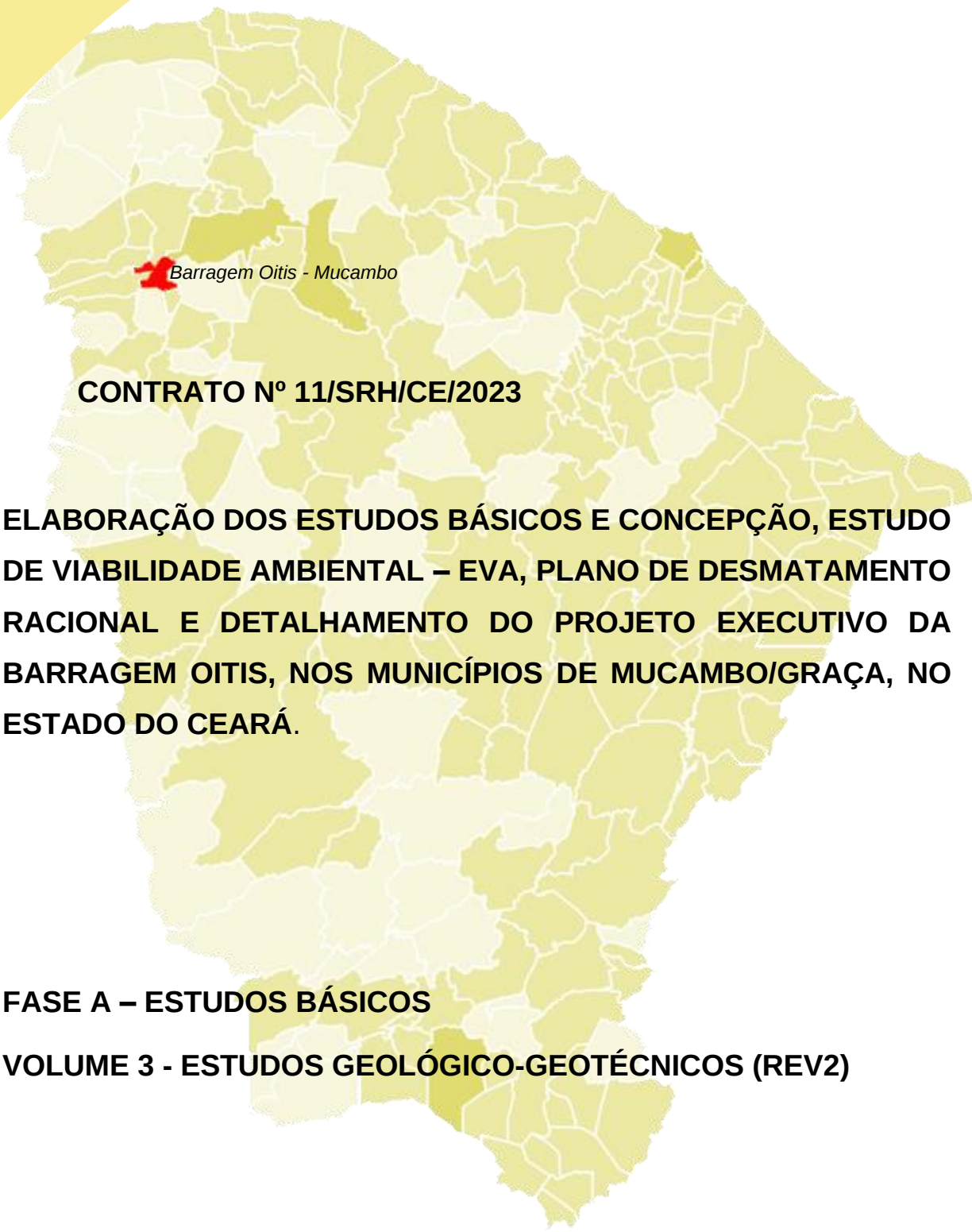




Barragem Oitis - Mucambo

CONTRATO Nº 11/SRH/CE/2023

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO, ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL – EVA, PLANO DE DESMATAMENTO RACIONAL E DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM OITIS, NOS MUNICÍPIOS DE MUCAMBO/GRAÇA, NO ESTADO DO CEARÁ.

FASE A – ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 3 - ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS (REV2)

**Fortaleza
Setembro/2024**

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	5
1.0 – INTRODUÇÃO.....	6
2.0 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	8
3.0 - GEOLOGIA.....	9
3.1 - Geologia Regional.....	9
3.2 - Geologia Local.....	10
4.0 - INVESTIGAÇÃO DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM.....	11
4.1. Metodologia Utilizada para as Sondagens.....	11
4.1.1 Ensaios de Permeabilidade.....	12
4.1.2 Ensaios de Perda d'água Específica.....	12
4.2. Procedimentos de Campo.....	13
4.2.1. Sondagens Realizadas.....	13
Tabela 4.2.1 – sondagens realizadas no eixo e vertedouro.....	14
4.3. Comentários.....	14
5. - ESTUDOS DO VERTEDOURO.....	15
5.1. Sondagens Realizadas.....	15
6. - MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO.....	17
6. 1 - Jazidas de Solo – JS 1 e JS 2	17
6.2 - Jazida de Areia – JA 1.....	18
6.3 - Pedreira.....	19
6.4. Comentários.....	20
7. - CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO E TRATAMENTOS PREVISTOS.....	21
8. - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	22
ANEXO 1 - FICHAS DOS BOLETINS DE SONDAgens.....	23
ANEXO 2 – ENSAIOS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	46
ANEXO 3 – PLANTAS.....	89

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Mapa de Localização e Acesso.....	7
Figura 3.1 – Mapa Geológico da Área Estudada.....	9
Figura 5.1 – Planta Baixa do Eixo da Barragem e Vertedouro.....	15
Figura 5.2 – Perfil Longitudinal.....	16
Figura 6.1 – Jazida de Solo –JS 01.....	18
Figura 6.2 – Jazida de Areia – JA 01.....	19
Figura 6.3 – Área da Pedreira 01.....	19
Figura 6.4 – Mapa de Localização das Jazidas.....	20

Lista de Tabelas

Tabela 4.2.1 – Sondagens realizadas no Eixo da Barragem e Vertedouro.....	14
Tabela 6.1 – Jazidas de Solo JS 1 e JS 2.....	17
Tabela 6.2 – Jazidas JS 1 e JS 2 – Volume Total.....	17

APRESENTAÇÃO

A empresa Maximino dos Santos & Cia Ltda, no âmbito do contrato Nº 11/SRH/CE/2023 assinado em 27/11/2023, com publicação em 02/02/2024 com ordem serviço nº 02/2024/SRH emitida em 05/02/2024, que tem por finalidade a **ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO, ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL-EVA, PLANO DE DESMATAMENTO RACIONAL E DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM OITIS**, situada nos municípios de Mucambo e Graça, no Estado do Ceará.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento ao Termo de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitiram a elaboração de relatórios específicos organizados em FASE A – Estudos Básicos, FASE B – Estudos ambientais e FASE C – Detalhamento do Projeto Executivo, conforme são apresentados na sequência:

- ❖ FASE A: Estudos Básicos
 - Volume 1: Estudos Cartográficos;
 - Volume 2: Estudos Topográficos;
 - Volume 3: Estudos Geológicos-Geotécnicos;
 - Volume 4: Estudos Hidrológicos;
 - Volume 5: Relatório de Concepção da Barragem
- ❖ FASE B: Estudos Ambientais
 - Volume 1: Estudos de Viabilidade Ambiental – EVA;
 - Volume 2: Plano de Desmatamento Racional – PDR
- ❖ FASE C: Detalhamento do Projeto Executivo
 - Volume 1: Memorial Descritivo do Projeto;
 - Volume 2: Desenhos;
 - Volume 3: Memória de Cálculo;
 - Volume 4: Especificações Técnicas;
 - Volume 5: Quantitativos e Orçamentos;
 - Volume 6: Relatório Síntese

Este Relatório refere-se ao **VOLUME 3 - ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DOS ESTUDOS BÁSICOS – FASE A**.

1.0 – INTRODUÇÃO

No contexto hídrico do Estado do Ceará, destaca-se a política de açudagem que foi implantada a mais de um século, iniciado com a construção do açude cedro.

Hoje, os reservatórios cearenses têm a capacidade de armazenar até 20 bilhões de m³ de água, somando os açudes construídos pelo DNOCS e pelo Estado.

O Estado, através da SRH apresentou o Plano Estadual de Convivência com a Seca, com ações emergenciais, estruturantes e complementares. Entre elas, o reforço na utilização de: Construções de Poços, Adutoras e Cisternas, Investimentos em benefícios sociais e Obras transferência hídrica.

A evolução histórica do Ceará para a infraestrutura hídrica tem raízes fincadas na década dos anos 70, onde deu origem ao desenvolvimento do Estado. Entretanto, no Ceará a infraestrutura hídrica é condicionada aos bons ou maus invernos. Com base nos avanços proporcionados por esse passo decisivo para o abastecimento da população. O estágio atual decorreu de décadas de esforços desenvolvidos pelos gestores dos recursos hídricos.

Em 1987 foi criada a SRH, conforme a Lei Estadual de Recursos Hídricos Nº 11.969, de 24 de julho de 1992. Em seguida a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas pela Lei 11.996/1992, regulamentados pelo Decreto Nº 26.462, de 11 de dezembro de 2001.

No Estado do Ceará, a agricultura irrigada é um forte eixo do seu modelo de desenvolvimento. Em 2007, o Estado contava com 74.754ha cultivados em regime de irrigação, com destaque das seguintes culturas: frutas (31.991ha), hortaliças (6.823ha), flores (287ha), arroz irrigado (9.414ha), e outras culturas.

O Estado do Ceará tem como marco da implantação de sua Política Estadual de Recursos Hídricos, a Lei 11.996 de 24 de julho de 1992, que também instituiu o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos – SIGERH.

No desenvolvimento dos estudos em foco, para elaboração deste Relatório, foram discutidos os seguintes itens, conforme descrição abaixo:

- Informações sobre a geologia regional com base nas Cartas geológicas;
- Estudo detalhado da geologia local no eixo da barragem e vertedouro com uso da bússola para medidas de ângulo e direção da camada estratigráfica, foliação, dentre outras feições geológicas;
- Campanha de investigações do subsolo no eixo da barragem e vertedouro para obtenção de conhecimentos da fundação da barragem (ensaios SPT-Stander Penetration Test; perda d'água; coeficiente de permeabilidade e percentual de recuperação da rocha por meio do critério do RQD;
- Localização e cubação dos materiais de construção (solo argiloso, areia e rocha) para construção da barragem;

- Ensaios de caracterização em laboratório das amostras coletadas no campo durante os estudos de investigação dos materiais de jazidas;
- Elaboração dos desenhos das atividades realizadas.

Este relatório consolida o **VOLUME 3 - ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DOS ESTUDOS BÁSICOS – FASE A**. O objetivo do referido relatório refere-se a campanha de sondagens da fundação da barragem e no vertedouro, também os estudos dos materiais de construção, constituído por: solo impermeável, areia e rocha.

2.0 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Oitis será formada pelo barramento do riacho Oitis, afluente do rio Jaibaras, sendo este afluente pela margem esquerda do rio Acaraú, com sua bacia hidráulica abrangendo terras dos municípios de Mucambo e Graça. A barragem fechará o boqueirão existente nas imediações da localidade de Pedra de Fogo, no município de Mucambo, distando 5,0 km da sede deste município.

Desde Fortaleza, o acesso à área do empreendimento pode ser feito através da BR-222, passando pela cidade de Caucaia, depois o distrito de Croata (São Gonçalo do Amarante), após as cidades de São Luís do Curl, Umirim, Itapagé, Irauçuba, Forquilha, Sobral até atingir o povoado de Aprazível. Deste local toma-se à esquerda, percorrendo-se cerca de 36,00 km. A partir daí, por estrada vicinal, percorre-se 5,0 km até a localidade de Pedra de Fogo, local do eixo do barramento.

A localização está georreferenciada pelas coordenadas UTM 305.115,271E; e 9.562.725,281N, com base no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS – 2.000). A extensão total do deslocamento é de 280 km, conforme a Figura 2.1 – mapa de localização e acesso.

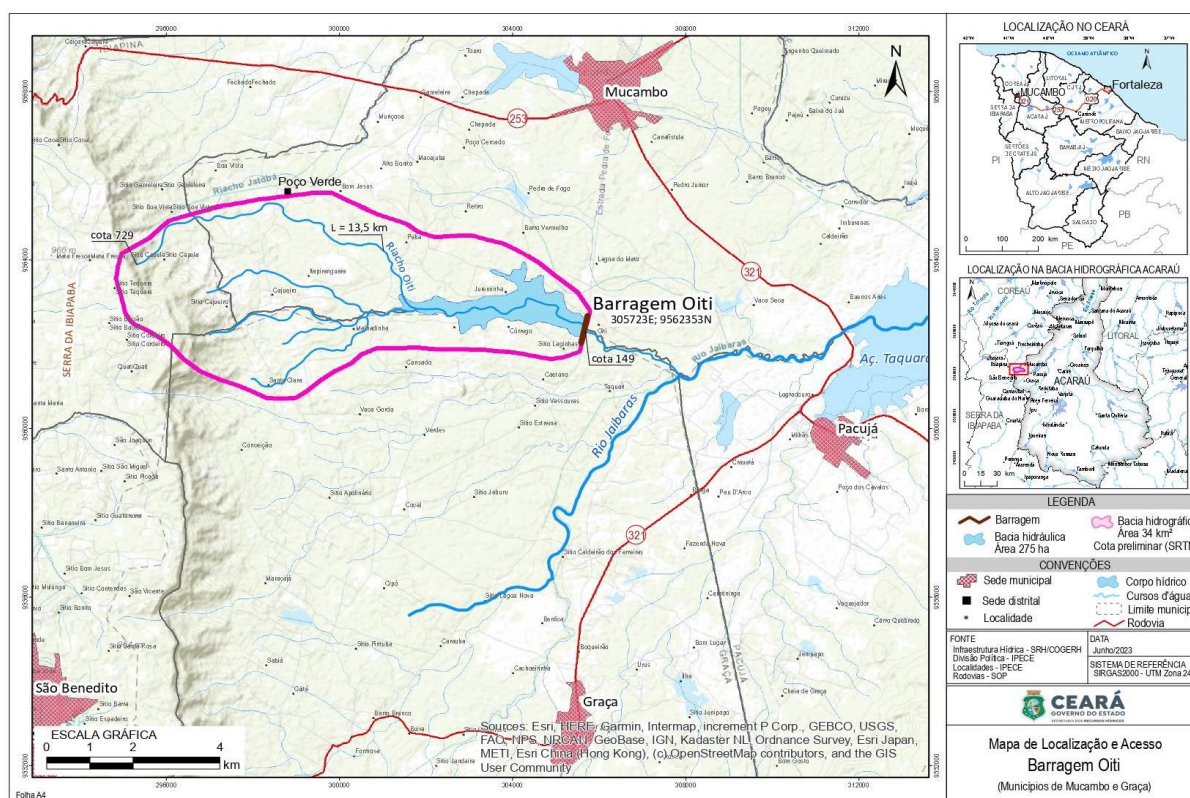


Figura 2.1 – Mapa de Localização e Acesso

3.0 GEOLOGIA

3.1 - Geologia Regional

A área de estudo do açude Oitis passou por evolução geológica desde os tempos pré-cambrianos.

Almeida et al. (1977, 1981) dividiram o território brasileiro em 10 Províncias Estruturais para melhor entender a evolução geológica de cada região do país. O Estado do Ceará está inserido na Província Borborema, juntamente com os demais estados do nordeste brasileiro.

Uma síntese da evolução geológica da área de estudo foi realizada com base no trabalho de Cavalcante C.J & Padilha M.W.M que serviu de base para o esboço geológico a seguir.

Era Proterozóica Superior (570 m.a)

- ✓ Orogenia do ciclo brasileiro que culminou com a fragmentação do continente existente em 8 (oito) continentes menores. Posteriormente, estes continentes se uniram, novamente, formando o Supercontinente Pangea há 270 m.a. Com esta orogenia surgiram na Província Borborema uma tectônica de ruptura com os Lineamentos: Sobral – Pedro II, Patos ou Paraíba, entre outros, e as Falhas Transcorrentes de Tauá, rio Groaíras, Jaguaribe, Orós, etc. Também, datam desta orogenia, a Suíte Granitóide Meruóca e Mucambo, além, de vulcanismo ácido e plutonismo granitóides. A Figura 3.1 abaixo, apresenta o mapa geológico da área estudada.

Era Paleozóica (570 a 250 m.a)

- ✓ Elevação dos continentes;
- ✓ Fenômenos de subsidência e a evolução das bacias sedimentares na crosta terrestre;

Era Mesozoica (250 a 65 m.a)

- ✓ Fragmentação do Supercontinente Pangea em 02 (dois) continentes denominados de Laurásia e Gondwana, separados pelo mar de Tethys (final do período Triássico – 170 m.a);
- ✓ Eventos diastróficos acompanhados de ascensão do magma, denominados de **“Reativação Wealdeniana”**, segundo Almeida et al., (1969) condicionaram a fragmentação do continente Gondwana, dando origem aos continentes Africano e Sulamericano e o surgimento do Oceano Atlântico Sul;
- ✓ Reativação das falhas transcorrentes pré-cambrianas que afetaram as rochas do embasamento, assim como toda a sequência Paleozóica.

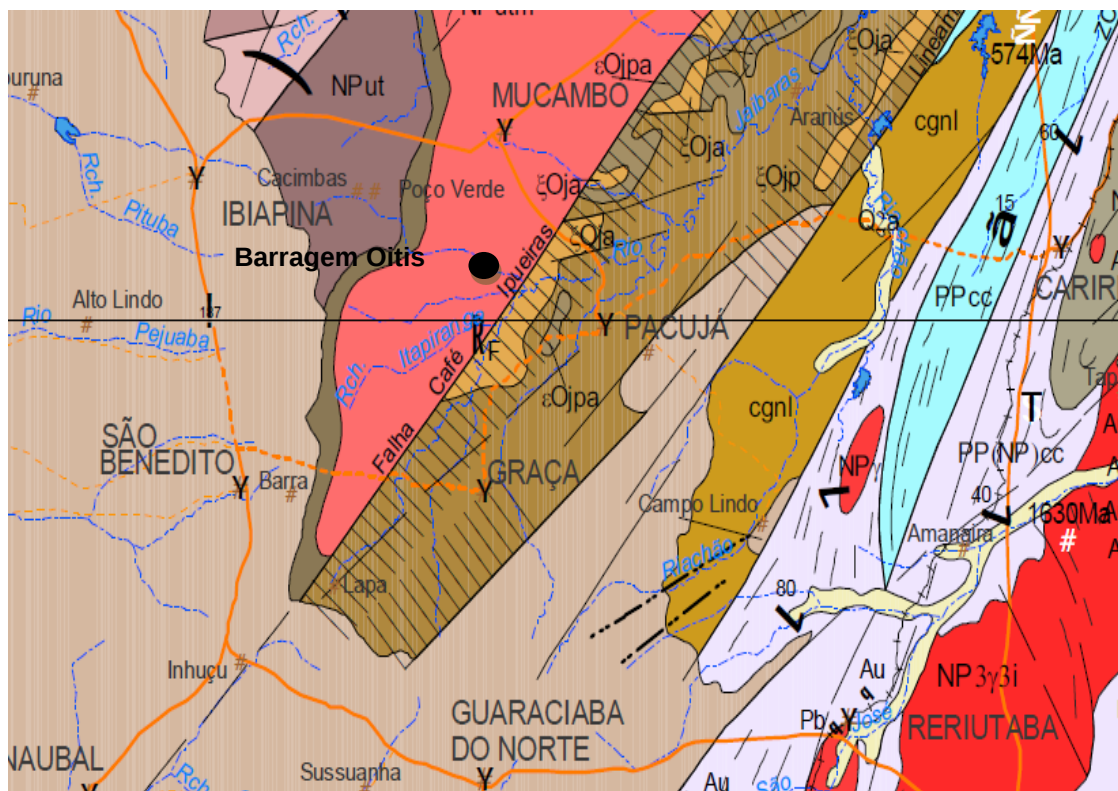


Figura 3.1 - mapa geológico da área estudada.

3.2 - Geologia Local

A área da barragem Oitis situa-se na unidade geológica denominada de Suíte Granitóide Intrusiva Meruóca e Mucambo de idade proterozóica superior (570 m.a), constituída por granitóides tipo monzonitos, granodioritos e sienitos com predominância de textura equigranular com tonalidades avermelhadas a acinzentados ou esbranquiçados.

Do ponto de vista litoestratigráfico, a Suíte Granitóide encontra-se encoberta pelos sedimentos areníticos da Formação Serra Grande, na direção de aproximadamente 30° NE-SW. Ao Leste, a unidade faz contato com os sedimentos da Formação Aprazível, parte superior do Grupo Jaibaras. Ver mapa geológico, acima.

Sob o aspecto geomorfológico distinguimos duas unidades: Superfície Sertaneja e Planalto da Ibiapaba (Brasil, 1981). Essas feições foram definidas no decorrer dos 03 (três) estágios da “Reativação Wealdeniana”, conforme descrição abaixo:

- ✓ No decorrer do 1º estágio, inicia-se a destruição da cobertura sedimentar da Bacia do Parnaíba e a exumação das superfícies Silurianas (Costa et al., 1973);
- ✓ Durante o 2º estágio (cretáceo superior), novas manifestações da reativação atingiram a área de estudo, assim como todo o Nordeste sob a forma de arqueamento do escudo (Ab.Saber, 1956 – apud Caldasso, 1978), e que provocaram uma inclinação da Bacia Sedimentar do Parnaíba para norte e leste, condicionando a aceleração dos processos

degradacionais e o consequente recuo da encosta da Serra da Ibiapaba, submetendo toda a área a um processo de pediplanação que ainda pode ser observado através de blocos de arenito rolados, encontrados na área de estudo, aproximadamente 5 km da escarpa da serra da Ibiapaba;

- ✓ No terceiro e último estágio da reativação (Terciário Superior) ocorre um novo soerguimento da área de estudo, assim como todo nordeste brasileiro (Caldasso, 1978);
- ✓ A partir do Pleistoceno, os efeitos tectônicos passam a ter uma influência restrita no relevo e os processos morfoclimáticos assumem maior significado para evolução do modelo regional.

O mapeamento geológico, realizado no eixo da barragem, teve como principal objetivo a identificação litoestratigráfica da fundação. Vale salientar que, no eixo estudado não aparece afloramento rochoso em superfície. Somente com a campanha de sondagens foi possível definir a fundação da barragem, conforme testemunhos das sondagens SM-2, SM-3 e SM-4. De modo geral, o topo rochoso, encontra-se em média a 6,0 m de profundidade. As características geológicas da fundação vieram confirmar as descrições citadas na geologia regional.

As ombreiras apresentaram, superficialmente, resquícios de talus pouco profundos, arrasados, apresentando uma camada de blocos rolados de arenito, seguido por uma camada de solo areno argiloso, conforme os resultados das sondagens realizadas: SM 1, SM 5, SM 6 e SM 7.

De um modo geral, na área estudada foi possível identificar duas feições morfológicas, denominadas de Superfície Sertaneja e Planalto da Ibiapaba com declividade de 12,51m/km, as quais se relacionam com os conceitos geomorfológicos de Sousa, et al, 1979; e Lima, et al, 2000). Apresentam solo espesso a raso, às vezes com uso agrícola. Com relação ao aspecto climático, a região encontra-se sob o efeito do clima semiárido com irregularidade do regime pluviométrico que tem a Serra da Ibiapaba como parâmetro.

4.0 - INVESTIGAÇÃO DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM

4.1. Metodologia Utilizada para as Sondagens

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 à 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 será utilizado o amostrador padrão de 2" e 1 3/8" de diâmetros externo e interno, respectivamente, o qual será cravado no terreno por meio de golpes

de um martelo de 65kg, com altura de queda de 75cm. Durante a cravação do amostrador serão 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)”.

Para as sondagens no eixo da barragem não foram realizados ensaios de infiltração, conforme definido no planejamento geotécnico. Estes sedimentos inconsolidados, existentes sobre a fundação rochosa, serão removidos, e substituídos por materiais areno argilosos com características impermeáveis.

Para os trechos em rocha, foi utilizada sonda rotativa, acoplada a um calibrador e a um barrilete NX - duplo-móvel e coroa diamantada para recuperação do testemunho. Deverão ser obtidas informações da alteração do fraturamento e da estanqueidade da rocha, por meio dos ensaios de perda de perda d’água (Lugeon).

Os equipamentos utilizados na execução dos furos foram os convencionais utilizados nas sondagens com retirada de testemunhos em rocha. Durante as sondagens rotativas foram executados ensaios de perda d’água específica.

4.1.1 - Ensaios de Permeabilidade

Com a finalidade de avaliar a permeabilidade da fundação e obter informações quantitativas sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso, onde foram realizados ensaios de perda d’água nos furos das sondagens.

Os resultados destas sondagens e ensaios de campo serão apresentados em desenhos na forma de boletins individuais do subsolo no local de cada furo.

Todos os furos de sondagem foram georreferenciados ao eixo topográfico implantado, com suas coordenadas UTM-SIRGAS 2000 e cotas altimétricas definidas, através de levantamento de todas as cotas das bocas dos furos levantadas através de nivelamento topográfico.

4.1.2 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.

4.2. Procedimentos de Campo

Foram realizados no total de 08 (oito) furos de Sondagem Mista (SM) (percussão + rotativa), e 03 (três) sondagens à percussão (SP).

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

Os boletins individuais dos furos executados estão apresentados no Anexo 1, contendo descrição geológica e documentação fotográfica das caixas de testemunhos.

As amostras foram coletadas a cada metro de profundidade através do amostrador padrão e acondicionadas em sacos plásticos para posterior reclassificação tátil-visual em laboratório. Nos trechos em solo, as sondagens foram realizadas por lavagem direta com coletas de amostras e medidas de SPT (Standard Penetration Test).

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-6484/2020.

Ao atingir o topo rochoso, foi iniciada a perfuração com o emprego de barrilete duplo giratório modelo NWM (NX), com comprimento livre de 1,65 metros. 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-6484/2020

A permeabilidade e a condutividade hidráulica do maciço rochoso, ao longo do barramento 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.

4.2.1. Sondagens Realizadas

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

Para concretização deste objetivo foram realizadas 08 prospecções mecânicas mistas (iniciada por processo percussivo e prosseguida com sonda rotativa), nos locais definidos.

Portanto, na área do maciço e vertedouro foram executadas 08 (oito) sondagens mistas, e 03 (três) sondagens à percussão (SP) totalizando 71,78m, e 15,50m com equipamento rotativo, conforme tabela 4.2.1 a seguir.

SONDAGENS NO EIXO DA BARRAGEM E VERTEDOURO						
Nº FURO	ESTACA	COTA	PROFUNDIDADE (m)		COORDENADAS	
			PERCUSSÃO	ROTATIVA	ESTE	NORTE
SM 1	E0	160,64	6,38	3,00	305.249,78	9.562.463,88
SP 2	E2	152,67	4,78		305.272,99	9.562.495,14
SM 2	E4	147,16	8,10	2,00	305.296,53	9.562.526,80
SM 3	E7+10,00	144,00	6,10	3,00	305.338,85	9.562.584,70
SM 4	E10	145,43	7,27	4,50	305.356,67	9.562.608,24
SP 1	E13	145,43	4,45		305.403,06	9.562.670,37
SP 3	E15+10,00	155,8	4,20		305.420,84	9.562.694,40
SM 5	E18	153,72	6,50	3,00	305.463,61	9.562.752,28
SM 6	E00(40m montante)	154,23	6,00		305.462,91	9.562.451,18
SM 7	E00(40M Jusante)	155,46	12,00		305.463,26	9.562.783,05
SM 8	E00(80m Jusante)	142,55	6,00		305.463,76	9.562.815,12
TOTAL			71,78	15,50		

Tabela 4.2.1 – Sondagens realizadas no eixo da barragem e vertedouro

4.3 - Comentários

Desta campanha de sondagens, realizadas no eixo da barragem, pode-se observar que:

- Na zona da planície do rio, aproximadamente entre Estacas 5 e 12 (140m) ocorrem sedimentos aluviais com espessura média de seis (6,0m) de profundidade. Estes sedimentos estão sobre o maciço rochoso granitoide. O nível d'água não foi encontrado em algumas sondagens, principalmente na calha do riacho, conforme sondagem SM 3 (E7+10,00m), realizada em 21/05/2024;
- Não foram encontrados materiais argilosos/siltosos de compacidade preocupante em nenhum furo da campanha de sondagem;
- Nas ombreiras o topo rochoso encontra-se com profundidades superiores a 6,00 m, conforme os boletins de sondagens SM5, SM6, SM7 e SM8.

5 - ESTUDOS DO VERTEDOURO

5.1. Sondagens Realizadas

A fundação do vertedouro foi investigada com base nas sondagens mistas SM 2, SM 3 e SM 4 com o objetivo de reconhecer as características da rocha da fundação. Conforme, os resultados apresentados nos boletins de sondagens no anexo 1, onde observam-se camadas de solos aluviais assentadas sobre rocha granitóide que servirá de suporte para as estruturas do vertedouro. As obras serão iniciadas no leito do riacho Oitis, entre as estacas 6 + 10,00 m e 9 somando 50,00 m de largura. As estruturas serão apoiadas no material rochoso que se encontra a 6,00 m de profundidade. A seguir apresentam-se as seguintes figuras: a) Figura 5.1 – Planta Baixa do eixo da barragem e vertedouro, apresentando os locais das sondagens; b) Figura 5.2 – Perfil Longitudinal.

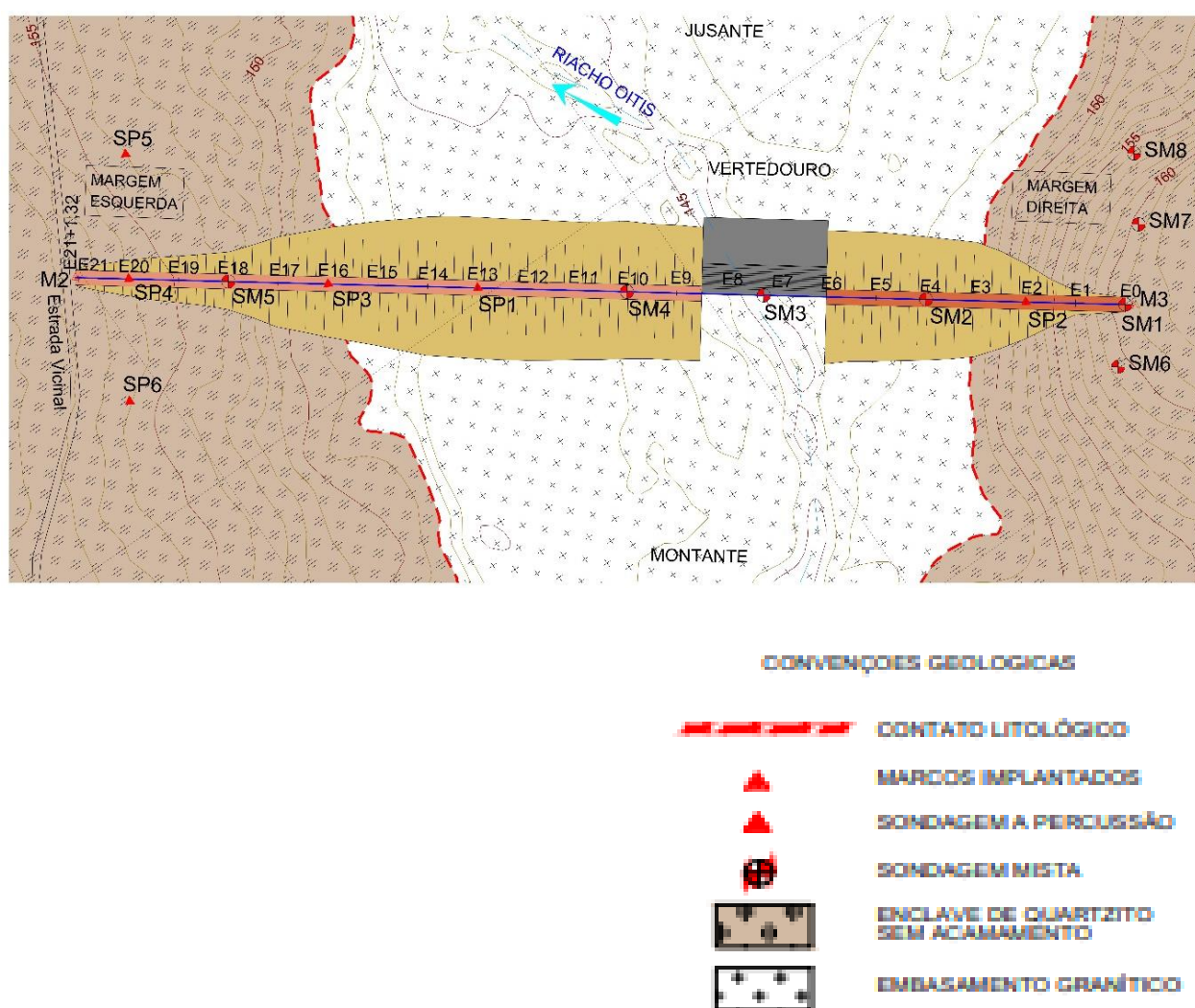


Figura 5.1 – Planta Baixa do eixo da barragem e vertedouro

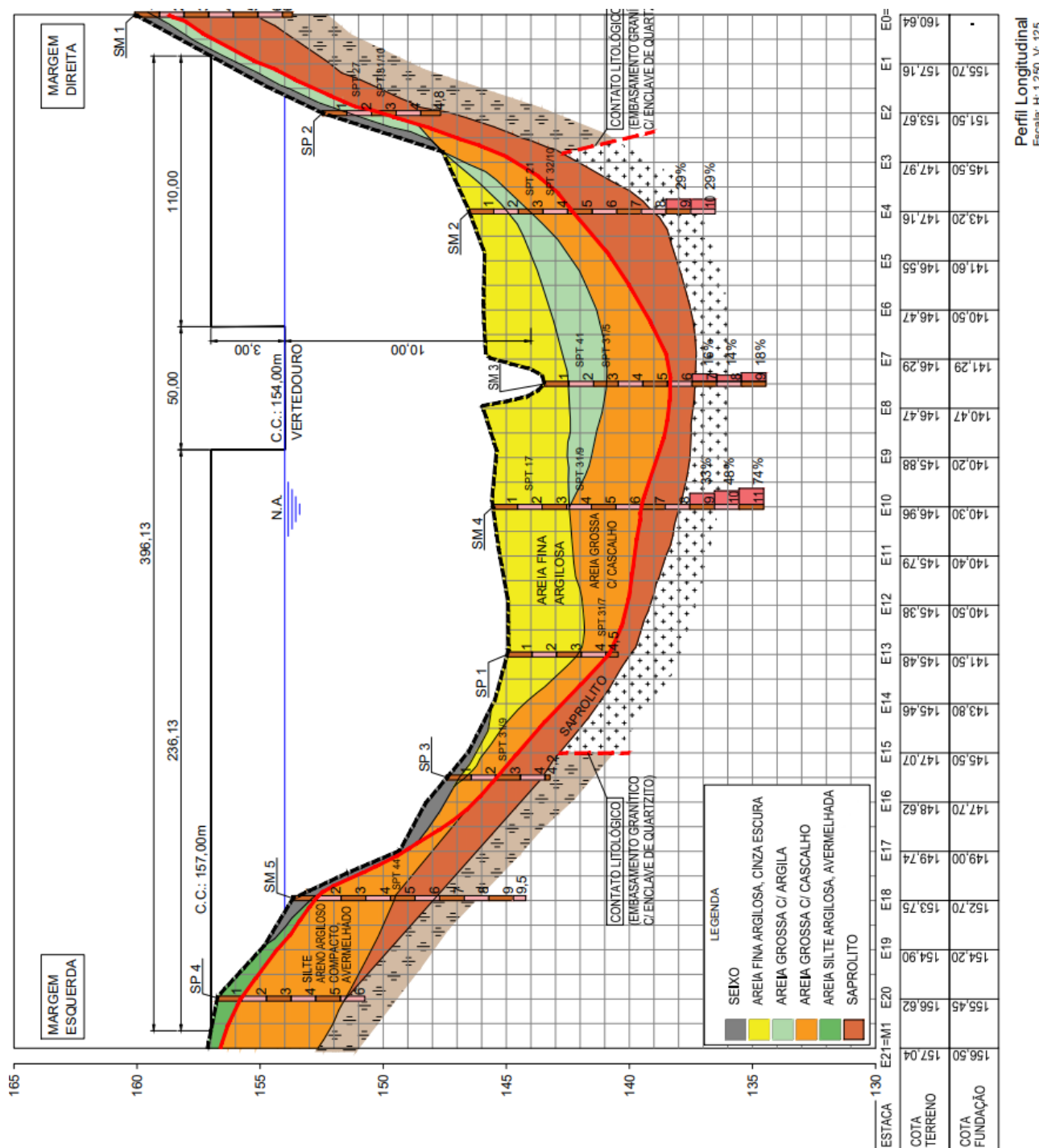


Figura 5.2 – Perfil Longitudinal do eixo da barragem e vertedouro

6 - MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

6.1. Jazidas de Solo

Foi estimado um volume de 81.553,00m³ de solo impermeável para execução da fundação e maciço da barragem. Além, deste volume útil foi acrescentado mais 50% do valor, totalizando 122.329,42m³ com o objetivo de compensar as perdas durante a exploração.

Dentro da bacia hidráulica existem ocorrências de solos do tipo SC e CL (Classificação Unificada dos Solos-USCS), distante 1,0 km do eixo, sendo favoráveis à execução da obra. Assim, foram estudadas duas jazidas de solos, denominadas de JS1 e JS2, com características descritas na Tabela 6.1: Características do Solo das Jazidas JS 1 e JS 2. A Tabela 6.2 - volume total.

JAZIDA JS 1		JAZIDA JS 2	
Área estudada – JS 1	30.000 m ²	Área estudada – JS 2	32.000 m ²
Nº de poços executados	4	Nº de poços executados	5
Espessura média do expurgo	0,15 m	Espessura média do expurgo	0,15 m
Espessura do mat. utilizável	2,00 m	Espessura do mat. utilizável	1,60 m
Volume de material utilizável	60.000 m ³	Volume de material utilizável	64.000 m ³
Volume de expurgo	4.500,00 m ³	Volume de expurgo	4.800,00 m ³
Distância ao eixo da barragem	1,00 km	Distância ao eixo da barragem	1,00 km
Massa Específica Aparente Seca	1,80 g/cm ³	Massa Específica Aparente Seca	1,75 g/cm ³
Umidade Ótima (h)	11,30%	Umidade Ótima (h)	13,80%
Índice de Plasticidade	10%	Índice de Plasticidade	12%
Coeficiente de Permeabilidade (k)	7,8 E-05 cm/s.	Coeficiente de Permeabilidade (k)	7,8 E-05 cm/s.
Classificação USCS	SC	Classificação USCS	CL

Tabela 6.1 – Características do Solo das Jazidas JS 1 e JS 2

LOCAL	Volume (m ³)	
	Utilizável	Expurgo
Jazida de Solo (JS 1)	60.000	4.500
Jazida de Solo (JS 2)	64.000	4.800
Total	124.000	9.300

Tabela 6.2 – Jazidas solo JS 1 e JS 2 – Volume Total

De acordo com os estudos realizados, a espessura do solo apresenta em média de 2,15m, sendo 0,15m de expurgo, e 2,00 m de material aproveitável, como mostrado na foto abaixo. A Figura 6.1 abaixo, ilustra a área de solo a ser utilizada no maciço da barragem.



Figura 6.1 - Jazida de solo (JS 1) à ser utilizado na barragem

6.2. Jazida de Areia – JA 1

Para as obras de drenagem (filtro, dreno horizontal e confecção do concreto) foi analisado o terraço de areia do rio Taquari que fica à jusante da barragem, distante 4,90 km. O volume necessário foi calculado em 5.585,35 m³, contudo foi acrescentado mais 50% para compensação das perdas no decorrer da exploração, totalizando 8.378,00 m³. A área de exploração é de 5.600m² com profundidade média de 1,50 m.

A exploração da areia será bastante facilitada, considerando que, na maior parte do ano, o leito do riacho estará seco.

Quanto à permeabilidade, os ensaios no permeâmetro de carga variável apresentaram valores médios para o coeficiente de permeabilidade de 7,3 E-04cm/s. A Figura 6.2 mostra a localização da jazida de areia no leito do rio Taquari, georreferenciada pelas coordenadas UTM SIRGAS 2000: 307.010,00E e 9.560.622,00N.



Figura 6.2 - Jazida de Areia (JA 1) no rio Taquari.

6.3. Pedreira

Com relação a exploração da Pedreira destinada às obras da barragem Oitis, pode-se afirmar que não foi encontrada nenhuma área viável próxima ao eixo da barragem. Diante dos fatos, foi definida a utilização de uma pedreira em atividade de exploração, situada próximo ao Povoado de Arariús, distante 24 km do eixo. Trata-se de um afloramento granítico que atenderá as obras de drenagem, proteção de talude (rip rap e rock fill) e brita destinada as obras de concreto. A Figura 6.3 apresenta a área da Pedreira 1



Figura 6.3 - Pedreira 1 – Afloramento composto de Granito

A localização das Jazidas de Solo - JS 1 e JS 2, Jazida de Areia - JA 1 e Pedreira – P1 estão indicadas na Planta 2/2, dos Estudos Geológico-Geotécnico – Volume 3 – Estudos Básicos. A Figura 6.4 apresenta o mapa de localização das jazidas.

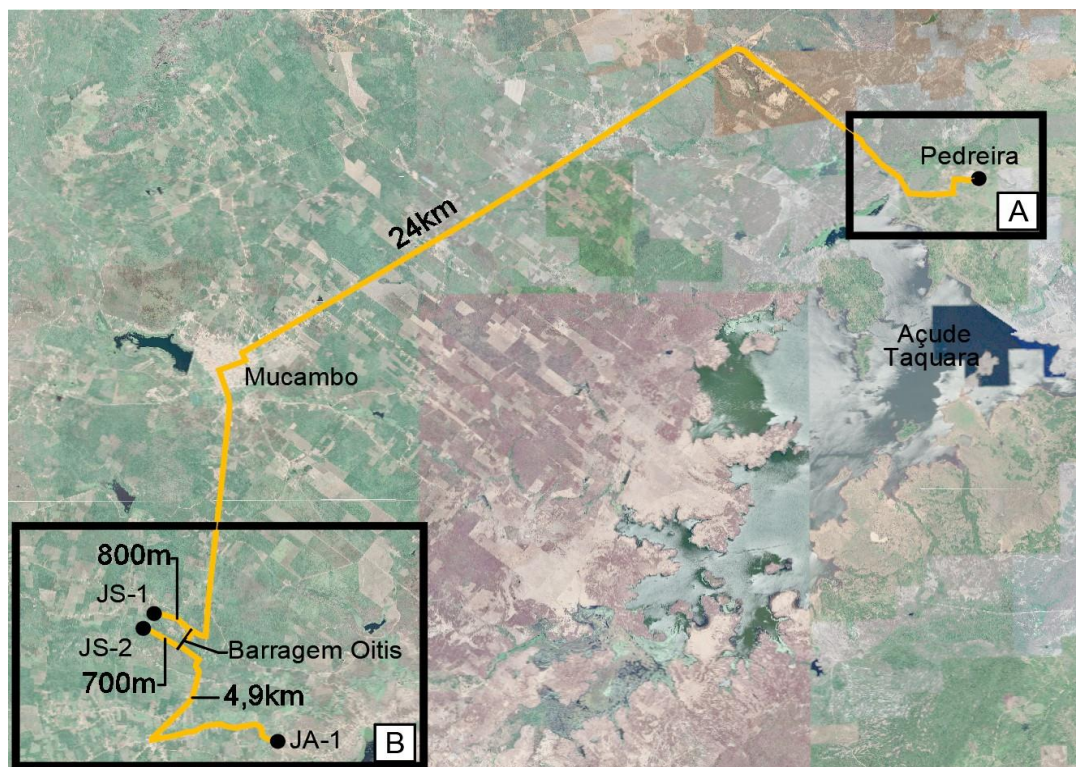


Figura 6.4 – Mapa de localização das jazidas.

6.4. Comentários

As observações de campo associadas aos ensaios de laboratório permitem os seguintes comentários acerca dos materiais construtivos estudados.

- a) As caracterizações realizadas (granulometria e limites de Atterberg) nas ocorrências de materiais terrosos, jazidas de solo JS-1 e JS-2, permitiram enquadrar os materiais estudados nos grupos SC (areia argilosa) e CL (areia siltosa) da “Classificação Unificada USC”. Segundo Sherard, os solos dos tipos SC e CL apresentam as seguintes características:

Solo SC

- ✓ Alta resistência a erosão;
- ✓ Alta a média resistência ao cisalhamento;
- ✓ Impermeável;
- ✓ Boa trabalhabilidade.

Solo CL

- ✓ Alta resistência a erosão;
 - ✓ Média resistência ao cisalhamento;
 - ✓ Impermeável;
 - ✓ Regular trabalhabilidade.
- b) Os terraços de areia do rio Taquari com permeabilidade média de $7,3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ são apropriados como fonte de agregado miúdo para os concretos e para o elemento drenante/filtrante do sistema de drenagem interna do maciço.
- c) O material pétreo necessário para as proteções dos taludes, transições e dreno de pé tem como fonte de obtenção os seixos rolados existentes dentro da bacia hidráulica, que apresentam características apropriadas para tais fins. Também, poderá ser usado as escavações do substrato rochoso da fundação e do vertedouro. Caso seja necessário a complementação destes volumes indica-se afloramentos da mesma rocha dentro da bacia hidráulica.

7 - CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO E TRATAMENTOS PREVISTOS

As condições de fundação da barragem Oitis podem ser consideradas boas, conforme apresentaram as investigações de subsuperfície, onde as fraturas e juntas presentes estão na maioria seladas. Estas condições do maciço se correlacionam com os resultados dos ensaios de perda d'água que apresentaram, em geral, perdas baixas (perda d'água específica entre $1,17 \times 10^{-5}$ a $2,28 \times 10^{-5} \text{ (l/minxm}^2\text{kg/cm}^2\text{)}$).

Na planície aluvionar (E5 a E13), os furos de sondagens apresentaram sedimentos com SPT > 7 (Stan).

De acordo com dados dos boletins de sondagens contidos no anexo 1 deste relatório, onde indicam baixa permeabilidade do substrato rochoso, pode-se concluir que não deverá ser realizado cortina de injeções de cimento no eixo da barragem.

A seguir serão apresentados os seguintes Anexos:

Anexo 1 – Fichas dos Boletins de Sondagens;

Anexo 2 - Ensaios dos Materiais de Construção;

Anexo 3 – Plantas (Planta e Perfil da Barragem – Estudo Geológico-Geotécnico) e Planta de Localização das Jazidas

8 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

_____, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), **Geologia da Bacia Jaibaras, Ceará, Piauí e Maranhão. Projeto Jaibaras**. Brasília, DNPM, 1979. 106p. (Série Geologia nº 14).

_____, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará – Escala 1:500.000**. Fortaleza, CPRM, 2008.

_____, _____, **Atlas Digital dos Recursos Hídricos – Ceará (Municípios de Coreaú, Frecheirinha, Ibiapina, Mucambo e Ubajara)**. Fortaleza, CPRM, 1998.

_____, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), **Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Coreaú. Fase 1: Estudos Básicos e Diagnóstico. Relatório Final**. Fortaleza, IBI, 2010.

CABY, R. 1989. Precambrian terranes of Benin – Nigeria and northeast Brazil and the late proterozoic atlantic fit barks. **Geological Society of America**, Special Papers, p. 145-158, 1989.

CABY, R. & ARTHAUD, M.H.; ARCHANJO, C.J., Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the brasiliano belt of northeast Brazil: geodynamic implications. **Journal of South American Earth Sciences**. 8: 235-246, 1995.

ANEXO 1 – FICHAS DOS BOLETINS DE SONDAGEM

ANEXO 2 – ENSAIOS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

ANEXO 3 - PLANTAS