	0.5 < C.H < 5.0
H ₄	Alta	5.10 ⁻⁴ < k < 2.5.10 ⁻³	5.0 < C.H < 25.0
H ₅	Muito alta	k > 2.5.10 ⁻³	C.H > 25.0

LEGENDA:

- RECUPERAÇÃO
- RQD
- SPT

LITOLÓGIA

- Qa Sedimentos de Aluvião Arenoso e Solos Inconsolidados
- Qs Solos Compactos com ou sem Cascalheiras
- Qr Rocha +/- Alterada in situ
- NPmig Gnaisses migmatíticos, Anfíbolitos, Calcissilicáticas +/- Quartzo
- NP1 Granito Equigranular a Porfíritico

INFERÊNCIAS GEOLÓGICAS

- Foliação
- Falha

DESENHOS DE REFERÊNCIA:

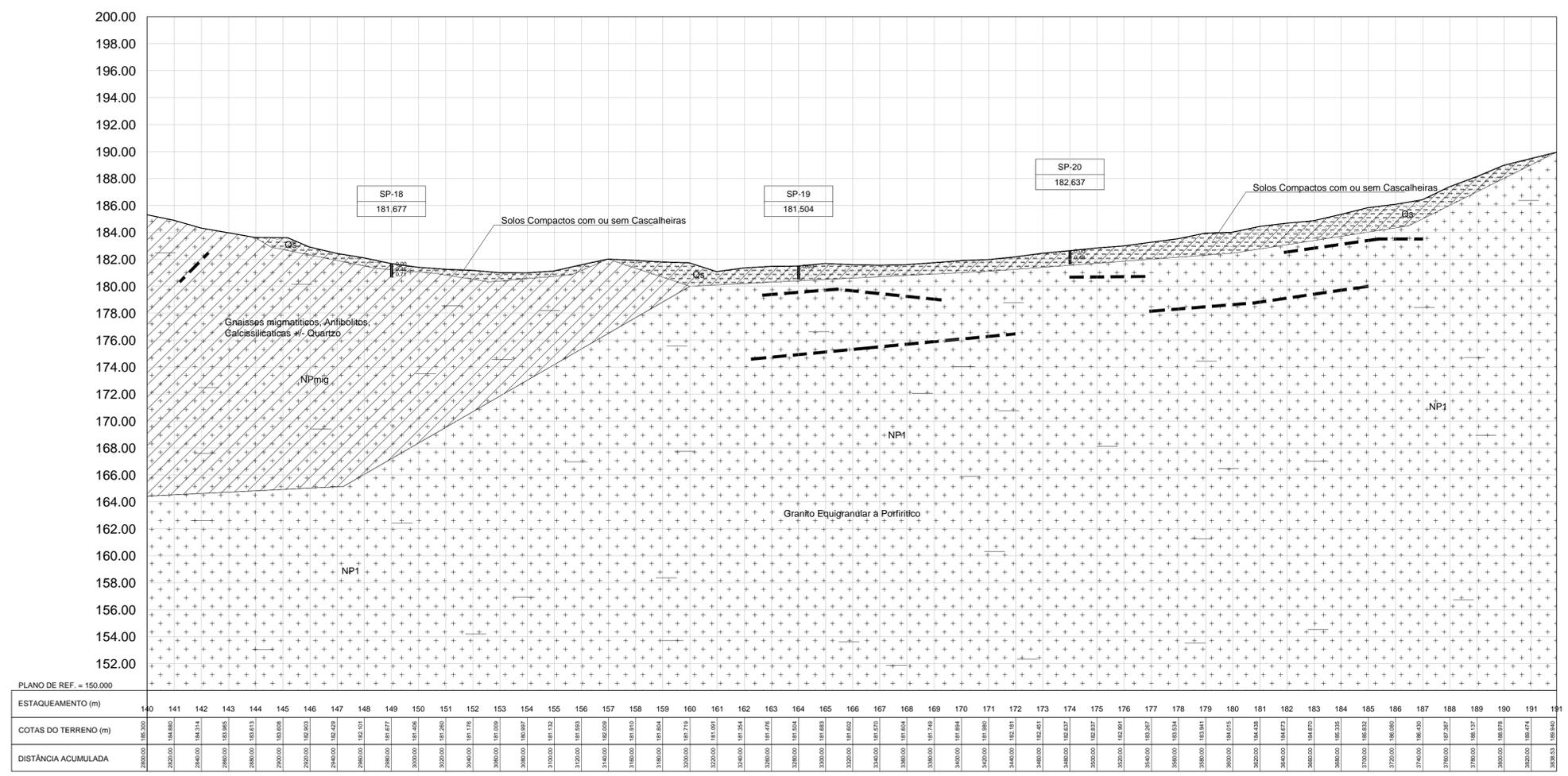
REVISÕES			
Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
00	EMISSÃO INICIAL	JAN./2020	
01	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	MARÇO/20	
02	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	ABRIL/20	

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
 COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS

BARRAGEM POÇO COMPRIDO
 ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO
 PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO EIXO DA BARRAGEM EST.70 A EST.140

Escala: INDICADA
 Data: JAN./2020
 Nº do Desenho: 1-4-03/06-001
 Descrição do Desenho:



PERFIL LONGITUDINAL DO EIXO DA BARRAGEM
 ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200

Grau de Alteração	Classificação do Maciço	Características da Rocha
A ₁	São	A rocha apresenta seus minerais constituintes sem decomposição. Eventualmente apresenta fraturas oxidadas.
A ₂	Pouco alterado	A rocha apresenta decomposição incipiente em sua matriz e ao longo dos planos de fraturas.
A ₃	Medianamente alterado	A rocha apresenta cerca de 1/3 de sua matriz decomposta. A decomposição ao longo das fraturas é acentuada.
A ₄	Muito alterado	A rocha apresenta de 2/3 de sua matriz ou de seus minerais totalmente decompostos. Todas as fraturas estão decompostas.
A ₅	Extremamente alterado	A rocha apresenta todo o seu corpo totalmente decomposto.

Classe	RQD %	Qualidade da Rocha
R ₁	100 - 91	Excelente
R ₂	90 - 76	Boa
R ₃	75 - 51	Regular
R ₄	50 - 26	Pobre
R ₅	25 - 0	Muito pobre

Classe	Nº de Fraturas/metro	Classificação do Maciço
F ₁	< 1	Ocasionalmente fraturado
F ₂	1 a 5	Pouco fraturado
F ₃	6 a 10	Medianamente fraturado
F ₄	11 a 20	Muito fraturado
F ₅	> 20	Extremamente fraturado

Classe	Denominação	Permeabilidade (cm/seg)	Condutividade Hidráulica (l/min.m.kg/cm ²)
H ₁	Muito baixa	k < 10 ⁻⁵	C.H < 0,1
H ₂	Baixa	10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁵	0,1 < C.H < 0,5
H ₃	Média	5.10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁴	0,5 < C.H < 5,0
H ₄	Alta	5.10 ⁻⁴ < k < 2.5.10 ⁻³	5,0 < C.H < 25,0
H ₅	Muito alta	k > 2,5. 10 ⁻³	C.H > 25,0

LEGENDA:

- RECUPERAÇÃO
- RQD
- + SPT

LITOLÓGIA

- Qa Sedimentos de Aluvião Arenoso e Solos Inconsolidados
- Qs Solos Compactos com ou sem Cascalheiras
- Qr Rocha +/- Alterada in situ
- NPmg Gnaisses migmatíticos, Anfibólitos, Calcissilicáticas +/- Quartzo
- NP1 Granito Equigranular a Porfíritico

INFERÊNCIAS GEOLÓGICAS

- Calcissilicáticas +/- Quartzo
- /— Foliação
- // Falha

DESENHOS DE REFERÊNCIA:

REVISÕES

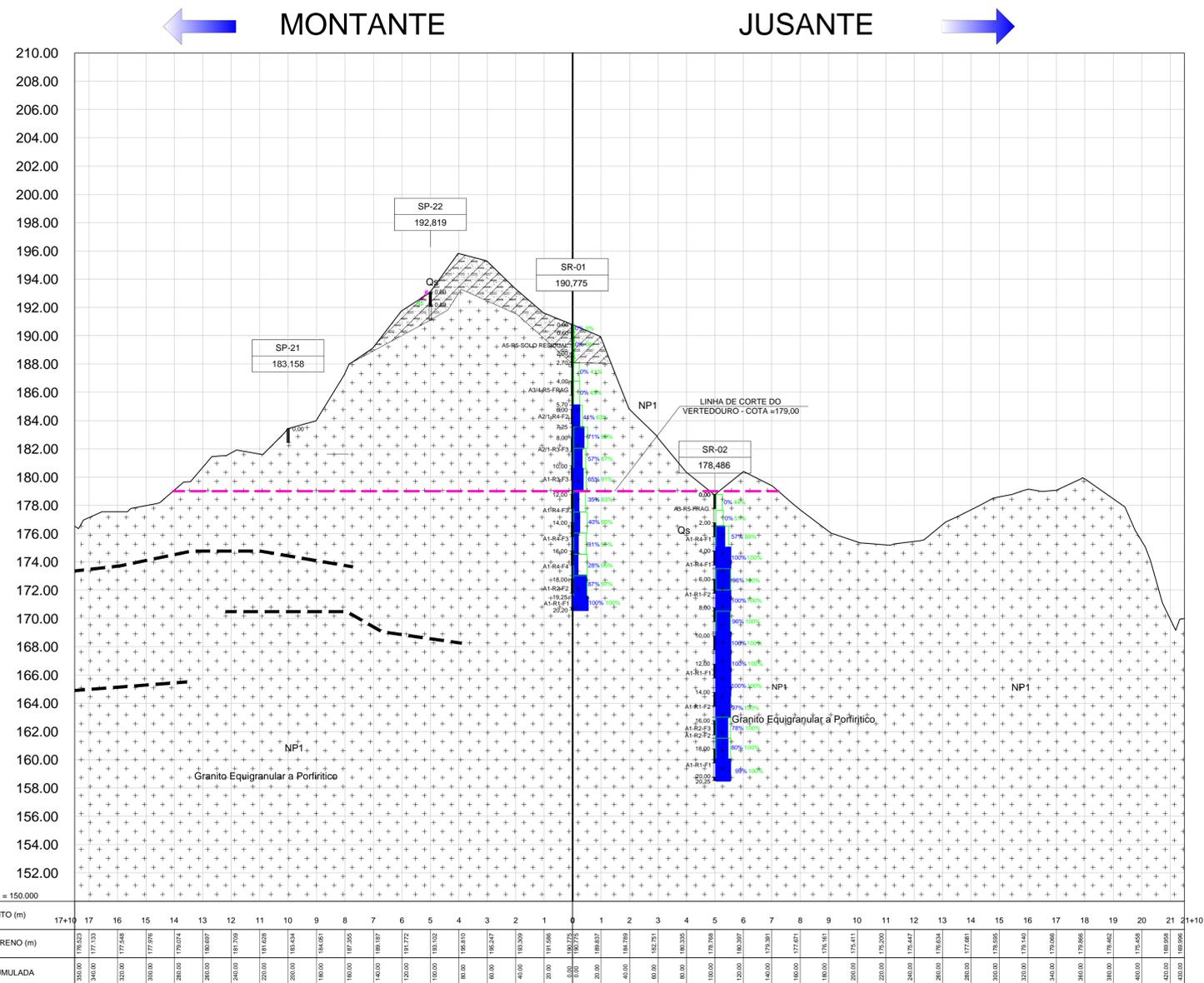
Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
00	EMISSÃO INICIAL	JAN./2020	
01	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	MARÇO./20	
02	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	ABRIL./20	

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
 COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS

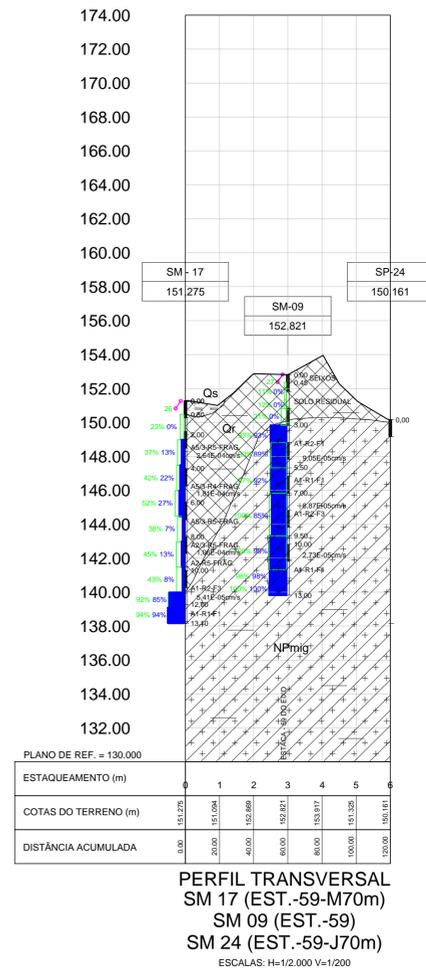
BARRAGEM POÇO COMPRIDO
 ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO
 PERFIL GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO DO EIXO
 DA BARRAGEM EST. 140 A EST. 191

Escala:
 INDICADA
 Data:
 JAN./2020
 Nº do Desenho:
 1-4-04/06-001
 Descrição do Desenho:

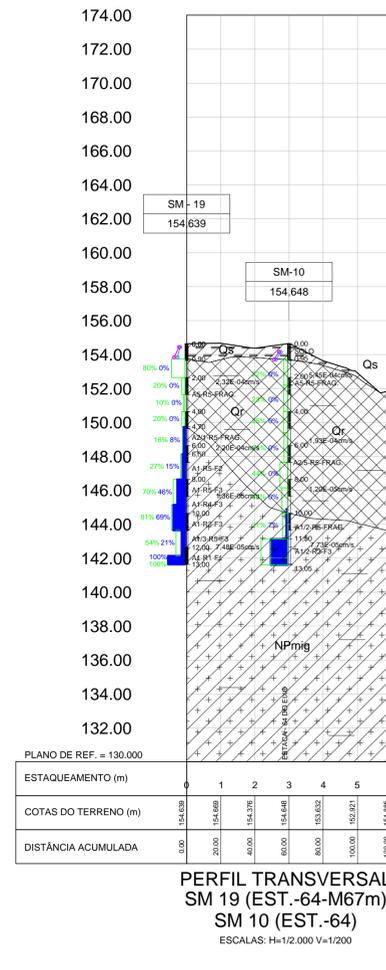


PLANO DE REF. = 150.000

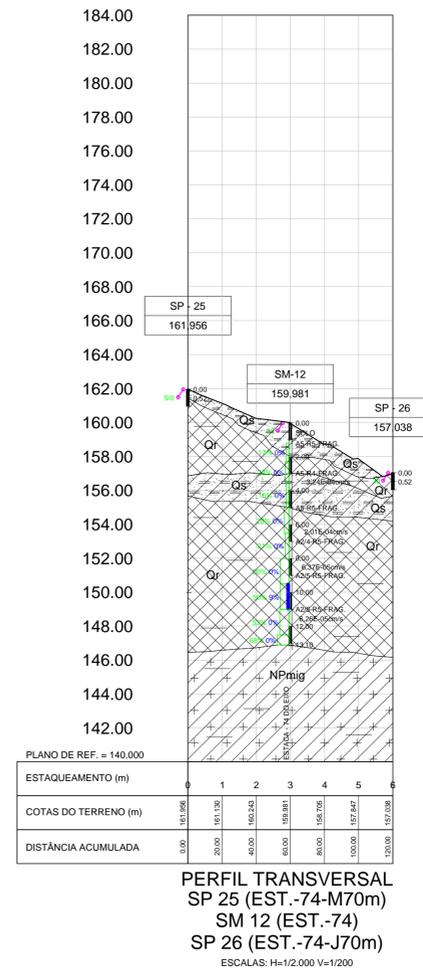
ESTAQUEAMENTO (m)	17+10	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21+10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
COTAS DO TERRENO (m)	176.823	177.133	177.548	177.974	178.401	178.828	180.097	181.709	183.628	185.854	188.491	191.535	195.077	199.122	203.670	208.715	214.267	220.325	226.897	233.984	241.587	249.715	258.368	267.547	277.252	287.494	298.274	309.602	321.488	333.932	346.944	360.524	374.682	389.428	404.772	420.724	437.292	454.477	472.289	490.738	510.835	531.589	553.009	575.104	597.884	621.359	645.529	670.404	695.984	722.274	749.284	777.014	805.474	834.664	864.494	894.974	926.104	957.884	990.314	1023.404	1057.154	1091.564	1126.634	1162.364	1198.754	1235.804	1273.514	1311.884	1350.914	1390.504	1430.654	1471.364	1512.634	1554.464	1596.854	1639.804	1683.314	1727.384	1772.014	1817.204	1862.954	1909.264	1956.134	2003.564	2051.554	2100.104	2149.214	2198.884	2249.114	2299.904	2351.254	2403.164	2455.634	2508.664	2562.254	2616.404	2671.114	2726.384	2782.214	2838.604	2895.554	2953.064	3011.134	3069.764	3128.954	3188.704	3249.014	3309.884	3371.314	3433.304	3495.854	3558.964	3622.634	3686.864	3751.654	3817.004	3882.914	3949.384	4016.414	4084.004	4152.154	4220.864	4290.134	4360.964	4432.354	4504.304	4576.814	4649.884	4723.514	4797.704	4872.454	4947.764	5023.634	5100.064	5177.054	5254.604	5332.714	5411.384	5490.614	5570.404	5650.754	5731.664	5813.134	5895.164	5977.754	6060.904	6144.614	6228.884	6313.714	6400.104	6487.054	6574.564	6662.634	6751.264	6840.454	6930.204	7020.514	7111.384	7202.814	7294.804	7387.354	7480.464	7574.134	7668.364	7763.154	7858.504	7954.414	8050.884	8147.914	8245.504	8343.654	8442.364	8541.634	8641.464	8741.854	8842.804	8944.314	9046.384	9149.014	9252.204	9355.954	9460.264	9565.134	9670.564	9776.554	9883.104	9990.214	10097.884	10206.114	10314.904	10424.254	10534.164	10644.634	10755.664	10867.254	10979.404	11092.114	11205.384	11319.214	11433.604	11548.554	11664.064	11780.134	11896.764	12013.954	12131.704	12250.014	12368.884	12488.314	12608.304	12728.854	12849.964	12971.634	13093.864	13216.654	13340.004	13463.914	13588.384	13713.414	13838.994	13965.134	14091.834	14219.084	14346.884	14475.234	14604.134	14733.584	14863.584	14994.134	15125.234	15256.884	15389.084	15521.834	15655.134	15788.984	15923.384	16058.334	16193.834	16329.884	16466.484	16603.634	16741.334	16879.584	17018.384	17157.734	17297.634	17438.084	17579.084	17720.634	17862.734	18005.384	18148.584	18292.334	18436.634	18581.484	18726.884	18872.834	19019.334	19166.384	19313.984	19462.134	19610.834	19760.084	19909.884	20060.234	20211.134	20362.584	20514.584	20667.134	20820.234	20973.884	21128.084	21282.834	21438.134	21593.984	21750.384	21907.334	22064.834	22222.884	22381.484	22540.634	22700.334	22860.584	23021.384	23182.734	23344.634	23507.084	23670.084	23833.634	23997.734	24162.384	24327.584	24493.334	24659.634	24826.484	24993.884	25161.834	25330.334	25500.384	25670.984	25842.134	26013.834	26186.084	26358.884	26532.234	26706.134	26880.584	27055.584	27231.134	27407.234	27583.884	27761.084	27938.834	28117.134	28295.984	28475.384	28655.334	28835.834	29016.884	29198.484	29380.634	29563.334	29746.584	29930.384	30114.734	30299.684	30485.134	30671.084	30857.534	31044.584	31232.134	31420.184	31608.734	31797.784	31987.334	32177.384	32367.934	32559.084	32750.734	32942.984	33135.734	33329.084	33522.934	33717.384	33912.334	34107.784	34303.734	34500.184	34697.034	34894.384	35092.234	35290.584	35489.434	35688.784	35888.634	36088.984	36289.834	36491.184	36693.034	36895.384	37098.234	37301.584	37505.434	37709.784	37914.634	38120.084	38326.034	38532.484	38739.434	38946.884	39154.834	39363.284	39572.234	39781.684	39991.634	40202.084	40413.034	40624.484	40836.334	41048.684	41261.534	41474.884	41688.734	41903.084	42117.934	42333.284	42549.034	42765.184	42981.734	43198.784	43416.334	43634.384	43852.834	44071.784	44291.234	44511.184	44731.634	44952.584	45174.034	45396.084	45618.634	45841.684	46065.234	46289.284	46513.834	46738.884	46964.434	47190.484	47417.034	47644.084	47871.634	48099.684	48328.234	48557.284	48786.834	49016.884	49247.434	49478.484	49709.034	49940.084	50171.634	50403.684	50636.234	50869.284	51102.834	51336.884	51571.434	51806.484	52042.034	52278.084	52514.634	52751.684	52989.234	53227.284	53465.834	53704.884	53944.434	54184.484	54425.034	54666.084	54907.634	55149.684	55392.234	55635.284	55878.834	56122.884	56367.434	56612.484	56858.034	57104.084	57350.634	57597.684	57845.234	58093.284	58341.834	58590.884	58840.434	59090.484	59341.034	59592.084	59843.634	60095.684	60348.234	60601.284	60854.834	61108.884	61363.434	61618.484	61874.034	62130.084	62386.634	62643.684	62901.234	63159.284	63417.834	63676.884	63936.434	64196.484	64457.034	64718.084	64979.634	65241.684	65504.234	65767.284	66030.834	66294.884	66559.434	66824.484	67089.034	67354.084	67619.634	67885.684	68152.234	68419.284	68686.834	68954.884	69223.434	69492.484	69762.034	70032.084	70302.634	70573.684	70845.234	71117.284	71389.834	71662.884	71936.434	72210.484	72485.034	72760.084	73035.634	73311.684	73588.234	73865.284	74142.834	74420.884	74699.434	74978.484	75258.034	75538.084	75818.634	76100.684	76383.234	76666.284	76950.834	77236.884	77523.434	77810.484	78098.034	78386.084	78674.634	78963.684	79253.234	79543.284	79833.834	80124.884	80416.434	80708.484	81001.034	81294.084	81587.634	81881.684	82176.234	82471.284	82766.834	83062.884	83359.434	83656.484	83954.034	84252.084	84550.634	84849.684	85149.234	85449.284	85749.834	86050.884	86352.434	86654.484	86957.034	87260.084	87563.634	87867.684	88172.234	88477.284	88782.834	89088.884	89395.434	89702.484	90009.034	90316.084	90623.634	90931.684	91240.234	91549.284	91858.834	92168.884	92479.434	92790.484	93101.034	93412.084	93723.634	94035.684	94348.234	94661.284	94974.834	95288.884	95603.434	95918.484	96234.034	96550.084	96866.634	97183.684	97501.234	97819.284	98137.834	98456.884	98776.434	99096.484	99417.034	99738.084	100059.634	100381.684	100704.234	101027.284	101350.834	101674.884	102000.434	102326.484	102652.034	102978.084	103304.634	103631.684	103959.234	104287.284	104615.834	104944.884	105274.434	105604.484	105935.034	106266.084	106597.634	106929.684	107262.234	107595.284	107928.834	108262.884	108597.434	108932.484	109267.034	109602.084	109937.634	110273.684	110609.234	110945.284	111281.834	111618.884	111956.434	112294.484	112632.034	112970.084	113308.634	113647.684	113987.234	114327.284	114667.834	115008.884	115350.434	115692.484	116035.034	116378.084	116721.634	117065.684	117410.234	117755.284	118100.834	118446.884	118793.434	119140.484	119488.034	119836.084	120184.634	120533.684	120883.234	121233.284	121583.834	121934.884	122286.434	122638.484	122990.034	123342.084	123694.634	124047.684	124401.234	124755.284	125109.834	125464.884	125820.434	126176.484	126533.034	126890.084	127247.634	127605.684	127964.234	128323.284	128682.834	129042.884	129403.434	129764.484	130125.034	130486.084	130847.634	131209.684	131572.234	131935.284	132298.834	132662.884	133027.434	133392.484	133757.034	134122.084	134487.634	134853.684	135220.234	135587.284	135954.834	136322.884	136691.434	137060.484	137430.034	137800.084	138170.634	138541.684	138913.234	139285.284	139657.834	140030.884	140404.434	140778.484	141153.034	141528.084	141903.634	142279.684	142656.234	143033.284	143410.834	143788.884	144167.434	144546.484	144926.034	145306.084	145686.634	146067.684	146449.234	146831.284	147213.834	147596.884	147980.434	148364.484	148749.034	149134.084	149519.634	149905.684	150292.234	150679.284	151066.834	151454.884	151843.434	152232.484	152622.034	153012.084	153402.634	153793.684	154185.234	154577.284	154969.834	155362.884	155756.434	156150.484	156545.034	156940.084	157335.634	157731.684	158128.234	158525.284	158922.834	159320.884	159719.434	160118.484	160518.034	160918.084	161318.634	161719.684	162121.234	162523.284	162925.834	163328.884	163732.434	164136.484	164541.034	164946.084	165351.634	165757.684	166164.234	166571.284	166978.834	167386.884	167795.434	168204.484	168614.034



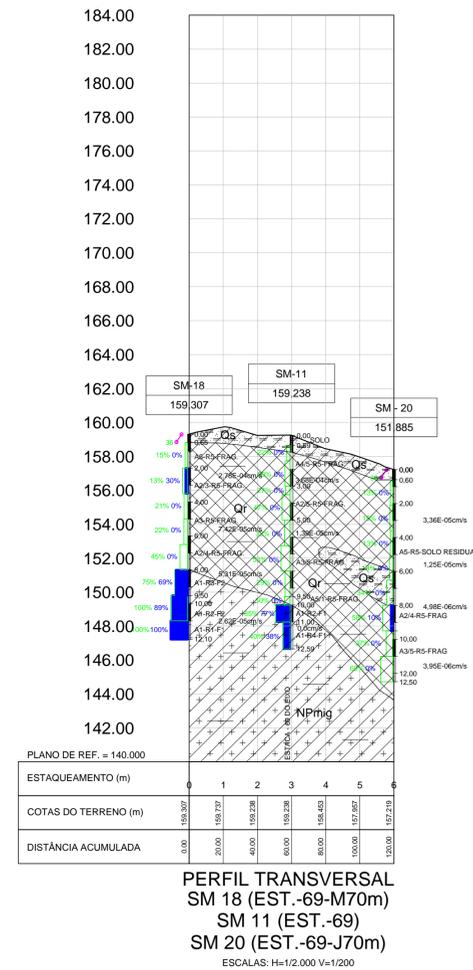
PERFIL TRANSVERSAL
SM 17 (EST.-59-M70m)
SM 09 (EST.-59)
SM 24 (EST.-59-J70m)
ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200



PERFIL TRANSVERSAL
SM 19 (EST.-64-M67m)
SM 10 (EST.-64)
ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200



PERFIL TRANSVERSAL
SP 25 (EST.-74-M70m)
SM 12 (EST.-74)
SP 26 (EST.-74-J70m)
ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200



PERFIL TRANSVERSAL
SM 18 (EST.-69-M70m)
SM 11 (EST.-69)
SM 20 (EST.-69-J70m)
ESCALAS: H=1/2.000 V=1/200

Grau de Alteração	Classificação do Maciço	Características da Rocha
A ₁	São	A rocha apresenta seus minerais constituintes sem decomposição. Eventualmente apresenta fraturas oxidadas.
A ₂	Pouco alterado	A rocha apresenta decomposição incipiente em sua matriz e ao longo dos planos de fraturas.
A ₃	Medianamente alterado	A rocha apresenta cerca de 1/3 de sua matriz decomposta. A decomposição ao longo das fraturas é acentuada.
A ₄	Muito alterado	A rocha apresenta de 2/3 de sua matriz ou de seus minerais totalmente decompostos. Todas as fraturas estão decompostas.
A ₅	Extremamente alterado	A rocha apresenta todo o seu corpo totalmente decomposto.

Classe	RQD %	Qualidade da Rocha
R ₁	100 - 91	Excelente
R ₂	90 - 76	Boa
R ₃	75 - 51	Regular
R ₄	50 - 26	Pobre
R ₅	25 - 0	Muito pobre

Classe	Nº de Fraturas/metro	Classificação do Maciço
F ₁	< 1	Ocasionalmente fraturado
F ₂	1 a 5	Pouco fraturado
F ₃	6 a 10	Medianamente fraturado
F ₄	11 a 20	Muito fraturado
F ₅	> 20	Extremamente fraturado

Classe	Denominação	Permeabilidade (cm/seg)	Condutividade Hidráulica (l/min.m.kg/cm ³)
H ₁	Muito baixa	k < 10 ⁻⁵	C.H < 0,1
H ₂	Baixa	10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁵	0,1 < C.H < 0,5
H ₃	Média	5.10 ⁻⁵ < k < 5.10 ⁻⁴	0,5 < C.H < 5,0
H ₄	Alta	5.10 ⁻⁴ < k < 2.5.10 ⁻³	5,0 < C.H < 25,0
H ₅	Muito alta	k > 2,5. 10 ⁻³	C.H > 25,0

LEGENDA :

- RECUPERAÇÃO
- RQD
- S SPT

LITOLÓGIA

- Qa Sedimentos de Aluvião Arenoso e Solos Inconsolidados
- Qs Solos Compactos com ou sem Cascalheiras
- Qr Rocha +/- Alterada in situ
- NPmig Gnaisses migmatíticos, Anfíbolitos, Calcissilicáticas +/- Quartzo
- NP1+ Granito Equigranular a Porfíritico

INFERÊNCIAS GEOLÓGICAS

- Calcissilicáticas +/- Quartzo
- /— Foliação
- // Falha

DESENHOS DE REFERÊNCIA :

REVISÕES

Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO
00	EMISSÃO INICIAL	JAN./2020	
01	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	MARÇO./20	
02	REVISÃO SOLICITADA PELA COGERH	ABRIL./20	

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS SRH - CE
COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDOS BÁSICOS

BARRAGEM POÇO COMPRIDO
ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO
TRANSVERSAIS DO EIXO DA BARRAGEM

Desenho: _____
Coordenação Técnica: _____
Coordenação Geral: _____

Escala: _____
Data: JAN./2020
Nº do Desenho: I-4-06/06-001
Descrição do Desenho: _____



Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos