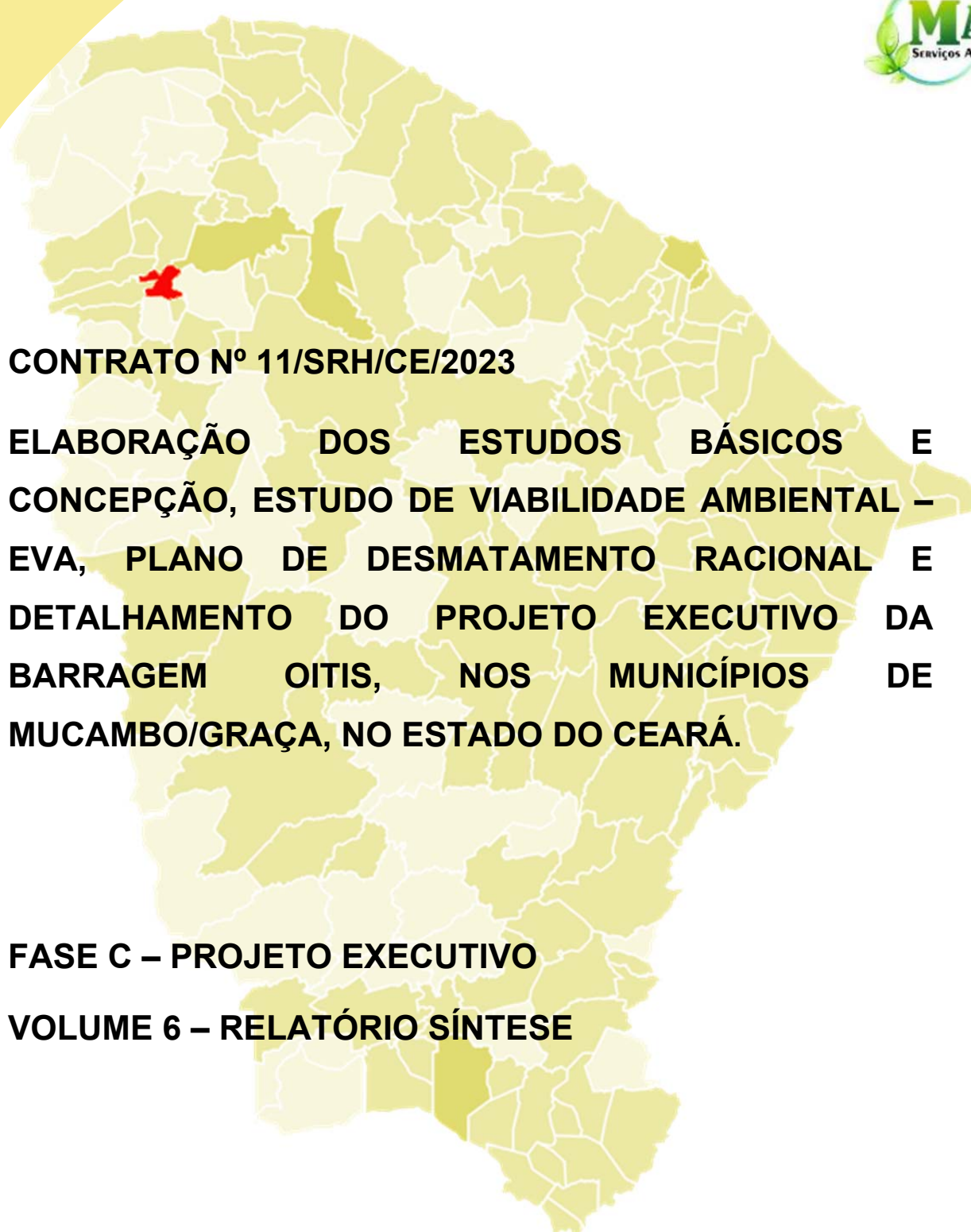




CONTRATO Nº 11/SRH/CE/2023

**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 C – PROJETO EXECUTIVO
VOLUME 6 – RELATÓRIO SÍNTESE**

Fortaleza

Fevereiro/2025

APRESENTAÇÃO	6
1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Contextualização do Projeto da Barragem	7
1.2 Localização e Acesso	8
1.3 Características Técnicas da Barragem Oitis.....	10
2 LISTA DE DESENHOS.....	13
3 – SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS	14
3.1 Estudos topográficos e cartográficos.....	15
3.1.1 Cartografia Disponível	15
3.1.2 Análise da Documentação Cartográfica.....	16
3.1.3 Estudos Cartográficos	17
3.1.4 - Planejamento do Apoio de Campo	17
3.1.5 - Levantamento de Campo	17
3.1.6 – Elementos produzidos	18
3.1.7 – Levantamento da barragem e o vertedouro.....	19
3.2 Estudos Geotécnicos.....	20
3.2.1 – Metodologia utilizada para as sondagens.....	21
3.2.2 – Procedimentos de campo	21
3.2.2.1 – Sondagens realizadas.....	22
3.2.2.2 – Considerações	22
3.2.3 – Investigação do local do vertedouro	23
3.2.4 – Materiais naturais de construção	23
3.3 – Estudos Hidrológicos	24
3.3.1 – Caracterização física da bacia.....	24
3.3.1.1 – Índice de forma da bacia.....	25
3.3.2 – Sinópse climatológica	26
3.3.3 – Série pluviométricas.....	26

3.3.4 - Hidrograma Total Afluente	30
3.3.5 – Volume de acumulação do reservatório.....	31
3.3.6 - Conclusão da Hidrologia.....	32
4 – DESCRIÇÃO DO PROJETO	33
4.1 – Barragem de terra.....	34
4.2 – Vertedouro	37
4.3 – Tomada d'água.....	37
5.0 – EQUIPAMENTOS MÍNIMOS	38
6.0 – RESUMO FINANCEIRO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

Lista de figuras

Figura 1.2 – Localização e acesso	9
Figura 3.1.1 – Quadricula 03S42 – INPE - TOPODATA	16
Figura 3.1.5 – Interface do aplicativo Pilot.....	18
Figura 3.3.1.1: Bacia hidrográfica do Açude Oitis.....	26
Figura 3.3.3 – Polígonos de Thiessen sobre área de influência da bacia hidrográfica	28
Figura 3.3.4 - Gráfico representativo da vazão afluente com recorrências.	31
Figura 3.3.5 – Representação gráfica da cota x volume	32
Figura 4.1a – Barragem de terra homogênea.....	34
Figura 4.1b – Barragem de terra zoneada (abraço dos muros do vertedouro).....	35
Figura 4.1c – Detalhe do muro lateral do vertedouro (seção máxima)	36

Lista de tabelas

Quadro 3.1.6 – Relação de marcos de concreto implantados	19
Quadro 3.1.7 - Locação e cotas do eixo principal da barragem Oitis	20
Quadro 3.2.2.1 – Lista de sondagens realizadas	22
Quadro 3.3.3a – Série de precipitações máximas diárias a cada ano	28
Quadro 3.3.3b – Área de influência de cada posto pluviométrico.....	28
Quadro 3.3.3c – Precipitações máximas diárias anual em cada posto de influência.	30
Quadro 3.3.4 – Hidrograma das cheias	31
Quadro 3.3.5 – Cota volume do reservatório.....	32
Quadro 3.3.6 – Resumo da hidrologia	33
Quadro 5.1 – Equipamentos mínimos para o Laboratório	39
Quadro 5.2 – Equipamentos mínimos	40
Quadro 6.1 – Resumo financeiro	40

APRESENTAÇÃO

A empresa de Consultoria e Engenharia Maximino dos Santos & Cia Ltda, no âmbito do contrato Nº 11/SRH/CE/2023 assinado em 27/01/2024, com publicação em 20/02/2024 com ordem serviço nº 02/2024/SRH emitida em 05/02/2024 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 ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MUCAMBO/GRAÇA, NO ESTADO DO CEARÁ

Os estudos desenvolvidos, em atendimento ao Termo de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem 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 Geológico-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

O presente relatório refere-se ao Relatório de Detalhamento de Projeto Executivo, **Fase C – Volume 6: Relatório Síntese.**

1 – INTRODUÇÃO

O presente relatório é um produto da atividade de gerenciamento do contrato do PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM OITIS, objeto do Contrato Nº 11/SRH/CE/2023, que tem como meta a “Contratação de Serviços de Consultoria para a Elaboração dos Estudos Básicos e Concepção, Estudos 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

O presente documento tem como objetivo apresentar uma síntese do Projeto Executivo da Barragem Oitis.

Este documento foi desenvolvido abordando os seguintes capítulos:

Localização e Acessos;

Ficha Técnica da Obra;

Lista de Desenhos;

Descrição Geral do Projeto da Barragem;

Canteiro de Obra;

Equipamento Mínimo;

Resumo dos Investimentos

1.1 – Contextualização do Projeto da Barragem

A Construção do Açude Oitis é uma reivindicação antiga da população local, em virtude da necessidade de um reservatório que acumulasse água no período chuvoso, que se concentra entre os meses de Janeiro a Junho na região Norte do Estado do Ceará.

No restante dos meses do ano, é predominante o clima seco, sem ocorrências significativas de precipitações, característico do Nordeste do Brasil, região semiárida, com chuvas irregulares e com períodos prolongados de seca.

Logo, o principal objetivo da construção da Barragem Oitis, é para sedentação humana e animal, podendo vir a contribuir na oferta d’água necessária a atividades como a agricultura e, outras atividades econômicas possibilitadas pelo acesso a água.

O Ceará, em particular, enfrenta desafios significativos relacionados à escassez de água.

A construção de uma obra de infraestrutura hídrica, como açudes e sistemas de irrigação, é uma estratégia comum para lidar com a falta de água. Além disso, programas de conscientização sobre o uso eficiente da água e a implementação de tecnologias sustentáveis são fundamentais para enfrentar a escassez hídrica.

A aprimoração do fornecimento de água para diversas finalidades é uma ação essencial para o progresso regional. Dentro desse cenário, a implementação de barragens não apenas se configura como uma alternativa para lidar com as secas recorrentes, mas também como uma estratégia de convivência com essa condição desafiadoras, visando melhorar as circunstâncias adversas.

1.2 – Localização e Acesso

A barragem Oitis será formada pelo barramento do riacho Oitis tributário dos rios Jaibaras e Acaraú, respectivamente, distante 5,0 km da sede municipal de Mucambo, no Estado do Ceará.

A localização da referida barragem está materializada por 04 (quatro) marcos de concreto implantados próximos ao eixo do barramento proposto, georreferenciados pelo Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), implantado no ano de 2000 (SIRGAS 2000), conforme a descrição abaixo:

Marco M1: localizado na ombreira esquerda, Estaca 21+1,01, georreferenciado pelas coordenadas: E: 305.500,224, e N: 9.562.802,691 e, elevação (cota) igual a 157,840 m;

Marco M2: localizado na ombreira esquerda, Est. 20+17,37 a 37,87 do eixo. Georreferenciado pelas coordenadas: E: 305.467,459 e N: 9.562.821,999 e, elevação (cota) igual a 157,975 m;

Marco M3: localizado na ombreira direita, -28,61 m da Est. 0+0,00 e deslocamento lateral para direita com 2,68m em relação a projeção do eixo. Georreferenciado pelas coordenadas: E: 305.234,930 e N: 9.562.439,279 e, elevação (cota) igual a 162,302 m;

Marco M4: localizado na ombreira direita, -77,67 m da Est. 0+0,00 e deslocamento lateral para esquerda de 10,71m em relação a projeção do eixo. Georreferenciado pelas coordenadas: E: 305.195,012 e N: 9.562.407,797 e, elevação (cota) igual a 162,869 m.

O sítio do barramento localiza-se no riacho Oitis, afluente do rio Jaibaras, e por sua vez afluente do rio Acaraú. O acesso ao local da obra poderá ser feito a partir de Fortaleza pela Rodovia BR 222 até a localidade de Aprazível, km 250. Neste local toma-se à esquerda pela CE 321, em direção a cidade de Mucambo percorrendo 36 km. De Mucambo prossegue-se por uma estrada carroçável percorrendo-se à distância de 5,0 km até o local do barramento. A extensão total será de aproximadamente de 280 km. Outro acesso ao local do barramento poderá ser feito através da Rodovia BR 020 até Canindé (105 km), prosseguindo pela CE 257 até a cidade de Santa Quitéria (104 km), daí, seguindo para Varjota e Reriutaba pela CE 366. O acesso ao barramento continua pela CE 253 passando por Pacujá, indo até Mucambo. Deste ponto, segue por estrada carroçável até o barramento, percorrendo 5,0 km de extensão. O total do percurso será igual a 310 km. Ver Figura 1.2 – Localização e Acesso.

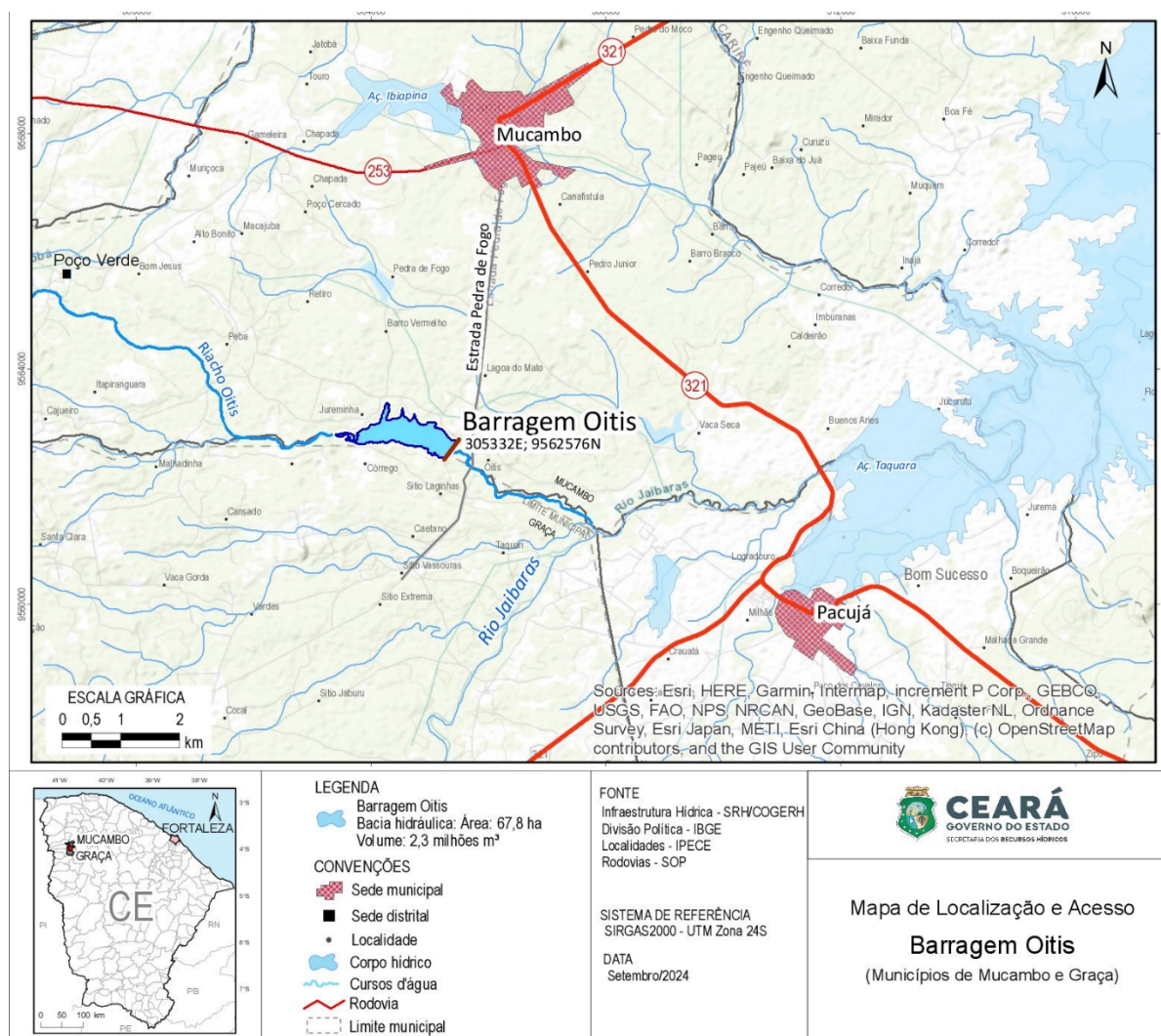


Figura 1.2 – Localização e acesso

1.3 – Características Técnicas da Barragem Oitis

Identificação

Denominação: Barragem Oitis
Estado: Ceará
Município: Mucambo
Rio Barrado: Riacho Oitis
Coordenadas (Est 07 do eixo): E:305.332,98 N: 9.562.576,48
Proprietário: Estado do Ceará
Autor do projeto: Max Consultoria
Data do projeto: novembro/2024

Bacia Hidrográfica

Área: 34,83 km²
Precipitação média anual: 1.261 mm
Evaporação média mensal (FUNCEME): 195,31 mm

Características do reservatório

Área da bacia Hidráulica (cota 154): 67,83 ha
Volume acumulado (cota 154,00 m): 2.341.913,19 m³
Volume afluente médio anual: 7.294.338,23 m³/ano
Volume morto do reservatório (cota 148,00m): 118.636,40 m³
Vazão regularizada: (90%): 0,035 m³/s/ano
Vazão afluente máx. de projeto (TR=1.000anos): 239,26 m³/s
Vazão efluente (TR=1.000anos): 212,96 m³/s
Vazão afluente de verificação (TR=10.000anos): 300,97 m³/s
Vazão efluente de verificação (TR=10.000anos): 273,81 m³/s
Nível máximo (cota de soleira): 154,00 m
Nível d'água máx. maximorum (TR=1.000anos): 155,56 m
Nível d'água máx. maximorum (TR=10.000anos): 155,84 m

Barragem

Tipo: Terra homogênea
Altura máxima: 13,00 m

Largura do coroamento:	6,00 m
Cota do coroamento:	157,00 m
Cota da soleira:	154,00 m
Cota do leito do riacho:	144,00 m
Volume de escavação do expurgo ($\approx 1,00$ m):	15.517,10 m ³
Volume de escavação da fundação:	13.851,05 m ³
Volume do maciço:	67.701,90 m ³
Volume de reaterro da fundação:	13.851,05 m ³
Volume de enrocamento (Rip-Rao e Rock-Fill):	5.185,55 m ³
Volume das transições (brita):	4.742,60 m ³
Volume de areia (filtro e transições):	5.585,35 m ³
Inclinação do talude de montante:	1,0 v: 2,0 h
Inclinação do talude de jusante:	1,0 v: 2,0 h

Tomada d'água

Tipo:	Galeria tubular com controle a jusante
Localização:	Ombreira esquerda E-16+10
Diâmetro:	300 mm
Comprimento da tubulação:	48,00 m
Cota da geratriz inferior a montante:	147,850 m
Cota da geratriz inferior a jusante:	147,850 m
Volume de escavação (incluindo os canais):	3.504,19 m ³
Volume de concreto de regularização:	6,60 m ³
Volume de concreto armado (com caixas):	50,44 m ³
Comprimento total incluindo entrada e saída:	56,67 m
Vazão média:	0,26 m ³ /s
Tempo estimado para esvaziamento total do reservatório:	91,32 dias

Vertedouro

Tipo:	Perfil Creager com bacia de dissipação
Localização:	Região central do maciço Est.6+0,00 a 8+10,00
Largura:	50,00 m

Cota de soleira: 154,00 m
 Altura do muro Creager (em relação ao TN): 7,85 m
 Profundidade de fundação do muro Creager:..... ≈9,18 m
 Vazão máxima de projeto amortecida (10.000anos) : 273,81 m³/s
 Lâmina máxima Prevista (T.R=1.000anos):..... 1,56 m
 Lâmina máxima Prevista (T.R=10.000anos):..... 1,84 m
 Borda livre (T.R=1.000 anos):..... 1,44 m
 Borda livre (T.R=10.000 anos):..... 1,16 m
 Coeficiente de descarga (Co): 2,10
 Volume de concreto massa do Creager: 6.784,50 m³

Canal de restituição

Tipo:..... Canal escavado em solo
 Largura: 50,00 m
 Extensão:..... 285,00m
 Volume de escavação comum:..... 30.126,45 m³

Muros de contenção lateral

Tipo:..... Concreto massa
 Altura máxima:..... 15,05 m
 Extensão lado esquerdo: 58,45 m
 Extensão lado direito: 58,45 m
 Volume de concreto massa: 10.918,77 m³

Bacia de dissipação

Extensão:..... 18,00 m
 Largura: 50,00 m
 Material:..... Concreto armado

2 – LISTA DE DESENHOS

A Tabela abaixo, demonstra a numeração da lista de desenhos.

Nº	Nome do arquivo	Descrição
	BARRAGEM	
01	01-BO-PE-GE-BH-01	Bacia Hidráulica
02	02-BO-PE-PB-EX	Planta baixa do barramento com detalhes das estruturas
03	03-BO-PE-PLBA	Perfil Longitudinal e seção tipo do barramento de terra
04	04-BO-PE-SEC-ATER	Seções tipo de aterro est. 01+0,00 a 04+10,00
05	05-BO-PE-SEC-ATER	Seções tipo de aterro est. 05+10,00 a 06+10,00 e 08+10,00 a 10+10,00
06	06-BO-PE-SEC-ATER	Seções tipo de aterro est. 11+0,00 a 13+10,00
07	07-BO-PE-SEC-ATER	Seções tipo de aterro est. 14+0,00 a 17+10,00
08	08-BO-PE-SEC-ATER	Seções tipo de aterro est. 18+0,00 a 20+10,00
	SANGRADOURO	
09	09-BO-PE-SANG-PBPL	Planta perfil do sangradouro
10	10-BO-PE-SANG-DET	Detalhe geral do Creager e muros laterais
11	11-BO-PE-SANG-ARM1	Detalhe das armaduras de fissuração do Creager, Bacia de Dissipação e Chumbadores
12	12-BO-PE-SANG-ARM2	Armaduras da bacia de dissipação e locação dos chumbadores
13	13-BO-PE-SANG-SEC1	Seções transversais do Canal do Sangradouro. Est 04+0,00 a 12+10,00
14	14-BO-PE-SANG-SEC2	Seções transversais do Canal do Sangradouro. Est 13+0,00 a 20+0,00
	TOMADA D'ÁGUA	
15	15-BO-PE-TDA-PLPF	Planta perfil da tomada d'água
16	16 -BO-PE-TDA-DET	Detalhe geral da tomada d'água
17	17-BO-PE-TDA-DET	Caixa de montante e caixa de dissipação da tomada d'água, formas

Nº	Nome do arquivo	Descrição
18	18-BO-PE-DTA-CXM	Caixa de aproximação - Armaduras
19	19-BO-PE-TDA-CXJ	Caixa de dissipação - Armaduras
20	20 -BO-PE-TDA-DET	Detalhe geral da galeria da tomada d'água
21	21 -BO-PE-TDA-SEC	Seções transversais de escavação
22	22 -BO-PE-TDA-SEC	Seções transversais, reaterro com solo e areia
	GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	
23	23-BO-PB-EG-23	Planta perfil estudo geológico
24	24-BO-PB-EG-24	Planta de localização das jazidas
	DETALHES	
25	25-BO-PE-INS-DET	Detalhe de instalação dos piezômetros e marcos
26	26-BO-PE-CER-DET	Detalha de implantação das cercas

3 – SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

Os Estudos Básicos desenvolvidos em campo e no escritório de apoio foram planejados na fase de identificação das obras que compuseram o estudo de viabilidade técnica, sendo considerados necessários para a elaboração de alternativas à barragem no local selecionado.

Assim, de forma definitiva, foram estudados todos os fatores físicos que poderiam influenciar o tipo de barramento a ser adotado para barrar o Rio Oitis nas proximidades do local desejado, com seu arranjo em planta e a disposição das obras complementares ao barramento, quais sejam o vertedouro e a tomada d'água.

A conclusão dos Estudos Básicos permite a análise e interpretação dos dados levantados e inferidos. A seguir são resumidos estudos relacionados diretamente à concepção de alternativas de barramento, quais sejam os Estudos Cartográficos e Topográficos, os Estudos Geológicos e Geotécnicos e os Estudos Hidrológicos

3.1 – Estudos topográficos e cartográficos

A evolução tecnológica através do uso de mapas gerados a partir imagens georreferenciadas por satélites, é muito eficiente para elaboração de um anteprojeto voltado para construção de um barramento num determinado córrego, pois, hoje dispomos de forma bastante acessível a softwares gratuitos tipo QGis, capazes de processar dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com precisão necessária para delimitar uma bacia hidrográfica de forma mais eficiente comparado a uma análise direta de cartografias manuais.

Tomando como ponto de partida, cartas SRTM disponibilizadas no Banco de Dados Topodata - INPE, que utiliza dados da USGS (*United States Geological Survey*) veiculados na rede de dados mundial.

. A construção de um reservatório tem sempre fatores limitantes para sua construção, dentre os principais, podemos destacar a impossibilidade geológica, topográfica e/ou econômica, dentre outras.

Com análise de elementos levantados inicialmente através do banco de dados descrito acima, foi possível determinar um anteprojeto que apontou o local adotado como sendo a principal alternativa para implantação da Barragem Oitis.

O principal fator limitante observado inicialmente, é topográfico. O local do barramento não possibilita muitas opções de deslocamentos ao longo da calha do riacho Oitis.

A montante e a direita do riacho, existem vários imóveis limitando a altura de coluna d'água, pois afetaria diretamente a vida social destas comunidades.

O deslocamento a jusante, demonstrou-se inviável pois afetaria uma estrada que dá acesso a várias comunidades e não teria ombreira suficiente por se aproximar do Rio Jaibaras.

3.1.1 – Cartografia Disponível

Inicialmente, para os estudos cartográficos da Barragem Oitis, foram utilizadas cartas SRTM disponíveis no banco de dados do INPI – TOPODATA.

Os dados estão todos estruturados em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude. Na versão atual, os arquivos estão nomeados seguindo-se uma única notação para cada conjunto de uma mesma folha. As folhas estão identificadas seguindo o prefixo de 6 letras LAHLON, em

que é a latitude (LA) do canto superior esquerdo da quadrícula, H refere-se ao hemisfério desta posição (S, Sul, ou N, Norte) e sua longitude (LON), na seguinte notação: nn5 quando longitude for nn graus e 30' e nn quando a coordenada for nn graus inteiros. O mapa abaixo apresenta a articulação das folhas com os respectivos prefixos.

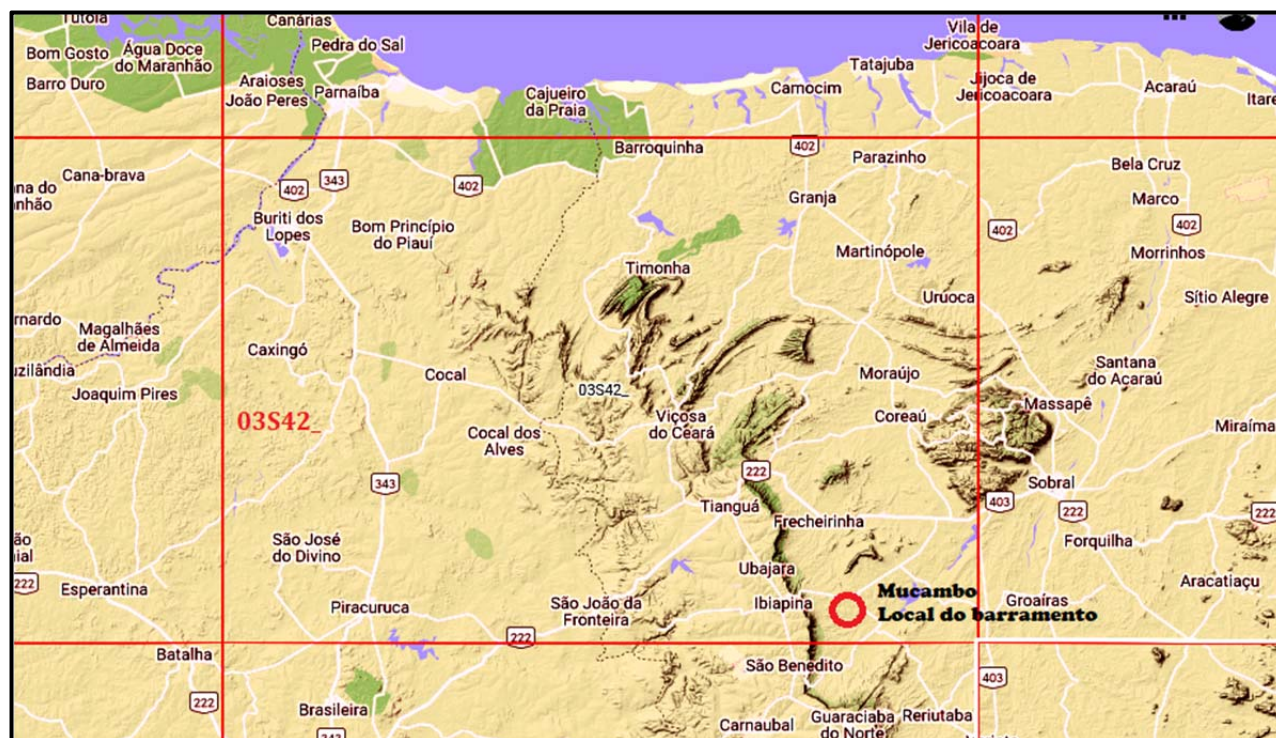


Figura 3.1.1 – Quadrícula 03S42 – INPE - TOPODATA

3.1.2 – Análise da Documentação Cartográfica

Para uma melhor avaliação topográfica do local indicado pela SRH-CE, embora que de modo expedito, mais em primeira aproximação, foi gerado o MDT utilizando a cartografia SRTM

Empregando ferramentas computacionais QGis, gerou-se um Modelo Digital do Terreno – MDT, da área de estudo, com curvas altimétricas interpoladas a cada um metro, embora a precisão desse tipo de análise seja de até 30m, mas permite uma primeira aproximação dos eixos para a escolha do barramento.

A partir da carta topográfica gerada (SRTM + Google Earth), foi possível identificar, em primeira aproximação, os eixos alternativos ao eixo indicado pela SRH-CE, delimitar as bacias hidrográficas e hidráulicas e determinar as curvas: cota x área x volume acumulado

do eixo.

3.1.3 – Estudos Cartográficos

O Serviço teve como base a Área de interesse apresentada no Edital e que abrange um polígono de 3,0 km², conforme as definições de coordenadas abaixo:

- ✓ Ponto 1: 305.700,00E, e 9.562.520,00N;
- ✓ Ponto 2: 302.560,00E, e 9.562.280,00N;
- ✓ Ponto 3: 302.560,00E, e 9.563.200,00N;
- ✓ Ponto 4: 306.000,00E, e 9.562.800,00N.

Os pontos 1, 2, 3 e 4 representados pelas coordenadas acima estarão indicados no Edital, para ser executado o Levantamento Aerofotogramétrico. A empresa Max Serviços Ambientais baseou-se, inicialmente, na cartografia SRTM – “Shuttle Radar Topography Mission” elaboradas pela NASA e NIMA, para demarcação mais objetiva da área a ser voada.

3.1.4 – Planejamento do Apoio de Campo

Com base nos locais previamente escolhidos conforme análise inicial acima, foi feito um estudo da área da poligonal utilizando o software google earth para marcar a posição dos pontos de apoio e o planejamento das missões, determinando a quantidade e o local de sua execução. É estudado também a logística do trajeto, tendo em vista as opções de estrada de acessos.

3.1.5 – Levantamento de Campo

O levantamento de campo realizado englobou as seguintes atividades:

1. Captação de Pontos de Controle
 - Mobilização e deslocamento da equipe para os locais dos pontos de apoio marcados previamente;
 - Marcação dos pontos conforme indicação inequívoca da localização para serem medidos, constando da indicação detalhada da feição correspondente no croqui de localização;
 - Rastreio dos pontos materializados para servir de apoio ao aerolevantamento. Foram utilizados nesta atividade receptores GPS geodésico;

- Medição georreferenciada ao Sistema Geodésico Brasileiro dos pontos de controle para apoio terrestre do mapeamento por imagens, com receptores GPS geodésico e topográfico.
2. Após os alvos serem devidamente marcados e medidos é dado o início os voos de Drone, seguindo a logística de execução das missões programadas e devidamente configuradas com os parâmetros adequados para o aerolevantamento; tais como a altura de voo, o tipo de câmera do drone, a sobreposição das imagens e a velocidade do voo. Para execução das missões foi utilizado o aplicativo “Pilot” da própria fabricante do drone.

Na Figura 3.1.5 mostra o trajeto que o drone vai fazer já com as configurações inseridas no aplicativo PILOT.

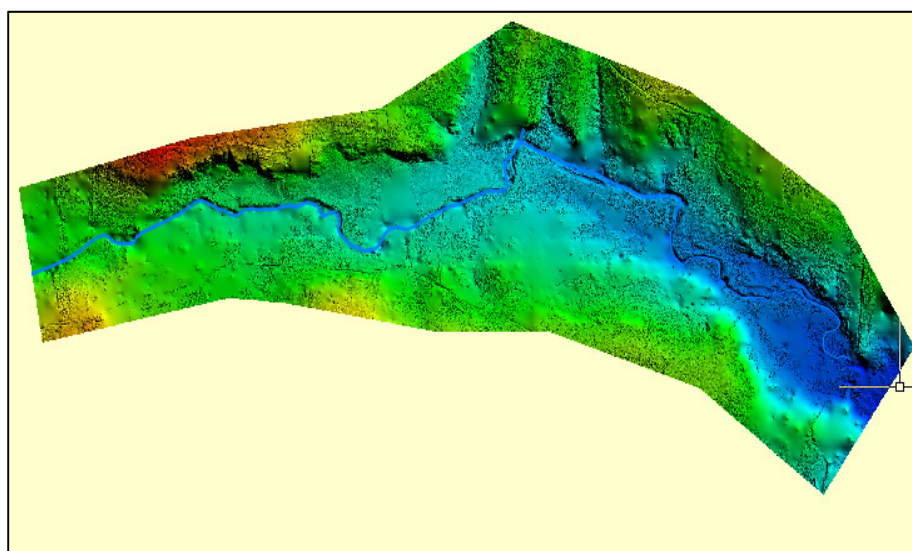


Figura 3.1.5 – Interface do aplicativo Pilot

3.1.6 – Elementos produzidos

Como base de apoio ao levantamento aerofotogramétrico, foram instalados marcos de concreto e rastreado no sistema geodésico brasileiro, configurado no Sistema de Referência Geocêntrico SIRGAS 2000 e Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) Zona 24S.

O levantamento possibilitou a elaboração de um Modelo Digital de Terreno - MDT mais preciso, que possibilita a estimativa real dos quantitativos a serem empregados na fase de

construção do empreendimento.

A tabela abaixo, é a lista de marcos de concreto implantado que serviram como apoio ao levantamento primário e como amarração do projeto na fase construtiva. Todas as bases foram corrigidas utilizando-se a metodologia do IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso ou Posicionamento Absoluto Preciso), que é um serviço on-line gratuito para o pós-processamento de dados GPS (Global Positioning System).

Marco	Localização	Coordenadas		Elevação (cota)m
		Este	Norte	
Base	L.E da estrada Vicinal Mucambo/localidades (casa Sr. Murilo)	305.768,992	9.562.429,036	152,400
M1	Localizado na omb. esquerda, Estaca (21+1,01).	305.500,224	9.562.802,691	157,840
M2	Localizado na omb. esquerda, Est 20+17,37 a 37,87m do eixo.	305.467,459	9.562.821,999	157,975
M3	Localizado na ombreira direita, -28,61m da Est. 0+00, a 2,68 LD.	305.234,930	9.562.439,279	162,302
M4	Localizado na ombreira direita, -77,67m da Est. 0+00, a 10,71m LE	305.195,012	9.562.407,797	162,869

Quadro 3.1.6 – Relação de marcos de concreto implantados

3.1.7 – Levantamento da barragem e o vertedouro

O levantamento do eixo da barragem teve como base o levantamento de dois eixos, o primeiro a ser levantado foi o eixo junto a passagem molhada, o segundo eixo foi levantado distante aproximadamente 400,00 m à montante do primeiro eixo.

O levantamento das seções transversais envolvera uma faixa de domínio de 80 metros a montante e a jusante do referido eixo. As seções transversais levantadas em relação ao eixo com pontos cotados, foram feitas a cada 20 metros, de acordo com a faixa de domínio recomendada. Os pontos foram estaqueados, numerados e cotados a cada 20 metros, tendo sido implantadas estacas intermediárias indicando elementos importantes como talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de

inclinação do terreno etc.

Estaca	Norte	Este	Cotas
0+0,000	9.562.463,89	305.249,78	160,639
1+0,000	9.562.479,97	305.261,67	157,005
2+0,000	9.562.496,06	305.273,55	152,410
3+0,000	9.562.512,14	305.285,44	147,909
4+0,000	9.562.528,23	305.297,33	147,110
5+0,000	9.562.544,31	305.309,21	146,545
6+0,000	9.562.560,40	305.321,10	146,463
7+0,000	9.562.576,48	305.332,98	146,188
8+0,000	9.562.592,57	305.344,87	146,460
9+0,000	9.562.608,66	305.356,75	145,885
10+0,000	9.562.624,74	305.368,64	145,933
11+0,000	9.562.640,83	305.380,52	145,724
12+0,000	9.562.656,91	305.392,41	145,384
13+0,000	9.562.673,00	305.404,30	145,428
14+0,000	9.562.689,08	305.416,18	145,692
15+0,000	9.562.705,17	305.428,07	147,305
16+0,000	9.562.721,25	305.439,95	148,797
17+0,000	9.562.737,34	305.451,84	150,319
18+0,000	9.562.753,42	305.463,72	153,798
19+0,000	9.562.769,51	305.475,61	154,944
20+0,000	9.562.785,59	305.487,50	155,898
21+0,000	9.562.801,68	305.499,38	157,703
22+0,000	9.562.817,76	305.511,27	157,463
23+0,000	9.562.833,85	305.523,15	159,384
24+0,000	9.562.849,93	305.535,04	160,450
25+0,000	9.562.866,02	305.546,92	161,221
26+0,000	9.562.882,10	305.558,81	161,962
27+0,000	9.562.898,19	305.570,69	162,615
27+8,070	9.562.904,68	305.575,49	162,844

Quadro 3.1.7 - Locação e cotas do eixo principal da barragem Oitis

3.2 – Estudos Geotécnicos

Para os estudos geotécnicos foram levantadas sondagens SPT e Mistas ao longo da segunda opção de traçado.

Lembrando que para a primeira opção, situada a jusante da segunda, foi realizado apenas

levantamento topográfico de campo e inspeção visual a fim de identificar condicionantes favoráveis ou não a implantação do barramento. Foi descartado a construção do barramento na primeira opção devido ao limitante topográfico, pois o local daria um barramento muito extenso e sem fechamento na ombreira direita, onerando a terraplenagem e com capacidade menor de acumulação.

3.2.1 – Metodologia utilizada para as sondagens

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)”.

Os equipamentos a serem utilizados na execução dos furos foram os convencionais utilizados nas sondagens com retirada de testemunhos em rocha. Durante as sondagens rotativas SM-02, SM-03 e SM-04, foram executados ensaios de perda d’água específica.

3.2.2 – 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 relatório geotécnico 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.

3.2.2.1 – Sondagens realizadas

Para concretização deste objetivo foram realizadas 08 prospecções mecânicas mistas (iniciada por processo percussivo e prosseguida com sonda rotativa), nas posições indicadas no quadro nº 2.2.5.1.

BARRAGEM OITIS						
SONDAGENS NO EIXO DA BARRAGEM E VERTEDOIRO						
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)		6,00			
SM 7	E00(40M Jusante)		12,00			
SM 8	E00(80m Jusante)		6,00			
TOTAL			71,78	15,50		

Quadro 3.2.2.1 – Lista de sondagens realizadas

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.

3.2.2.2 – Considerações

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

- i. Na zona da planície do rio, aproximadamente entre Estacas 5 e 12 (140m de extensão), onde ocorrem sedimentos aluvionares com espessura média de seis (6,0m) de profundidade. Estes sedimentos aluvionares estão em contato com o maciço rochoso caracterizado por rochas de composição granítica (provavelmente granodioritos e sienitos). O nível d'água não foi encontrado na região da calha do riacho Oitis, conforme sondagem SM 3 (E7+10,00m), realizada em 27/01/2024;
- ii. Não foram encontrados materiais argilosos/siltosos de compactidade preocupante em nenhum furo da campanha de sondagem;
- iii. As perdas d'água no ensaio Lugeon indicaram, de um modo geral, valores pouco significativos nas ombreiras e na calha do rio, onde obteve-se o valor de perda d'água específica de 0,213 l/min/m/atm., e Coeficiente de Permeabilidade (k) igual a 2,23 cm/s para a carga efetiva máxima aplicada. Neste caso, o comportamento do fluxo de percolação da água nas fraturas foi predominantemente fechado, sem deformação. Portanto, com base nestes ensaios, é de se prever que o substrato rochoso não deve apresentar valores preocupantes de condutibilidade hidráulica, mesmo na calha do rio.
- iv. Na calha do rio subjacente ao pacote aluvionar, constatou-se a presença de rocha biotita-gnaiss, com veios de quartzito, muito dura com RQD em média de 80%.

3.2.3 – Investigação do local do vertedouro

Como mencionado no item 3.2 – Geologia Local, o vertedouro será construído junto ao maciço de terra, entre as estacas E6+0,00m e E8+10,00 com 50,00m de largura. Assim, as investigações do subsolo do vertedouro foram realizadas no decorrer dos estudos da fundação

3.2.4 – Materiais naturais de construção

Este item trata do estudo das características geotécnicas dos materiais de construção, constituídos por materiais argilosos, areia e rocha, como principais insumos na construção do barramento e vertedouro.

No interior da bacia hidráulica do açude Oitis existem ocorrências de solos argilosos impermeáveis favoráveis à execução do maciço, onde foram estudadas duas jazidas, denominadas de JS-2 e JS-3, localizadas na bacia hidráulica. Fora da área da bacia, foi

estudada a jazida JS-1.

Áreas com ocorrências de solos areno argilosos impermeáveis, com características adequadas à construção de barragens, foram identificadas no interior da bacia hidráulica próximas ao barramento.

Um lastro de areia foi estudado à jusante do barramento, no leito do riacho Taquari, o qual se inicia a 4,9 km do eixo da barragem. Este terraço de areia foi denominado Jazida de Areia (JA 1), com dimensões (200x30x1,70) m apresentando volume igual a 10.200m³, sendo suficiente para o atendimento às necessidades da obra.

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

As sondagens realizadas ao longo do traçado, não identificaram rochas com volume suficiente que pudessem ser aproveitadas para confecção de brita e outros materiais pétreos inertes, necessários a construção do barramento. Como alternativa, o projeto está apontando a pedreira explorada na época da construção do açude Taquara, distante 23,7km do barramento, com coordenadas UTM: 320.167;9.571.941.

Todos os quantitativos que utilizam os insumos de areia, brita e pedra, estão cotados como extraída e produzidos.

3.3 – Estudos Hidrológicos

3.3.1 – Caracterização física da bacia

A bacia do Açude Oitis abrange uma área de 34,83 km², um perímetro de 27,42 km, uma declividade de 12,51* m/km e um comprimento do curso principal de 12,47 km.

Como a nascente do Riacho Oitis se situa no topo da serra da Ibiapada, a inclinação inicial é bastante elevada se comparada ao restante do talvegue. Logo, utilizar o método direto para obtenção da declividade média daria uma majoração enganosa da declinação. O método da compensação das áreas é o mais ideal nesse caso, pois faz uma compensação por peso em seguimentos estudados.

3.3.1.1 – Índice de forma da bacia

A forma superficial de uma bacia hidrográfica está diretamente ligada à sua aptidão para formar ondas de cheias.

Vários índices podem ser utilizados para determinar a forma de bacias, procurando-a relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O fator de compacidade a relaciona com o círculo, enquanto o fator de forma com o retângulo.

A bacia do Açude Oitis abrange uma área de 34,83 km², um perímetro de 27,42 km, uma declividade de 12,51 m/km e um comprimento do curso principal de 12,47 km.

A é a área, P é perímetro e L é o comprimento do principal curso d'água.

temos os seguintes valores:

$K_c = 1,31$ (índice de compacidade) $K_f = 0,22$ (índice de forma)

Quando temos um fator de compacidade que se aproxima a 1, corresponderia a uma bacia circular, e, se outros fatores forem iguais, uma bacia com este índice próximo a 1 teria uma tendência mais acentuada a maiores enchentes. O fator de compacidade da Bacia do riacho Oitis é relativamente próximo a 1, o que indica uma bacia propensa a enchentes rápidas, se comparada com bacias semelhantes com forma mais alongada.

Um fator de forma baixo, indica que uma bacia é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém, com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que uma bacia estreita e longa, com baixo K_c , há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, além de se afastar da condição de bacia circular onde os tributários do curso principal contribuem em um único ponto.

A Figura 3.3.1.1 mostra a bacia do Açude Oitis e as curvas de nível.

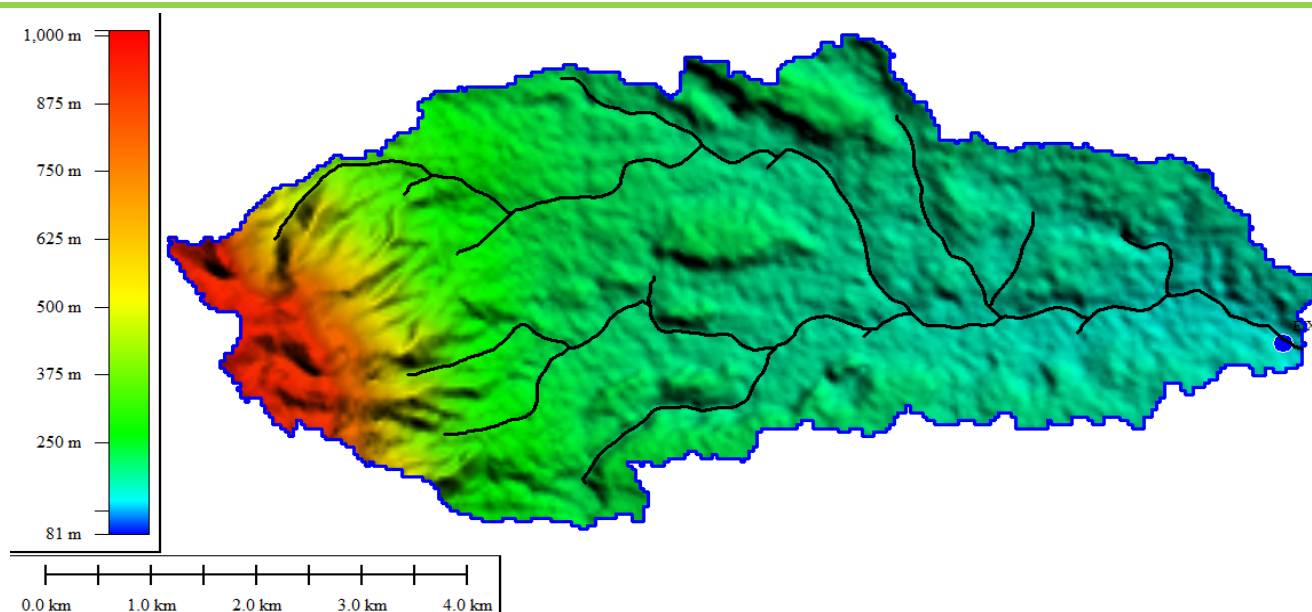


Figura 3.3.1.1: Bacia hidrográfica do Açude Oitis

3.3.2 – Sinópsse climatológica

Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1.262 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	2.145,4 mm
Insolação Média Anual	2.799,1 horas
Umidade Relativa Média Anual	69,3 %
Temperatura Média Anual: Média das Máximas	34,4 °C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	27,2 °C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas	22,1 °C
Classificação Climática	DS2A'a'

3.3.3 – Série pluviométricas

Os principais tipos de precipitações da região são em decorrência da elevação brusca das massas de ar por efeito térmico, ou lenta, quando a massa de ar encontra obstáculos topográficos.

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries anuais de máximos diários.

A bacia hidrográfica da Barragem Oitis está situada entre os postos Mucambo (340023), Ibiapina (340018) e de São Benedito (440030). Os três postos descritos apresentam uma série histórica de precipitações diária satisfatória para elaboração do regime de chuvas.

Para compatibilização das informações dos postos e aplicação dos dados para encontrar o regime diário das chuvas na bacia hidrográfica, foi utilizado o método dos polígonos de Voronoi e/ou Thiessen.

O método de Thiessen, consiste em subdividir a bacia em áreas delimitadas por retas unindo os pontos das estações, dando origem a vários triângulos. Traçando perpendiculares aos lados de cada triângulo, obtêm-se vários polígonos que encerram, cada um, apenas um posto de observação. Admite-se que cada posto seja representativo daquela área onde a altura precipitada é tida como constante. Cada estação recebe um peso pela área que representa em relação à área total da bacia. Se os polígonos abrangem áreas externas à bacia, essas porções devem ser eliminadas no cálculo.

Para encontrar a precipitação média de influência gerada por cada posto, temos a seguinte expressão:

$$P_m = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

Onde:

P_m: Precipitação média

A_i: Área de influência do posto sobre a bacia hidrográfica;

P_i: Precipitação ocorrida no posto

A: Área tota da bacia hidrográfica.

Consultando o banco de dados hidrológicos Hidroweb, da Agência Nacional de Águas, existem 8 postos pluviométricos nas proximidades e no interior da bacia estudada. O quadro apresenta algumas características dos postos selecionados para o estudo.

CÓDIGO	POSTO	OPERADO:	MUNICÍPIO	COORDENADAS		SÉRIE HISTÓRICA	PERÍODO
				LATITUDE	LONGITUDE		
340023	MUCAMBO	FUNCEME	MUCAMBO	-3:54:0	-40:46:0	49 Anos	1974 - 2023
340018	IBIAPINA	FUNCEME	IBIAPINA	-3:55:0	-40:53:0	49 Anos	1974 - 2023
440030	SÃO BENEDITO	FUNCEME	SÃO BENEDITO	-4:04:0	-40:51:0	49 Anos	1974 - 2023

Quadro 3.3.3a – Série de precipitações máximas diárias a cada ano

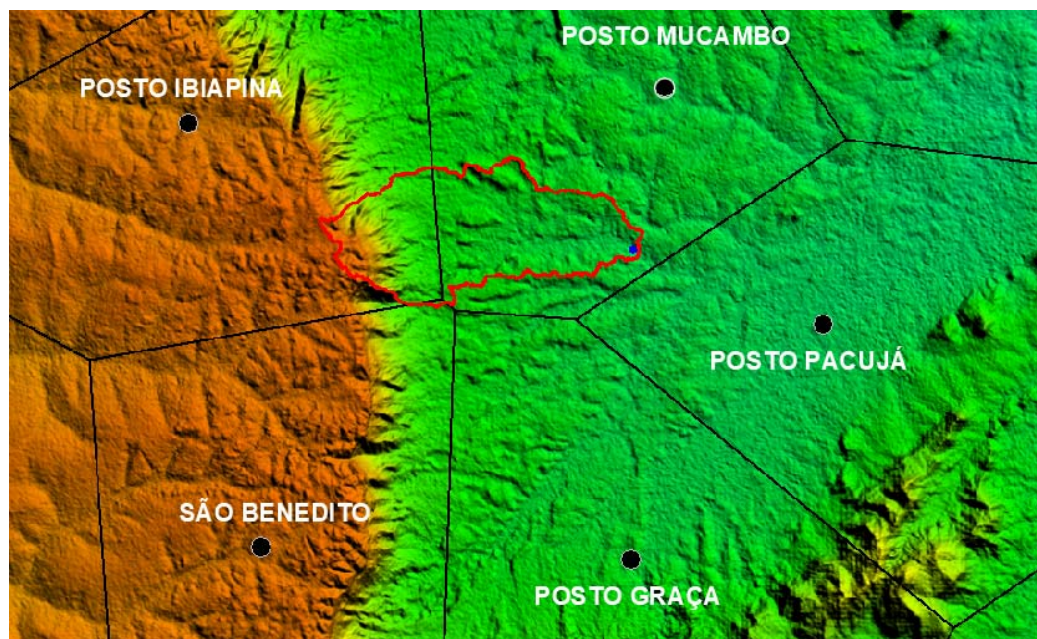


Figura 3.3.3 – Polígonos de Thiessen sobre área de influência da bacia hidrográfica

ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CADA POSTO		
POSTO	ÁREA (Km ²)	PERCENTUAL (%)
MUCAMBO	21,33	61,24%
IBIAPINA	12,30	35,31%
SÃO BENEDITO	1,20	3,45%
TOTAL	34,83	100%

Quadro 3.3.3b – Área de influência de cada posto pluviométrico

Com base nos dados baixados no site da FUNCEME, órgão que mantém o monitoramento sistemáticos dos postos indicados e aplicando método dos polígonos de Thiessen, chegamos a seguinte tabela:

POSTO MUCAMBO			POSTO IBIAPINA			POSTO SÃO BENEDITO			THIESSEN		
ANO	Precipit ação máxima diária anual	Precipit ação máxima anual	ANO	Precipit ação máxima diária anual	Precipit ação máxima anual	ANO	Precipit ação máxima diária anual	Precipit ação máxima anual	ANO	Precipit ação máxima diária anual	Precipit ação máxima anual
1974	57,20	1.664,40	1974	120,00	2.835,30	1974	120,00	2.419,00	1974	81,54	2.103,89
1975	69,60	1.198,50	1975	88,00	1.918,00	1975	54,20	1.439,60	1975	75,57	1.460,89
1976	46,00	823,00	1976	86,00	1.405,00	1976	79,10	1.186,80	1976	61,27	1.041,06
1977	90,00	1.079,70	1977	86,00	1.588,00	1977	84,00	1.120,60	1977	88,38	1.260,61
1978	81,00	969,80	1978	69,00	967,00	1978	90,00	1.012,20	1978	77,07	970,27
1979	80,00	840,60	1979	84,00	1.089,00	1979	73,00	718,70	1979	81,17	924,12
1980	57,00	774,90	1980	103,00	1.394,00	1980	63,10	983,20	1980	73,45	1.000,71

1981	53,80	583,50	1981	88,00	1.068,90	1981	65,00	797,50	1981	66,26	762,29
1982	74,00	871,20	1982	98,00	1.259,10	1982	65,00	1.036,60	1982	82,17	1.013,88
1983	66,60	476,60	1983	121,00	803,00	1983	70,00	564,60	1983	85,93	594,90
1984	61,40	897,00	1984	89,00	2.041,00	1984	74,00	1.790,30	1984	71,58	1.331,77
1985	107,00	2.065,20	1985	125,00	3.230,40	1985	97,00	2.767,80	1985	113,01	2.500,89
1986	100,00	2.120,80	1986	125,00	2.052,00	1986	104,00	1.922,90	1986	108,97	2.089,69
1987	101,00	802,00	1987	86,00	1.271,00	1987	78,00	1.173,10	1987	94,91	980,41
1988	110,00	1.414,50	1988	75,00	2.038,00	1988	76,00	1.635,30	1988	96,47	1.642,29
1989	65,00	1.563,40	1989	90,00	2.113,00	1989	84,10	1.757,80	1989	74,49	1.764,19
1990	92,00	867,00	1990	115,00	1.566,00	1990	99,20	1.245,40	1990	100,37	1.126,88
1991	58,00	877,60	1991	93,00	1.217,00	1991	62,10	887,30	1991	70,50	997,79
1992	48,00	602,80	1992	51,00	765,70	1992	50,30	872,00	1992	49,14	669,60
1993	70,00	494,40	1993	70,00	950,20	1993	112,30	788,20	1993	71,46	665,49
1994	80,00	1.307,60	1994	102,00	2.411,00	1994	64,30	1.719,10	1994	87,23	1.711,44
1995	72,80	1.194,70	1995	102,00	1.981,00	1995	134,20	1.905,00	1995	85,23	1.496,85
1996	75,00	1.208,10	1996	78,00	1.893,00	1996	100,40	1.638,50	1996	76,93	1.464,80
1997	105,00	1.044,90	1997	73,00	1.012,00	1997	59,20	1.022,00	1997	92,12	1.032,49
1998	53,00	645,70	1998	44,00	1.013,00	1998	73,40	956,40	1998	50,52	786,11
1999	83,00	1.143,40	1999	66,00	1.509,00	1999	77,00	1.502,60	1999	76,79	1.284,88
2000	49,00	998,00	2000	140,00	2.030,40	2000	110,00	1.621,00	2000	83,24	1.384,05
2001	93,00	994,00	2001	125,00	1.497,00	2001	81,00	1.172,20	2001	103,89	1.177,77
2002	115,00	945,00	2002	108,00	1.645,00	2002	62,40	1.449,10	2002	110,72	1.209,57
2003	80,00	1.006,00	2003	85,00	1.896,00	2003	74,00	1.488,80	2003	81,56	1.336,93
2004	60,00	1.200,00	2004	110,00	2.338,00	2004	146,00	1.853,70	2004	80,62	1.624,40
2005	63,00	823,00	2005	100,00	1.511,00	2005	65,00	878,50	2005	76,14	1.067,88
2006	46,00	632,00	2006	125,00	1.790,00	2006	71,00	1.164,60	2006	74,76	1.059,29
2007	93,00	931,10	2007	80,00	1.269,60	2007	61,00	1.123,10	2007	87,31	1.057,25
2008	124,00	887,00	2008	115,00	1.977,00	2008	114,20	1.554,30	2008	120,48	1.294,92
2009	105,00	1.705,00	2009	150,00	2.372,00	2009	114,00	2.399,90	2009	121,20	1.964,49
2010	205,00	1.073,00	2010	80,00	1.464,00	2010	121,00	1.003,90	2010	157,96	1.208,70
2011	90,00	1.186,00	2011	150,00	2.382,00	2011	105,00	1.825,60	2011	111,71	1.630,40
2012	80,00	629,00	2012	75,00	1.116,00	2012	70,00	587,30	2012	77,89	799,54
2013	108,00	807,00	2013	80,00	1.606,00	2013	69,60	1.045,00	2013	96,79	1.097,36
2014	55,00	638,00	2014	120,00	1.705,00	2014	79,40	1.201,20	2014	78,80	1.034,21
2015	75,00	626,00	2015	125,00	1.610,50	2015	86,80	1.143,70	2015	93,06	991,51
2016	70,00	674,00	2016	78,50	1.486,60	2016	46,00	1.154,20	2016	72,17	977,51
2017	60,00	909,00	2017	88,80	1.633,60	2017	49,00	1.215,50	2017	69,79	1.175,45
2018	75,00	990,00	2018	120,00	2.346,60	2018	87,40	1.348,40	2018	91,32	1.481,42
2019	56,00	992,00	2019	126,00	2.467,50	2019	69,00	1.536,60	2019	81,17	1.531,83
2020	52,00	1.032,00	2020	106,00	1.973,10	2020	91,20	1.513,00	2020	72,42	1.380,92
2021	125,00	1.049,00	2021	115,50	1.648,70	2021	74,60	1.709,70	2021	119,91	1.283,54
2022	60,00	1.145,00	2022	98,00	1.902,20	2022	93,40	1.729,60	2022	74,57	1.432,54
2023	80,00	870,00	2023	115,00	1.726,60	2023	80,00	1.561,20	2023	92,36	1.196,32
MÉDIA	79,51	1.005,45	MÉDIA	98,86	1.695,70	MÉDIA	82,60	1.362,85	MÉDIA	86,45	1.261,52
D. PADRÃO	27,82	353,53	D. PADRÃO	23,71	526,61	D. PADRÃO	22,29	466,08	D. PADRÃO	19,40	389,49

Quadro 3.3.3c – Precipitações máximas diárias anual em cada posto de influência.

3.3.4 - Hidrograma Total Afluente

Utilizando o método do diagrama triangular unitário (apresentado no relatório volume 4 – estudos hidrológicos – estudos básicos), calculou-se o hidrograma das cheias (volume afluente) com períodos de retorno de 100, 1.000 e 10.000 anos, demonstradas no quadro abaixo.

Hidrograma das cheias – Volume Afluente (m³/s)				
TEMPO (HORAS)	HIDROGRAMA UNITÁRIO	Período de retorno		
		TR=100anos (P _e =40,93mm)	TR=1000anos (P _e =58,35mm)	TR=10.000anos (P _e =75,07mm)
0	0	0	0	0
0,25	0,41	20,69	28,48	35,83
0,5	0,82	41,38	56,97	71,66
0,75	1,23	62,07	85,45	107,49
1	1,64	82,76	113,93	143,32
1,25	2,05	103,45	142,42	179,15
1,5	2,47	124,14	170,90	214,98
1,75	2,88	144,83	199,38	250,81
2	3,29	165,52	227,87	286,64
2,1	3,45	173,80	239,26	300,97
2,25	3,30	166,36	229,03	288,10
2,5	3,06	153,97	211,97	266,64
2,75	2,81	141,59	194,91	245,19
3	2,57	129,20	177,86	223,73
3,25	2,32	116,81	160,80	202,28
3,5	2,07	104,42	143,75	180,82
3,75	1,83	92,03	126,69	159,37
4	1,58	79,64	109,63	137,91
4,25	1,34	67,25	92,58	116,46
4,5	1,09	54,86	75,52	95,00
4,75	0,84	42,47	58,47	73,55
5	0,60	30,08	41,41	52,09
5,25	0,35	17,69	24,36	30,64

5,5	0,11	5,30	7,30	9,18
-----	------	------	------	------

Quadro 3.3.4 – Hidrograma das cheias

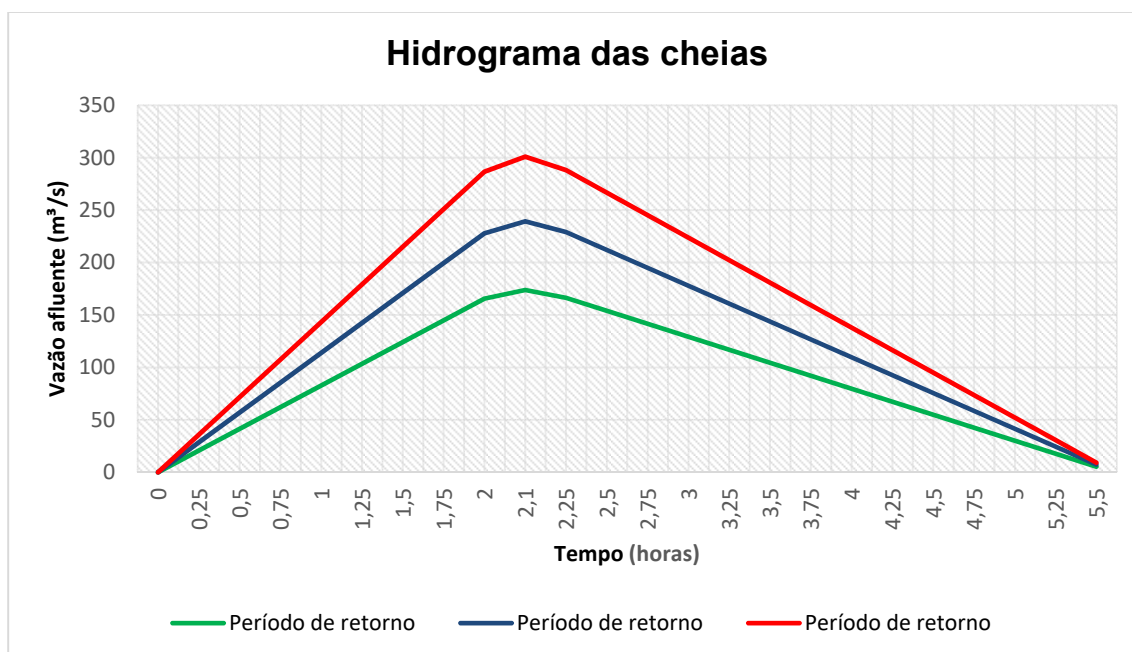


Figura 3.3.4 - Gráfico representativo da vazão afluyente com recorrências.

O gráfico acima, representa a demonstração gráfica do quadro de distribuição do Diagrama Triangular para cálculo da vazão máxima afluyente. O tempo de pico, com 2,1 horas de duração, representa o tempo máximo ascendente em que a vazão no exultório se eleva até iniciar seu declínio.

3.3.5 – Volume de acumulação do reservatório

O diagrama Cota x Área x Volume e o valor do volume médio afluyente anual calculado constituem os parâmetros básicos para a determinação da capacidade de acumulação do reservatório.

Se a topografia do local barrado permitir, pode-se adotar um volume de acumulação igual a 2 ou 3 vezes o volume médio afluyente anual calculado.

O açude Oitis tem como limitação construtiva a topografia da região, por se situar numa região bastante habitada com várias construções e pela diferença de altura das ombreiras.

Assim, determina-se a capacidade do reservatório, definindo sua cota de armazenamento máximo, através do diagrama Cota x Área x Volume apresentado na figura 3.3.5 e quadro 3.3.5 a seguir.

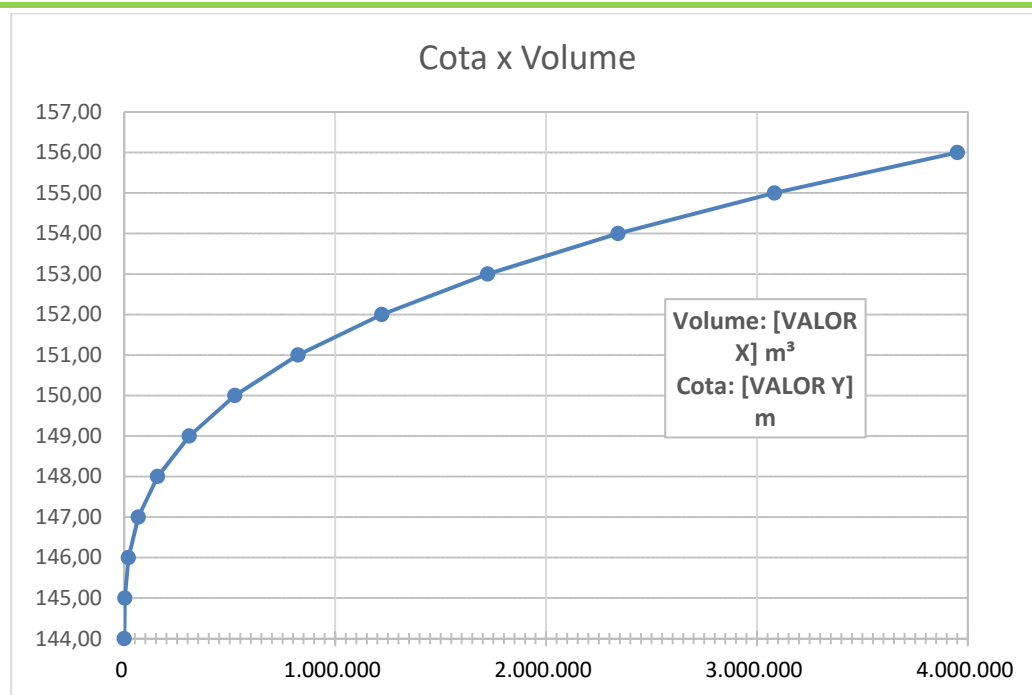


Figura 3.3.5 – Representação gráfica da cota x volume

COTA X VOLUME - AÇUDE OITIS - MUCAMBO-CE			
COTA	ÁREA	VOLUME PARCIAL	VOLUME ACUMULADO
144,00	0,00		0,00
145,00	5.345,26	2.672,63	2.672,63
146,00	28.814,00	17.079,63	19.752,26
147,00	64.676,18	46.745,09	66.497,35
148,00	118.636,40	91.656,29	158.153,64
149,00	182.027,05	150.331,73	308.485,37
150,00	249.699,08	215.863,07	524.348,43
151,00	350.088,72	299.893,90	824.242,33
152,00	443.670,08	396.879,40	1.221.121,73
153,00	559.803,21	501.736,64	1.722.858,37
154,00	678.306,44	619.054,82	2.341.913,19
155,00	805.187,65	741.747,05	3.083.660,24
156,00	929.072,24	867.129,94	3.950.790,18

Quadro 3.3.5 – Cota volume do reservatório

3.3.6 – Conclusão da Hidrologia

O quadro abaixo representa o resumo da hidrologia.

OBRA: Açude Oitis		
Largura do sangradouro =50,00m Cota de Soleira: 154,00m	Tempo de Recorrência 1.000 anos (m³/s)	Tempo de Recorrência 10.000 anos (m³/s)
Vazão Afluente (m³/s)	239,26	300,97
Vazão Efluente (m³/s)	212,96	273,81
Lâmina Máxima	1,56	1,84
Vazão Regularizada	0,035 m³/s/ano	

Quadro 3.3.6 – Resumo da hidrologia

Com base nos resultados obtidos, serão tomados para o dimensionamento do vertedouro, os valores correspondentes ao período de retorno de 1.000 anos:

- Volume Afluente: $\cong 7.294.338,23 \text{ m}^3$
- Descarga Máxima Afluente: $Q_a = 239,26 \text{ m}^3/\text{s}$
- Cota da soleira: 154,00
- Acumulação Máxima: $= 2.341.913,19^3$
- Largura do Sangradouro: 50,00 m
- Descarga Máxima Milenar Efluente: $Q_{1.000} = 212,96 \text{ m}^3/\text{s}$
- Lâmina Máxima Prevista: 1,56 m
- Folga (nível de soleira): 1,44 m

4 – DESCRIÇÃO DO PROJETO

Neste item, apresenta-se inicialmente, os fatores físicos que preponderaram na elaboração de alternativas às obras da barragem, vertedouro e tomada d'água. Estes fatores compreendem a interpretação dos resultados dos estudos de campo, que sugerem possibilidades que são analisadas.

A topografia do local das obras permite a análise das possibilidades para o tipo de

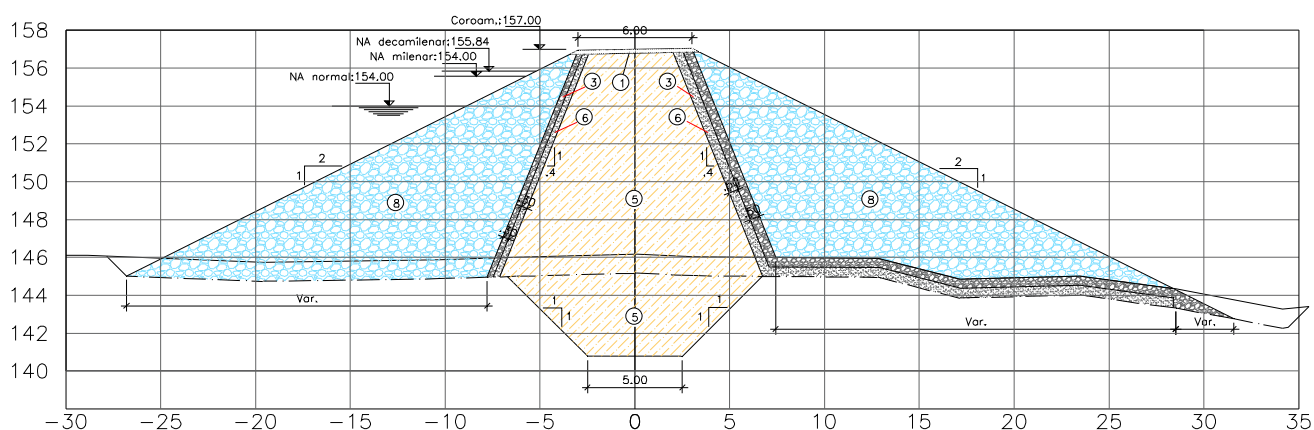


Figura 4.1b – Barragem de terra zoneada (abraço dos muros do vertedouro)

Parindo das seções demonstradas acima, temos as seguintes localizações:

Homogênea: est. 1+0,00 a 4+10,00; 10+0,00 a 20+10,00

Mista (transição da homogênea para enrocamento com núcleo argiloso): est. 5+0,00 a 6+0,00; 8+10,00 a 9+10,00

Um dos problemas encontrados em transições de barragens de solo mistas com intervalos de concreto é quanto a percolação d'água imediatamente no contato entre os dois materiais, aliado a isso, temos dois materiais com coeficiente de elasticidade e comportamento diferentes quanto retrações, podendo ocorrer um descolamento entre ambos. Para minimizar esse efeito, temos que criar mecanismos que dificultem, aumentando o caminho percorrido pela d'água internamente no maciço. Será construído um degrau na parte central do muro, com espessura de 1,20 m.

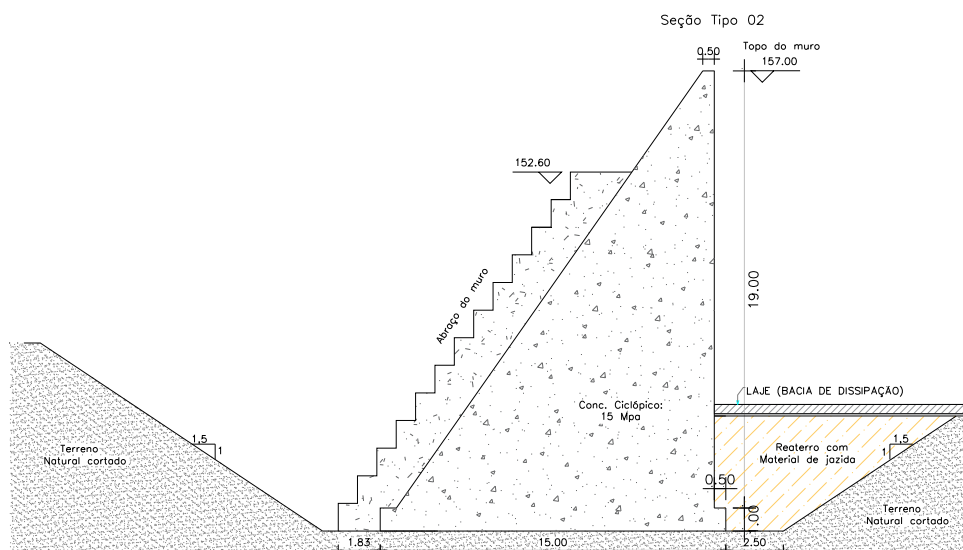


Figura 4.1c – Detalhe do muro lateral do vertedouro (seção máxima)

A camada de transição composta por uma faixa de areia e outra de brita, imediatamente ao contato com o muro, tem espessura mínima de 1,00m.

A altura máxima acima das fundações é de $\approx 13,00$ metros na calha do rio, ocorre numa extensão relativamente curta. Na média, temos uma altura em torno de 11,00 m com 8,00 m de coluna d'água.

Está previsto uma troca de solo de até 1 (um) metro de profundidade em todo subleito do barramento, isso se deve a grande quantidade de blocos rochosos arredondados (talus de quartzitos), observados ao longo do traçado.

O talude de montante terá inclinação de 1,0(V): 2,0(H) em toda a sua extensão. O talude de montante será protegido da ação da energia da onda do reservatório com a construção de um rip-rap, constituído de uma camada de 30 cm de transição em brita com granulometria para transição, e uma camada de 50 cm de material de base na exploração da pedreira.

O talude de jusante terá inclinação de 1,0(V):2,0(H) em toda sua extensão. Será protegido por uma camada de material britado proveniente da pedreira, com espessura de 30cm.

A crista da barragem receberá um reforço como via de rolamento, constituído de uma camada de revestimento primário, com uma espessura mínima de 20 cm. Para garantir o escoamento de águas superficiais, será definida uma declividade de 2% para montante, que conduzirá as águas pluviais para o interior do *rip-rap* de montante.

O sistema de drenagem interna da barragem será constituído por um filtro vertical, localizado a 3,00 m do eixo do maciço com espessura de 0,60 m, conectado a um filtro

horizontal com 1,00 m de espessura, que direcionará o fluxo que passa através da descarga freática até a extremidade do talude de jusante.

O dreno-de-pé, formado por um prisma de pedras arrumadas tem a finalidade de facilitar a drenagem das águas freáticas e pluviais, além de aumentar a estabilidade do talude de jusante.

Entre o dreno-de-pé e o maciço compactado foi previsto um filtro de transição composto de duas camadas, sendo uma com 0,30 m de espessura horizontal de brita com granulometria variável (tamanhos 1 a 3) e a outra de 0,30 m de espessura horizontal de areia, garantindo uma distância vertical ao talude, suficiente para evitar surgências na região do talude de jusante, devidas a capilaridade, além de infiltrações de águas pluviais diretamente no filtro, fissuras indesejáveis que comprometam a estabilidade.

4.2 – Vertedouro

O vertedouro será construído na parte central do barramento, entre as estacas 6+0,00 a 8+10,00 composto por muros laterais de concreto ciclópico e soleira em perfil *Creager*, inserido dentro de um canal escavado com 50 metros de largura, sendo os muros assentes sobre substrato rochoso. O perfil *Creager* terá a seu montante uma altura média de 8,5 m em relação ao nível do terreno natural, funcionará como uma barragem de gravidade, a soleira ficará na cota 154.00m.

O perfil *Creager* será construído com o núcleo em concreto ciclópico (15 Mpa) e revestido com concreto convencional de 20 Mpa e armaduras de pele apenas para o controle de fissuração. Segundo a NBR 6118/2014, a taxa de armadura de pele necessária para controle de fissuras é de 0,10% da área de concreto.

Para redução da carga hidráulica, a jusante, foi projetado uma bacia de dissipação com laje armada e ancorada por chumbadores.

O canal de dissipação além da bacia, será enrocado numa extensão de 40,00m para evitar erosões ocasionadas pelo fluxo turbulento.

4.3 – Tomada d'água

A tomada d'água está localizada na margem esquerda, cota 148. Nessa altura mantém de reserva 6,75% do volume de acumulação do reservatório e possibilita a manutenção do habitat marinho.

Atendendo a essas peculiaridades, as estruturas de concreto da tomada d'água serão dimensionadas e executadas de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, onde devem serem observados o grau de agressividade local.

A estrutura de tomada d'água da Barragem Oitis consta de uma tubulação de 300 mm, embutida em uma galeria de concreto estrutural, localizada na altura da estaca 16+10,00. O eixo da galeria ficará na cota 148,00 m, a descarga regularizada com 90% de garantia é de 0,035 m³/s de acordo com Estudos Hidrológicos realizados para a barragem.

O volume morto da Barragem Oitis será de 0,09 hm³, correspondente a 6,75% da capacidade do reservatório que corresponde ao nível d'água no lago atingir a cota 148,00 m.

No lado de montante está projetada a caixa de montante, que protege a entrada da tubulação contra a entrada de materiais provenientes do reservatório e, acomoda as guias da comporta que poderá ser acionada quando da necessidade de reparos a jusante. No lado de jusante serão instalados os equipamentos hidromecânicos de controle de vazão, composto por um registro de gaveta e uma válvula borboleta. Será construída uma caixa de concreto armado a jusante formada de três células. A primeira alojará os equipamentos hidromecânicos. A segunda possui uma chicana para dissipação da energia cinética. A terceira célula será um tanque tranquilizador que terá na saída um medidor de vazão constituído de uma soleira do tipo triangular, necessário para calibração da vazão liberada pelo registro de gaveta.

5.0 – EQUIPAMENTOS MÍNIMOS

Para que se cumpra o objeto especificado dentro do cronograma, será necessário a mobilização de uma quantidade mínima de equipamentos.

Para a mobilização do laboratório de solo e concreto.

Item	Especificação	Quant. Mínima
1	Conjuntos para determinação da densidade de campo pelo método do frasco de areia	3
2	Cilindro biselado para determinação de densidade nos aterros argilosos	6
3	Conjuntos completos para análise granulométrica por peneiramento, por via seca e úmida	2
4	Conjuntos completos para determinação dos Limites de Atterberg	2
5	Conjuntos completos para ensaios de compactação (Proctor Normal)	3

Item	Especificação	Quant. Mínima
6	Conjuntos completos para ensaios de sedimentação e massa específica real dos solos	10
7	Equipamentos completos (estufas, cápsulas, balanças, bandejas, provetas, etc.), capazes de atender à solicitação do laboratório, para solos, ligantes e misturados	1
8	Conjuntos completos para ensaios de finura e de pega de cimento	1
9	Moldes para corpos de prova cilíndrico de concreto	50
10	Prensa para rompimento de corpos de prova de argamassa de concreto, com capacidade de 100,0 ton	1
11	Acessórios necessários ao preparo de traços de concreto e de argamassa, moldagem e cura de corpos de prova, etc.	1
12	Conjunto completo para ensaio de abatimento em concreto ("Slump test")	3
13	Conjunto completo para ensaio colorimétrico em areias	2
14	Frasco de Chapman	2
15	Equipamentos complementares necessários ao funcionamento do laboratório nos setores de agregados, cimento e concreto (estufas, balanças, cápsulas, bandejas, etc.)	1

Quadro 5.1 – Equipamentos mínimos para o Laboratório

Para execução das obras:

Item	Descrição	Quant. Mínima
2	Trator de esteiras : Caterpillar : D6M - com lâmina	1
3	Trator de pneus	2
4	Carregadeira de pneus : Caterpillar : 924G - 1,80 m3	1
5	Motoniveladora 120H	2
6	Grade de disco pesada	2
7	Caminhão tanque : Mercedes Benz : L1620/51 - 8.000 L	3
8	Caminhão basculante Mercedes Benz 12 m3 ou similar	10
9	Rolo liso vibratório auto-propulsor Dynapac mod. CA-25 D	1
10	Rolo pé de carneiro vibratório auto-propulsor Dynapac mod. CA-25 PD ou similar	2
11	Retro-escavadeira Case 580 L 4X4 ou CAT 416 D ou similar	1
12	Usina de concreto com capacidade mínima de 30 m³/h	1
13	Compressor port. gr. Atlas Copco XAH-360 ou similar	2
14	Equipamento de perfuração rotativa tipo NX	1
15	Compactador vibratório Dynapac tipo sapo a diesel mod. CM-20 D	4
16	Martelete perfurador rompedor de ar comprimido 28kg para com. 1230 gpm	4
17	Van	1

Item	Descrição	Quant. Mínima
18	Moto-bomba centrifuga a gasolina vazão Q=22,00M3/H	1
19	Vibrador de imersão vibro Dynapac a gasolina diam. 25mm AA-S 25 ou similar	4
20	Grupo gerador GEHM-180 Leon Heimer ou similar	1
21	Cavalo mecânico c/ reboque	1

Quadro 5.2 – Equipamentos mínimos

6.0 – RESUMO FINANCEIRO

O quadro 6.1, representa um resumo financeiro do investimento necessário a construção da Barragem Oitis.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	%	R\$
1.0	INSTALAÇÃO DA OBRA	7,72	2.209.967,40
2.0	SERVIÇOS PRELIMINARES	2,42	639.304,80
3.0	BARRAGEM PRINCIPAL	18,21	5.310.215,17
4.0	SANGRADOURO	67,56	19.333.438,64
5.0	TOMADA D'ÁGUA	1,49	425.960,55
6.0	POSTO DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO (PADRÃO COGERH)	0,50	143.512,81
7.0	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	2,11	603.305,70
TOTAL GERAL		100,00	28.618.805,07

Quadro 6.1 – Resumo financeiro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 13028. Mineração — Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção de Sedimentos e Reservação de Água — Requisitos. Rio de Janeiro, 2017

ALEXANDRE, A.M.B; MARTINS, E.S.; CLARKE, R.T; REIS JR, D.S. (2005). “Regionalização de

parâmetros de modelos hidrológicos” in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, 17 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado: NBR 6118:2014. Rio de Janeiro, 2014

Azevedo, M. P. N. Barragem de terra – Sistema de drenagem interno. Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://livrozilla.com/doc/592515/barragens-de-terra-%E2%80%93-sistemas-dedrenagem-interna>. Acesso: 20/07/2017

BAPTISTA, Márcia Benedita. Fundamentos de Engenharia Hidráulica. Márcio Benedito Baptista, Márcia Maria Lara Pinto Coelho – 3ª ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG 2010.

CARVALHO, L. HERNANI. Curso de Barragens de Terra com Vistas ao Nordeste Brasileiro. DNOCS. Fortaleza, Ceará 1983.

CRUZ, P. T (2004). 100 Barragens Brasileiras. Casos históricos, matérias de construção, projeto. São Paulo: Editora oficina de textos Brasil, 1996

ESTACIO, S. A. B.; COSTA, C. A.; SOUZA FILHO, F. DE A.; ROCHA, R. V. Uncertainty analysis in parameter regionalisation for streamflow prediction in ungauged semi arid catchments. Hydrological Sciences Journal, 2020.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A., Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v.1 n.2, p.96–99, 1985.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil, 1981-2020, 2020, Brasília, DF. Disponível em < <https://portal.inmet.gov.br/normais> >.

KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.

LOPES, João Eduardo G.; BRAGA, Benedito B. F. Jr.; CONEJO, João Gilberto L., 1982. SMAP A Simplified Hydrologic Model. In: SINGH, P. VIJAY (Org.). Applied Modeling in Catchment Hydrology. Water Resources Publications. p. 167–176.

MASSAD, Façal. Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia. 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2010.

MORGENSTERN, N.R., PRICE, V.E. The analysis of the stability of general slip surfaces. Géotechnique, v.15, p. 79-93, 1965

PETERKA, A. J. Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators. Denver, Colorado. Water and resources technical publication. ENGINEERING MONOGRAPH Nº 25, Bureau of

Reclamation, 1958.

PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

TERZAGHI, Karl, PECK, Ralph B. Soil Mechanics in Engeneering Prattice, USA 1967.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

Torrico, J. J. T. Práticas hidrológicas, Rio de Janeiro: Transcom, 1975, 120p.

TUCCI, C.E.M. (1998). Modelos Hidrológicos. Editora da UFRGS ABRH 650p.