



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ

**Secretaria das Cidades
Instituto Agropolos do Ceará**

**ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E
RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO
AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO**

**PROJETO EXECUTIVO
DA BARRAGEM PALMEIRAS**

Volume 1 - Relatório Geral do Projeto



REVISÃO : FEV/2009

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DAS CIDADES
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ**

**ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE
IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS
MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO**

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS

Volume 1 – Relatório Geral do Projeto

Fevereiro / 2009

ÍNDICE

ÍNDICE GERAL

	Páginas
ÍNDICE	2
1. PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS	8
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	12
3. FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM PALMEIRAS.....	15
4. INFORMAÇÕES BÁSICAS.....	20
4.1. GENERALIDADES	21
4.2. GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL	21
4.2.1. GEOLOGIA REGIONAL.....	21
4.3. GEOLOGIA DO EIXO BARRÁVEL.....	27
4.4. ESTUDOS GEOTÉCNICOS	28
4.4.1. <i>Investigação do Barramento</i>	29
4.4.1.1. Sondagens à Percussão	29
4.4.1.2. Sondagens Mistas	31
4.4.1.3. Ensaios de Campo.....	32
4.4.1.4. Comentários.....	33
4.4.2. <i>Estudo dos Materiais Construtivos</i>	34
4.4.2.1. Jazidas de Solo.....	35
4.4.2.2. Areal	36
4.4.2.3. Pedreira.....	37
4.4.2.4. Comentários.....	37
4.5. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	38
4.5.1. <i>Transporte de Cota</i>	39
4.5.2. <i>Levantamento do Eixo Barrável</i>	39
4.5.2.1. Locação dos eixos e Implantação de Marcos	39
4.5.2.2. Nivelamento.....	40
4.5.2.3. Levantamento de Seções Transversais.....	41
4.5.3. <i>Levantamento da Bacia Hidráulica</i>	41
4.6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	44
4.6.1. <i>Considerações Sobre A Bacia Do Rio Cocó E A Inserção Estratégica Da Barragem Palmeiras</i>	44
4.6.2. <i>Hidrologia da Bacia da Barragem Palmeiras</i>	54
4.6.2.1 Parâmetros Característicos da Bacia Hidrográfica do Açude Palmeiras	55
4.6.2.2 Características Gerais de Cobertura e Solos da Bacia.....	59
4.6.2.3. Caracterização Climatológica Da Região.....	64
4.6.2.4. Condições Climáticas Regionais.....	65
4.6.2.5. Condições Climáticas Locais	66

4.6.3. Estudos Pluviométricos	71
4.6.3.1. Postos Pluviométricos Selecionados	71
4.7. MÉTODO DO POLÍGONO DE THIESSEN	72
4.8. DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PROVÁVEL - PMP	74
4.9. PRECIPITAÇÃO DE PROJETO PARA BACIA DO AÇUDE PALMEIRAS	80
4.10. METODOLOGIA DE CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	88
4.11. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COM O HEC-HMS	99
4.11.1 Cheia Centenária (TR = 100 anos)	99
4.11.2. Cheia Milenar (TR = 1.000 anos)	101
4.11.3 Cheia Decamilenar (TR = 10.000 anos)	102
4.11.4 Conclusões Sobre o Dimensionamento Hidrológico do Sangradouro	103
4.12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
5. PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM	106
5.1. GENERALIDADES	107
5.2. RELAÇÃO DE DESENHOS	108
5.3. ESCOLHA DO EIXO BARRADO	109
5.4. ESCOLHA DO TIPO DE BARRAGEM	109
5.5. BARRAGEM DE TERRA	113
5.5.1. Fundação da Barragem	113
5.5.2. Rebaixamento do Lençol Freático	113
5.5.3. Cortina de Injeção	114
5.5.4. Maciço da Barragem	114
5.5.5. Instrumentação	116
5.5.6. Estabilidade da Barragem	117
5.6. BARRAGEM EM CCR	118
5.6.1. Fundação da Barragem	118
5.6.2. Rebaixamento do Lençol	118
5.6.3. Maciço da Barragem	119
5.6.4. Estabilidade da barragem	120
5.6.5. Sistema de Drenagem	123
5.6.6. Sistema de Vedação	123
5.6.7. Instrumentação	123
5.7. SANGRADOURO	125
5.8. TOMADA D'ÁGUA	126
5.9. CANAL DE LIGAÇÃO NA BACIA	126
6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	128
7. RELAÇÃO DE EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS	131

8. CANTEIRO DE OBRAS.....	134
9. SISTEMA VIÁRIO COMPLEMENTAR.....	137
9.1. INTRODUÇÃO.....	138
9.3. RESUMO DO PROJETO	141
9.3.1. Estudos Topográficos.....	141
9.3.2. Projeto Geométrico	141
9.4. PROJETO DE TERRAPLENAGEM	143
9.5. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	149
9.6. PROJETO DE DRENAGEM.....	151
9.7. DESENHOS	151
ANEXO I – ESTUDOS GEOTÉCNICOS (SONDAGENS E ENSAIOS).....	152
ANEXO II – ESTUDOS GEOTÉCNICOS (JAZIDAS)	190
ANEXO III – FIGURAS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE	208
ANEXO IV – DESENHOS DO CANTEIRO DE OBRAS.....	215
ANEXO V – DESENHOS DO SISTEMA VIÁRIO COMPLEMENTAR.....	231

ÍNDICE DAS FIGURAS

	Páginas
FIGURA 2.1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA BARRAGEM PALMEIRAS	14
BACIA DE DISSIPACÃO.....	19
CANAL DE LIGAÇÃO	19
FIGURA 4.1: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA EM RELAÇÃO AOS DOMÍNIOS SEDIMENTARES E CRISTALINO DO ESTADO DO CEARÁ. (CPRM)	26
FIGURA 4.2: IMAGEM LANDSAT DA BACIA DO RIO COCÓ	45
FIGURA 4.3 : LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM PALMEIRAS EM IMAGEM GOOGLE EARTH.....	46
FIGURA 4.4: AMORTECIMENTO TOTAL DE UMA CHEIA DE TR = 20 ANOS NO AÇUDE GAVIÃO, NA CONDIÇÃO DE COTA DE ESPERA IGUAL A 35,50 M.	48
FIGURA 4.5 : HIDROGRAMA DE UMA CHEIA TR = 20 ANOS NO BOQUEIRÃO DO CONJUNTO PALMEIRAS – RIO COCÓ....	49
FIGURA 4.6: HIDROGRAMA PARA UMA CHEIA TR = 20 ANOS, NA SEÇÃO DO RIO COCÓ A JUSANTE DA CONFLUÊNCIA COM O CANAL DA AEROLÂNDIA.	50
FIGURA 4.7: LOCAL DO BOQUEIRÃO DA BARRAGEM PALMEIRAS.	51
FIGURA 4.9: AMORTECIMENTO DA CHEIA DE TR = 20 ANOS NO AÇUDE PALMEIRAS (VAZÃO NULA DE SAÍDA) PARA OPERAÇÃO NA COTA 12,00 M.....	54
FIGURA 4.10: LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM PALMEIRAS NA ESCALA 1:100.000	55
FIGURA 4.11: MAPA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM PALMEIRAS (FONTE: COGERH, 2001)	60
FIGURA 4.12: MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM PALMEIRAS (FONTE: COGERH, 2001)	61
FIGURA 4.13: LEGENDA DE CORES DA FIGURA 4.12.....	63
FIGURA 4.14: PRINCIPAIS REGISTROS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE FORTALEZA, NO PERÍODO DE 1974 A 1993. ..	70
FIGURA 4.15: ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS PELO MPT.	74
FIGURA 4.16: ISOZONAS NO BRASIL (FONTE: SILVA ,2004)	82
FIGURA 4.17: ISOZONA PARA O ESTADO DO CEARA (FONTE: SILVA,2004)	84
FIGURA 4.18: HIETOGRAMA DE PROJETO PARA TR = 100 ANOS	86
FIGURA 4.19: HIETOGRAMA DE PROJETO PARA TR = 1.000 ANOS	87
FIGURA 4.20: HIETOGRAMA DE PROJETO PARA TR = 10.000 ANOS	87
FIGURA 4.21: HIDROGRAMA UNITÁRIO ADIMENSIONAL DO SCS (FONTE: WILKEN,1978).....	89
FIGURA 4.22: TELA DE DEFINIÇÃO DO PROJETO COM HEC-HMS	97
FIGURA 4.23: MODELO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE PALMEIRAS NO HMS.	98
FIGURA 4.24: ESPECIFICAÇÕES DE CONTROLE DO HEC-HMS.	99
FIGURA 4.25: HIDROGRAMA DE AMORTECIMENTO DA CHEIA CENTENÁRIA NA BARRAGEM PALMEIRAS.	100
FIGURA 4.26: SUMÁRIO DA CHEIA CENTENÁRIA NA BARRAGEM PALMEIRAS	100
FIGURA 4.27: HIDROGRAMA DE AMORTECIMENTO DA CHEIA MILENAR NA BARRAGEM PALMEIRAS.	101
FIGURA 4.28: SUMÁRIO DA CHEIA MILENAR NA BARRAGEM PALMEIRAS.....	102
FIGURA 4.29: HIDROGRAMA DE AMORTECIMENTO DA CHEIA DECAMILENAR NA BARRAGEM PALMEIRAS	103
FIGURA 4.30: SUMÁRIO DA CHEIA DECAMILENAR NA BARRAGEM PALMEIRAS.	104
FIGURA 8.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO	139

ÍNDICE DAS TABELAS

	Páginas
TABELA 4.1: INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA NO EIXO DA BARRAGEM PALMEIRAS : SONDADE PERCUSSIVA	31
TABELA 4.2 :INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DA BARRAGEM PALMEIRAS: SONDADE MISTA	32
TABELA 4.3: ENSAIOS DE CAMPO	33
TABELA 4.4: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS JAZIDAS DA BARRAGEM PALMEIRAS	35
TABELA 4.5.: ENSAIOS DE LABORATÓRIO DAS OCORRÊNCIAS	36
TABELA 4.6.: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO AREAL A-01	37
TABELA 4.7: VALORES MÉDIOS DOS ENSAIOS DA PEDREIRA	37
TABELA 4.8: COORDENADAS DO EIXO PRINCIPAL DA BARRAGEM PALMEIRAS	42
TABELA 4.9: COORDENADAS DO EIXO PRINCIPAL DA BARRAGEM PALMEIRAS	44
TABELA 4.10: DADOS DA CURVA COTA × ÁREA × VOLUME DA BARRAGEM PALMEIRAS.....	52
TABELA 4.11: NÚMERO ESTIMADO DE FAMÍLIAS ATINGIDAS PELA CHEIA DE TR = 20 ANOS	54
TABELA 4.12: SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM PALMEIRAS ..	59
TABELA 4.13: CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS SEGUNDO O MÉTODO DO SCS.	62
TABELA 4.14: DEFINIÇÃO DA CURVA NÚMERO PARA A BACIA DO AÇUDE PALMEIRAS.....	64
TABELA 4.15: RESUMO DOS INDICADORES CLIMÁTICOS	65
TABELA 4.16: SUMÁRIO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EMPREGADAS (SUDENE).....	71
TABELA 4.17: SUMÁRIO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EMPREGADAS (FUNCEME)	71
TABELA 4.18: ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE CADA POSTO PLUVIOMÉTRICO PELO MPT	73
TABELA 4.19: RESULTADOS DO EXVAL90 PARA AJUSTE DE DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA TIPO I – EXTREMA.....	80
TABELA 4.20: PERCENTUAL DAS CHUVAS DE DURAÇÕES DE 1 HORA E DE 6 MINUTOS EM RELAÇÃO À CHUVA DE 24 HORAS;	83
TABELA 4.21: CN PARA ÁREAS URBANAS PARA CONDIÇÃO AMC II (NORMAIS)	93
TABELA 4.22: CN PARA TERRAS AGRÍCOLAS PARA CONDIÇÃO AMC II (NORMAIS)	94
TABELA 5.1: TIPO DE BARRAGEM.....	112
TABELA 5.2: TRANSIÇÃO PARA O ENROCAMENTO.....	115
TABELA 5.3: ENROCAMENTO DO RIP-RAP.....	116
TABELA 6.1: CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO	130
TABELA 9.1: QUANTITATIVOS DE PAVIMENTAÇÃO	150
TABELA 9.2: RESUMO DO PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	150

1. PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS

1.PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS

O presente documento consiste no **PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS**, o qual foi elaborado segundo o contrato de Prestação de Serviços estabelecido com o **Instituto Agropolos do Ceará**, fundamentado no Contrato de Gestão /2008, celebrado entre o Instituto e a **Secretaria das Cidades**, no âmbito do serviço “Elaboração e Acompanhamento de projetos de desenvolvimento urbano”(ofício n.º 1084/2008 – Secretaria das Cidades).

A finalidade da Barragem Palmeiras é a contenção das cheias do rio Cocó e, conseqüentemente, minorar os impactos das inundações nas comunidades ribeirinhas, que são constantemente desabrigadas no período das chuvas.

O Projeto Executivo da barragem Palmeiras é constituído por 5 Volumes , a saber:

- **Volume 1 – Relatório Geral do Projeto;**
- Volume 2 – Desenhos ;
- Volume 3 – Especificações;
- Volume 4 – Quantitativos e Orçamento;
- Volume 5- Projeto de Instalações Elétricas.

O Volume 1, aqui apresentado, consiste no Relatório Geral do Projeto Executivo e aborda os seguintes temas:

- **Localização e acesso;**
- **Ficha Técnica;**
- **Informações Básicas:**
 - Estudos Hidrológicos;
 - Estudos Geológicos;
 - Estudos Geotécnicos;
 - Estudos Topográficos;
 - Estudos Geotécnicos;
- **Projeto Executivo da Barragem:**
 - Generalidades;
 - Relação de Desenhos;

- Escolha do Eixo Barrado;
- Escolha do Tipo de Barragem;
- Barragem de terra
 - Fundação da Barragem;
 - Rebaixamento do Lençol Freático;
 - Geometria de Trincheira de Vedação;
 - Cortina de Injeção;
 - Maciço da Barragem;
 - Instrumentação
- Barragem de CCR
 - Fundação da Barragem;
 - Rebaixamento do Lençol Freático;
 - Maciço da Barragem;
 - Sistema de drenagem
 - Cortina de Injeção;
 - Sistema de vedação
 - Instrumentação;
- Sangradouro e Bacia de Dissipação;
- Tomada d' Água;
- **Cronograma de Execução;**
- **Equipamento Mínimo;**
- **Canteiro de Obras**

Para localizar um reservatório da magnitude necessária aos objetivos, foi estudado um trecho do rio Cocó situado em local limítrofe com a zona de ocupação urbana preferencialmente a jusante do 4º Anel Viário e a montante da Av. Presidente Costa e Silva, sendo o anel viário, a ligação entre a CE - 060 a BR-116, e a avenida, a ligação entre a Av. Godofredo Maciel e a BR-116. Outro condicionante importante é a presença do açude Gavião, a cerca de 7,8km a montante do 4º Anel Viário, que recebe as águas transpostas do rio Cocó e que tem a função exclusiva de abastecimento da população de Fortaleza. O lago estabelecido pela barragem buscou preservar as lagoas de estabilização do Conjunto Palmeiras e a infra-estrutura viária existente, representada pelo 4º Anel Viário, bem como pelas vias da zona urbana localizadas no interior do Conjunto Palmeiras.

Após o estudo de cartas topográficas, fotos de satélite e inspeções de campo, selecionou-se um local situado a montante da Av. Presidente Costa e Silva, estando o futuro reservatório próximo aos limites do Conjunto Prefeito José Walter e das instalações da CHESF pela ombreira esquerda da barragem. Próximo à ombreira direita estarão as lagoas de estabilização e a área urbana do Conjunto Palmeiras.

Serão inundadas duas grandes áreas: uma a jusante do barramento do açude Gavião e a montante do Anel Viário, e a outra está a jusante do anel viário e a montante da barragem Palmeiras. Maior parte do volume do reservatório estará localizada entre o 4º Anel viário e a Av. Presidente Costa e Silva, estando o ponto de cruzamento do eixo da barragem com o rio Cocó nas coordenadas E 551.740 e N 9.575.800 (*Datum SAD-69*).

Buscou-se ajustar de forma ideal a localização da barragem e a cota de inundação do lago de modo a impactar da forma mais branda possível com a região habitacional e com os equipamentos de infra-estrutura ali existentes. A cota de sangria do reservatório foi escolhida de modo que o mesmo amortecia 100% da vazão afluente para um período de retorno de 20 anos, e com isso seja atendido o objetivo almejado para este projeto: o controle de cheias do rio Cocó. No entanto, para tal realização, verificou-se que haverá necessidade de remanejamento ou alteamento de algumas torres de transmissão da CHESF e linhas da Coelce, uma vez que as mesmas poderão ser alcançadas pelo lago a ser formado. Em função da cota de cheia máxima do reservatório, será necessário o alteamento de um trecho com aproximadamente 1200m de extensão do 4º Anel Viário, uma vez que o mesmo encontra-se atualmente abaixo da referida cota.

Estabelecido o arranjo geral das obras e desenvolvido o projeto básico, verificou-se que parte do maciço idealizado na ombreira esquerda conflitava com as obras, em implantação pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, de uma avenida de pista dupla de ligação dos conjuntos José Walter e Palmeiras.

Este projeto tem por finalidade readequar a geometria do eixo do maciço esquerdo da barragem e detalhar em nível de Projeto Executivo o projeto básico da barragem Palmeiras.

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

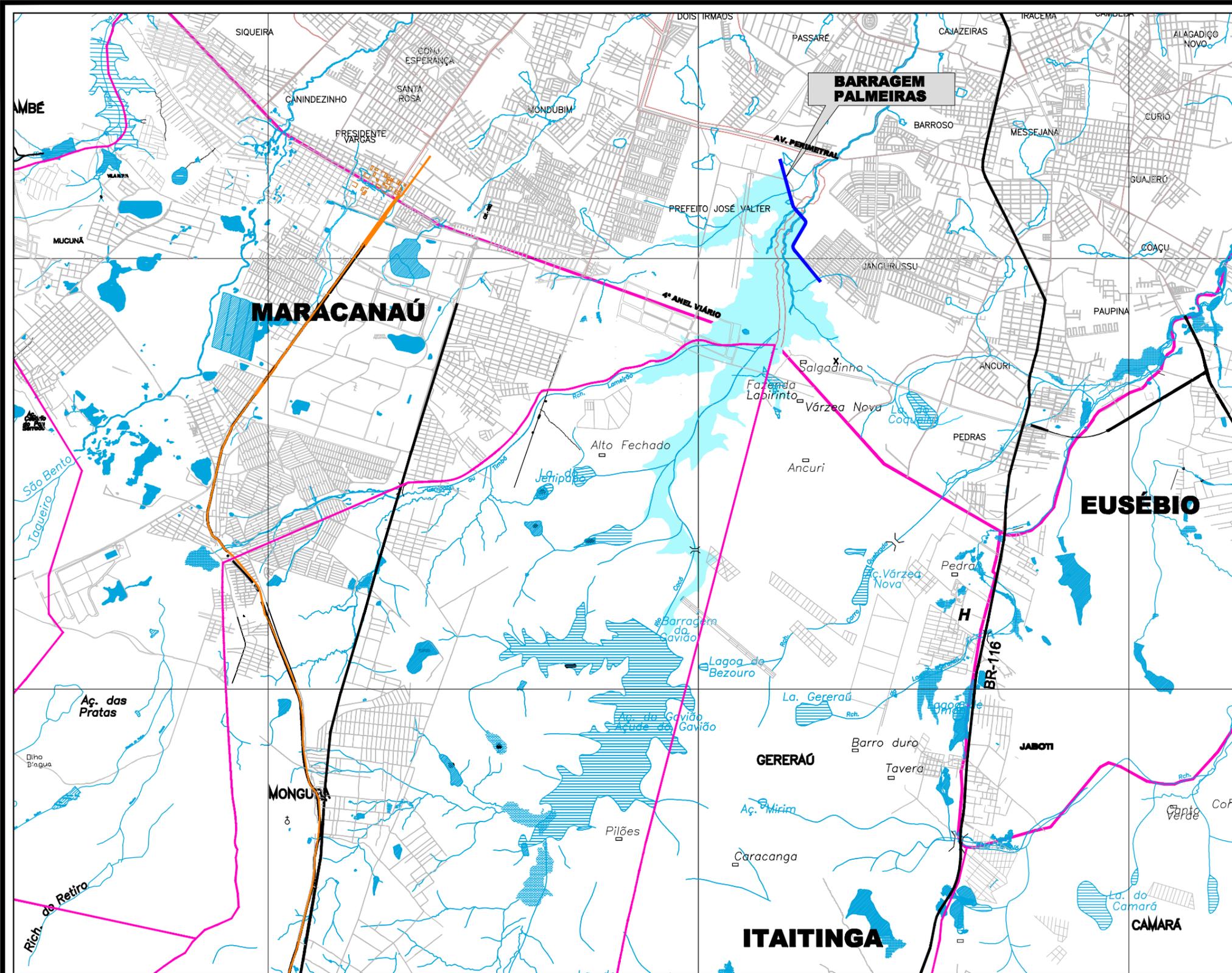
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O eixo selecionado para a Barragem Palmeiras situa-se na região metropolitana de Fortaleza, dentro do município de Fortaleza, no Conjunto Palmeiras, próximo à estação da CHESF e distante 1,2km da Av. Presidente Costa e Silva e 2,5km do 4º Anel Viário, a cerca de 8,0km da interseção do Anel Viário com a BR-116.

O eixo cruza o rio Cocó nas coordenadas E 551.740 e N 9.575.800 (*Datum SAD-69*)

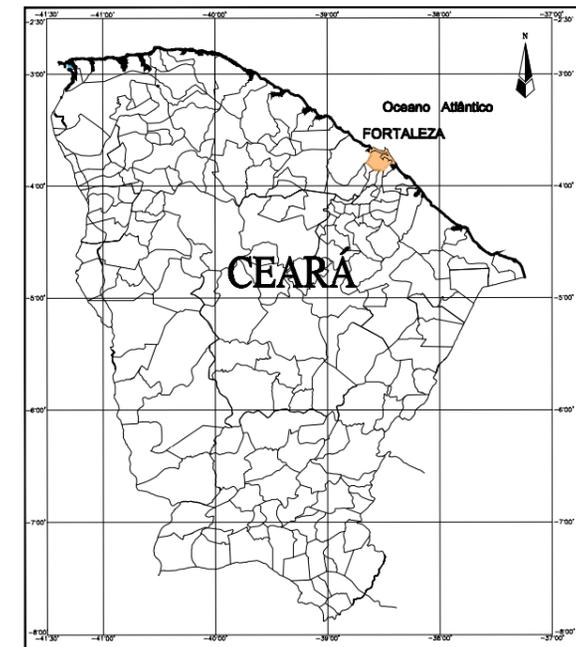
O acesso ao local do eixo, a partir do centro de Fortaleza, pode ser feito através da BR-116 seguindo no sentido norte-sul e virando à direita na Av. Presidente Costa e Silva, também conhecida como Av. Perimetral. Após percorrer cerca de 1.900m no sentido leste-oeste, vira-se à esquerda na Av. Castelo de Castro dirigindo-se em seguida num trajeto de aproximadamente 1.650 m no sentido norte-sul, quando, a partir de um posto de combustível, o trajeto é continuado pela rua Diadema. Percorre-se cerca de 300m na dita rua e vira-se à direita na Av. Valparaíso. Percorre-se mais cerca de 1.100m quando chega-se ao final da dita avenida, local próximo às margens do rio Cocó. Daí por diante, faz-se o percurso a pé por cerca de 150m, quando finalmente chega-se ao eixo do barramento.

Na **Figura 2.1** é apresentado o mapa de localização da barragem no âmbito regional.

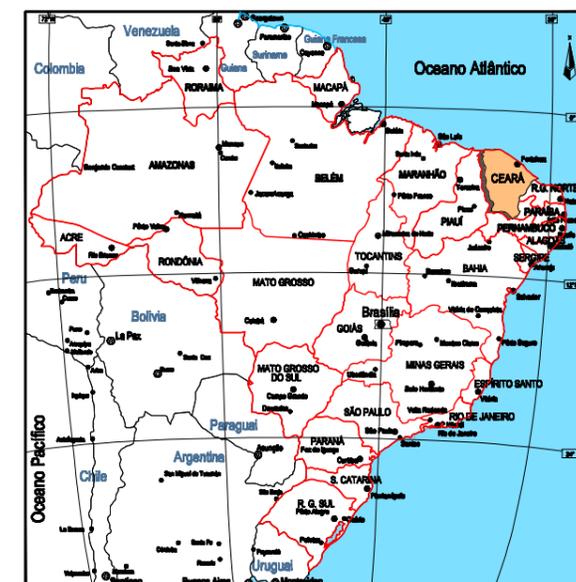


Localização da Obra no Contexto Municipal
1:75.000

NOTA:
- COORDENADAS UTM
- DATUM SAD-88



Localização da Obra no Contexto Estadual
Sem Escala



Localização da Obra no Contexto Nacional
Sem Escala

FIGURA 2.1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO
NO CONTEXTO NACIONAL, ESTADUAL E MUNICIPAL

3. FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM PALMEIRAS

3. FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM PALMEIRAS

Identificação

Denominação:.....Barragem Palmeiras
 Estado:Ceará
 Município:Fortaleza
 Coordenadas UTM SAD 69E 551740; N 9575795
 Sistema:Bacia Metropolitana
 Rio Barrado:Rio Cocó
 Proprietário:.....Agropolos- Secretaria das
 Cidades
 Autor do Projeto:.....Engesoft Engenharia e
 Consultoria S/S
 Data do Projeto (revisão):.....Fevereiro/2009

Bacia Hidrográfica

Área:.....211,28 km²
 Comprimento do talvegue principal:25,04 km
 Tempo de concentração:3,78 h

Características do Reservatório

Área da bacia Hidráulica (cota 15,00 m):389,80 ha
 Volume acumulado (cota 15,00 m):6,28 hm³
 Volume morto do reservatório:0,14 hm³
 Vazão afluyente máx. de projeto (TR=1.000 anos)866,47 m³/s
 Vazão máx. de projeto amortecida (TR=1.000 anos)366,03 m³/s
 Nível d'água máximo normal:15,00 m
 Nível d'água máx. (TR=1.000anos):16,26 m

Barragem Principal

Tipo:Mista de terra e CCR

Maciço de Terra

Altura máxima10,30 m
 Largura do coroamento:6,0 m
 Extensão pelo coroamento - Lado Esquerdo:.....1090,00 m
 Extensão pelo coroamento - Lado Direito:.....1.228,40 m
 Cota do coroamento:18,00 m
 Volume de escavação (fundação):329.076,00 m³
 Escavação para execução do rock-fill:.....40.844,00 m³
 Volume do maciço:281.962,65 m³
 Volume de enrocamento (rip-rap e rock-fill):67.961,00 m³
 Volume de transições:10.643,00 m³
 Volume de areia (filtro e tapete horizontal):26.048,00 m³
 Largura máxima da base:.....46,60 m
 Talude de Montante:1,0(V); 2,5(H)
 Talude de Jusante:1,0 (V); 2,0 (H)
 Altura da Cortina de injeção:.....9 m

Barragem em CCR- Insubmersível

Tipo:Gravidade
 Altura máxima:22,0 m
 Largura do Coroamento:6,0m
 Extensão pelo coroamento Lado Esquerdo:.....190 m
 Extensão pelo coroamento Lado Direito:.....210 m
 Cota do coroamento:55,00 m

Volume de escavação (fundação):99.954,61 m³
 Volume de CCR1:18.292,57 m³
 Volume de CCR2:41.351,16 m³
 Volume de CCV:3.988,00 m³

 Largura máxima da base:31,00 m
 Talude de Montante:Vertical
 Talude de Jusante:1,0 (V): 0,80 (H)

 Altura da Cortina de injeção:.....9 m

Tomada de água

Tipo:Tubo de aço envolto em concreto

 Localização: Ombreira esquerda:.....Estaca 0+950
 Número de condutos:02
 Diâmetro:1.800 mm
 Comprimento do conduto:.....30 m
 Cota da geratriz inferior a montante:10,00 m
 Cota de geratriz inferior a jusante:10,00 m
 Tipo de controle:Comporta stop-log a montante e válvula dispersora a jusante
 Número de válvulas:04
 Diâmetro das válvulas :..... 600 mm

Barragem de CCR - Submersível- Sangradouro:

Tipo:Perfil Creager em CCR
 Localização:Entre estacas 0+980 e 1+000
 Largura:120 m

Cota de sangria: 15,00 m
 Vazão máxima (Tr=1.000 anos): 366,03 m³/s
 Lâmina máxima Prevista (T.R=1.000anos): 1,26 m
 Volume de escavação (fundação): 80.951,53m³
 Volume de CCR2: 22.571,63 m³
 Volume de CCV: 4.798,00 m³

Bacia de Dissipação

Extensão: 7,00 m
 Largura: : 120 m
 Cota da fundação da bacia: : variável
 Cota do topo da bacia: : 5,00 m

Canal de Ligação

Extensão: 420,00 m
 Largura: : canal maior = variável; canal menor = 60 m
 Cota de fundo : canal maior = 14,00 m; canal menor = 13,00 m
 Volume de escavação: 124.867,40m³

4. INFORMAÇÕES BÁSICAS

4. INFORMAÇÕES BÁSICAS

4.1. GENERALIDADES

Esse capítulo tem a finalidade de expor de forma sintética os resultados de todos os estudos básicos submetidos à análise pela projetista, buscando obter em cada caso as informações que serviram de orientação ao desenvolvimento do Projeto Básico capaz de atender aos anseios do AGROPOLOS e SECRETARIA DAS CIDADES no que tange aos objetivos esperados. Desta forma, espera-se obter uma obra otimizada do ponto de vista econômico e de engenharia, de modo que tal equipamento de infra-estrutura possa cumprir o papel social esperado.

4.2. GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL

4.2.1. GEOLOGIA REGIONAL

Os estudos geológicos integram à fase de detalhamento do Projeto Básico da Barragem Palmeiras. A realização e consolidação do mapeamento geológico compreendem duas fases, uma em escala regional que abrange as áreas das bacias hidrográficas e de armazenamento e outra fase em escala localizada, enquadrando a área de assentamento do barramento e estruturas associadas, tendo como objetivo, o reconhecimento da geologia regional e a definição das características da fundação da barragem.

O município de Fortaleza é caracterizado geologicamente por uma grande área ocupada, na sua totalidade, por sedimentos de idade cenozóica, desenvolvidos a partir de uma sedimentação terrígena oriunda de rochas do embasamento cristalino. As unidades representativas do período Terciário na região de Fortaleza são compostas pelos sedimentos da Formação Barreiras e Coberturas Colúvio-eluviais. As unidades que compõem o período Quaternário estão representadas pelas Coberturas colúvio-eluviais, paleodunas, dunas móveis e os depósitos flúvio-aluvionares ou de manges, cujos sedimentos foram originados a partir do intemperismo de terrenos cristalinos, pouco consolidados, retrabalhados pela ação de águas superficiais e subterrâneas.

Um resumo das principais características de cada um dos grupos litológicos é apresentado a seguir:

Embasamento Cristalino

a) Complexo Granitóide-Migmatítico (P_Cgr-mg)

O complexo granitóide-migmatítico corresponde a unidade pré-cambriana, composta por granitóides diversos, migmatitos e gnaisses migmatíticos que ocorrem na porção sudoeste da zona urbana de Fortaleza. Brandão designou este complexo como o conjunto de rochas ortoderivadas que ocorrem na porção sudoeste da RMF composto basicamente por gnaisses, gnaisses migmatíticos, migmatitos e núcleo granitóides. As rochas desse complexo apresentam granulação grossa com cristais variando em média de 0,5 a 1,5cm e a maioria dos minerais constituintes de uma massa são de feldspato potássico.

b) Complexo Gnáissico-Migmatítico (P_Cgn-mg)

Esta unidade foi definida por Brandão como uma associação prototectônica, de idade proterozóica inferior, litologicamente composta de gnaisses variados, incluindo anfíbolitos, quartzitos e calcário cristalinos, além de migmatitos, submetidos a intenso metamorfismo e tectonismos regionais. Vestígio desta unidade em estágio bastante alterado pode ser observado nas proximidades de estádio Castelão, porém conservando suas estruturas primárias e pequenos veios de quartzos.

c) Vulcânicas Alcalinas – Suíte Messejana (T_Λ)

Estão representadas na área por pequenos corpos de formato semi-circulares compostos por fonolitos, traquitos, tufo alcalinos e essexitos porfíricos. Ocorrem associados ou isoladamente. Aflora na forma de um neck vulcânico e se encontra recoberta pelos sedimentos da Formação Barreira. Trata-se de uma rocha de cor cinza, com matriz fina contendo ripas de plagioclásio distribuídos aleatoriamente na sua massa, compondo cerca de 7% e anfíbolitos em menor quantidade sob a forma de pequenos cristais aciculares. Esta unidade pode ser observada numa pedreira próxima a praia da Cofeco.

Coberturas Cenozóicas

a) Formação Barreira (TQb)

Regionalmente, esta unidade distribui-se numa faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, recoberta por sedimentos eólicos antigos e atuais, que se distribuem próximo a mesma linha. Em face das irregularidades do relevo ocasionadas pela erosão na própria formação ou mesmo da distribuição irregular das dunas, esta formação algumas vezes ocorre muito próxima ao litoral chegando a aflorar na linha de praia. Na porção leste esses sedimentos penetram no interior até 30km, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura também parece ser bastante variável em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre a qual repousa em discordância erosiva angular, aprofundando-se em direção à costa, onde se encontra sotoposta em discordância eólica, que constituem as paleo-dunas.

Essa seqüência é constituída de sedimentos areno-argilosos, pouco litificados ou não, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado, mal selecionada, de granulação variando de fina a média, mostrando horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos.

Ocorre distribuída como uma faixa alongada na direção NW-SE, desde as proximidades da foz do rio Ceará até às margens do riacho Coaçu que alimenta a lagoa da Precabura, em afloramentos que acompanham topograficamente o relevo plano da área. Encontra-se em contato com as rochas do embasamento cristalino ou com as camadas de alteração (saprolito) destas nas zonas proximais destes corpos e com os sedimentos das dunas e paleo-dunas nas zonas mais distais.

b) Cobertura Colúvio-Eluviais (TQc)

Resultados direto do intemperismo in situ ou com pequeno deslocamento gravitacional distribuem-se de forma irregular na área e se encontra em contato direto com as rochas do pré-cambriano. São sedimentos areno-argilosos, de coloração avermelhada e alaranjada de granulação fina a média, ocasionalmente mais grossa, inconsolidados, com horizonte laterizado na base. A matriz é areno-argilosa caulínica, com cimento argiloso e/ou ferruginoso. Encontram-se sotopostos às rochas do embasamento cristalino, na porção SW da área na divisa com o município de Maracanaú.

c) Paleodunas (Qpd)

Encontra-se em contato discordantes sobrejacentes aos sedimentos da Formação Barreiras, em grande parte, recoberta pelas dunas móveis. Ocorrem distribuídas de forma mais ou menos contínuas ao longo da linha de costa em contato direto com as dunas recentes e possui uma largura variável de 2 a 4km. São sedimentos inconsolidados na sua maioria, e constituem-se de areias de granulação fina à média, com tons amarelados e alaranjados.

Ocorrem também com largura variáveis, distribuídos de forma alongada segundo a direção SW-SE, numa faixa que ocorre desde a foz do rio Ceará até a foz do rio Pacoti.

d) Dunas Recentes ou Móveis (Qd)

Ocorrem por todo litoral cearense ocupando uma extensa área, distribuindo-se paralela à linha da costa. São formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face da praia pela ação dos ventos. Sua continuidade é por vezes interrompida pela presença de planícies fluviais e fluvio-marinhas ou pela penetração até o mar de sedimentos da Formação Barreiras e promontórios bem selecionados de granulação fina a média, quartzosas, com grãos foscos e arredados.

Morfologicamente apresentam um relevo destacável dentro da paisagem, em contato com os sedimentos de praia no litoral, com sedimentos das paleodunas mais ao centro-sul da área e sotopostas aos sedimentos da Formação Barreiras.

e) Depósitos Fluvio-Aluvionares e de Mangues (Qa)

São representados por depósitos de areias, cascalhos, siltes e argilas, com e sem matéria orgânica, englobando os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes. No ambiente estuarino, não se restringem apenas às desembocaduras de rios, desenvolvem-se nos baixos cursos até onde se faz sentir influência marinha. Encontram-se nas áreas de contato da água salgada do mar com a água doce dos rios, onde existe a influência

direta do fluxo e refluxo das marés. São constituídos por solos lamacentos, ricos em matéria orgânica e importantes ambientes na paisagem urbana.

Estes depósitos constituem faixas estreitas, definidas pelos cursos d'água controlados tectonicamente por fraturas e falhas em longos trechos retilíneos. São constituídos normalmente por sedimentos de granulometria grossa em cursos de água ativo e possuem uma granulometria mais fina em áreas de planícies de inundação.

Existem três importantes rios na região: rio Ceará, no extremo oeste, rio Cocó localizado na porção centro-oeste e o rio Pacoti no extremo leste, todos com nascentes localizadas nas regiões de ocorrência das rochas do embasamento cristalino e fluem cortando os sedimentos da formação Barreiras, dunas e paleo-dunas, tendo como predominantes sedimentos arenosos oriundos do retrabalhamento dos sedimentos terciários e quaternários da formação Barreiras e das dunas e paleo-dunas, ricos em matéria orgânica nas zonas localizadas em ambientes de mangues próximo à suas desembocaduras.

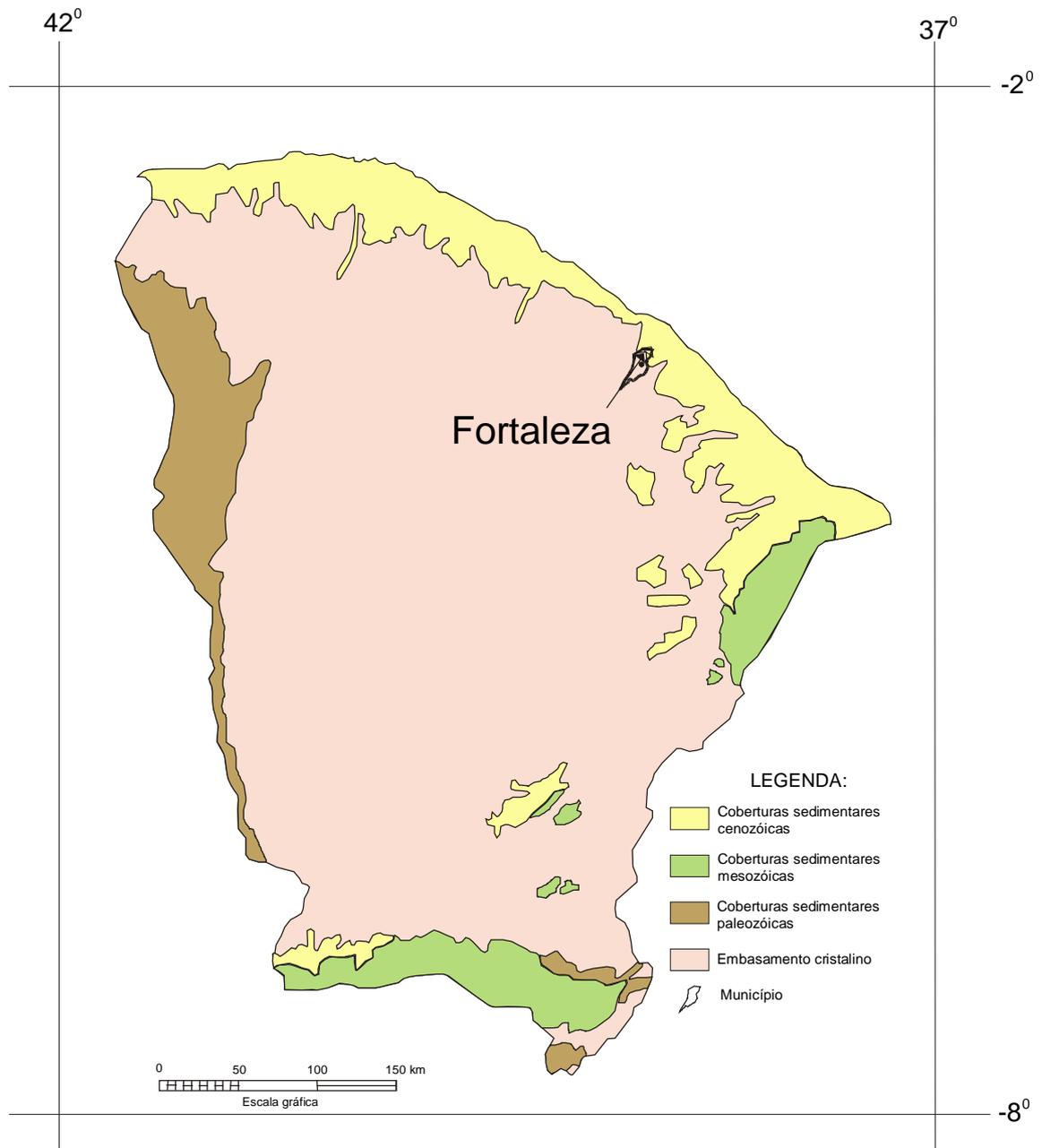


Figura 4.1: Localização do município de Fortaleza em relação aos domínios sedimentares e cristalino do estado do Ceará. (CPRM)

4.3. GEOLOGIA DO EIXO BARRÁVEL

Na fase de desenvolvimento do projeto básico da Barragem Palmeiras foi realizada visita de inspeção à região do barramento e procedido um mapeamento ao longo da área do eixo barrado sendo complementado com a realização de uma campanha de investigações geotécnicas. Esta campanha constou da execução de sondagens percussivas e mistas (iniciadas a percussão e prosseguidas com rotativa). As sondagens percussivas permitiram o conhecimento das características estratigráficas da camada sedimentar e a menor ou maior dificuldade oferecida pelo solo à penetração das ferramentas padronizadas, fornecendo indicações sobre a consistência ou compacidade dos solos investigados. As sondagens rotativas foram iniciadas através de percussão e encontrou-se solo de alta resistência e/ou o substrato rochoso, permitindo investigar a natureza das formações rochosas e o grau de recuperação, alteração e fraturamento, bem como características hidráulicas do maciço.

A geologia do sítio da barragem Palmeiras apresenta uma configuração geológica característica da região, constituída predominantemente por sedimentos colúvio-eluviais cobrindo o embasamento cristalino constituído por rochas do tipo gnaisses de idade Pré-Cambriana, pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pgn-mg), conforme descrito na geologia regional.

Foi verificado superficialmente ao longo de todo eixo, solos de constituição siltes arenosos com matéria orgânica, sobrepondo-se a um pacote de solos silto-argilosos e/ou argilo-arenosos, gradando em profundidade para um silte arenoso de coloração cinza, micáceo com pedregulho, constituindo uma camada, denominada biotita gnaisse muito alterada e/ou alteração de rocha. Abaixo desta camada de solo de alteração e/ou rocha alterada encontra-se o substrato rochoso composto por biotita gnaisse muito alterada, como pode observado no perfil geológico / geotécnico pelo eixo do barramento apresentado no desenho n.º 06/17.

Na parte baixa do vale, o rio Cocó se encontra bifurcado formando duas calhas. No entanto, a cerca de 200 metros a jusante do eixo o vale passa a formar uma única calha. Não foram mapeados ao longo de todo caminhamento pelo eixo do barramento afloramentos de rochas do substrato cristalino. O pacote de sedimentos que ocorre nas margens e leito do rio de acordo com a análise das investigações geotécnicas varia de

4,85 m na SP-05 a 6,15 m na SM-03. Já nas ombreiras a espessura dos sedimentos varia de 5,08 m (SM-01) a 7,06 m (SP-01) na ombreira esquerda e de 4,85 m (SP-05) a 11,79m (SP-09) na ombreira direita. Os sedimentos compõem-se predominantemente por areia fina a média siltosa, silte arenoso e/ou argiloso, micáceo, com pedregulhos e/ou alteração de rocha no fundo do furo.

A rocha sotoposta aos sedimentos, conforme o resultado das investigações geotécnicas realizadas é uma biotita gnaisse de consistência alterada a muito alterada, muito fraturada (SM-01, SM-03 e SM-06) a totalmente alterada (SM-02 e SM-07).

Na análise da recuperação dos testemunhos pode-se confirmar que as características do maciço rochoso é bastante ruim, demonstrada pela baixa percentagem de recuperação e com RQD (Rock Quality Designations) praticamente nulo, exceto a SM-06 que apresenta alguns trechos com RQD máximo de 30%.

A análise dos resultados obtidos nos ensaios de perda d'água mostra que o maciço rochoso, embora muito alterado, apresenta trechos impermeáveis, como nas SM-03 e SM-07 ou com perda pouco significativa variando de $1,16 \times 10^{-5}$ cm/s a $8,69 \times 10^{-6}$ cm/s e em nenhum trecho ensaiado foi observada perda d'água total.

Em função do reconhecimento geológico de superfície realizado e de acordo com os resultados das investigações de subsuperfície executadas, considera-se que uma escavação variando de 2,5 a 3,0m será em geral suficiente para se encontrar condições adequadas de estanqueidade para os maciços da barragem de terra.

4.4 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos da Barragem Palmeiras, constituíram-se na execução de um plano de prospecções mecânicas de subsuperfície estendendo-se ao longo de todo o eixo do barramento e de ensaios *in situ*, executados nestas prospeções.

Foram ainda realizadas investigações nas áreas de ocorrências de materiais construtivos e ensaios laboratoriais executados a partir de amostras representativas extraídas das ocorrências.

Portanto, os estudos geotécnicos foram abordados nos seguintes tópicos:

- Investigação do Barramento;
- Estudos dos Materiais Construtivos.

4.4.1. Investigação do Barramento

O plano de investigações geotécnicas realizadas no local da barragem objetivou a 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 22 prospecções mecânicas, sendo 15 sondagens à percussão e 7 sondagens mistas (iniciadas por processo percussivo e prosseguidas com sonda rotativa). No total, foram executados 127,80 m de perfuração em solo e 73,40m em rocha.

Nas investigações por sondagem mista foram realizados ensaios de perda d'água sob pressão após atingir a profundidade do estrato rochoso (*Lugeon*). De maneira geral foram obtidos resultados com baixa perda d'água, e em nenhum deles foi obtida perda total.

No Anexo I são apresentados os boletins de sondagem e ensaios *Lugeon*, constando os resultados de toda as investigações realizadas nas proximidades e sobre o eixo do barramento. A presente investigação serviu como base de diagnóstico para determinação das cotas assentamento da fundação do maciço de CCR, bem como entendimento da formação pedo-geológica do local de construção da barragem.

Todos os furos de sondagem foram referenciados ao eixo topográfico implantado e tiveram suas coordenadas registradas em formato UTM com referência ao elipsóide SAD-69. Altimetricamente, tiveram as cotas das bocas levantadas através de nivelamento topográfico.

A localização geral das sondagens, bem como o perfil geológico-geotécnico encontram-se assinalados nos desenhos n.º 05/20 e 06/20 do Volume 2, respectivamente.

4.4.1.1. Sondagens à Percussão

Nas sondagens à percussão implementaram-se dois processos para avanço do furo, iniciando-se com um trado concha de 4" e prosseguindo-se até alcançar o nível d'água ou

tornar-se inoperante diante da consistência ou compacidade do material encontrado. À partir destas condições, o furo foi revestido e passou-se então ao processo de perfuração com circulação de água, usando-se o trépano de lavagem como ferramenta de escavação e a remoção do material escavado através da água de lavagem. Ao ser encontrado material resistente ao avanço pelo processo de circulação de água o furo foi interrompido.

Para a extração das amostras de solo foi utilizado o amostrador padrão de 2” e 1 e 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 foram 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)”.

Na **Tabela 4.1** são relacionadas as sondagens percussivas realizadas e suas respectivas localizações com relação ao eixo referenciadas planimetricamente, bem como as profundidades correspondentes de cada furo. No Anexo I são apresentados os boletins de sondagens realizadas.

Tabela 4.1: Investigação Geotécnica no eixo da Barragem Palmeiras : Sondagem Percussiva

FURO	ESTACA		AFAST. (m)	COORDENADAS UTM (SAD-69)		PROFUNDIDADE (m)
	ESTACA	KM		ESTE (m)	NORTE (m)	
SP-01	12	0+240.000	-	551.486,080	9.576.499,640	7.06
SP-02	22	0+440.000	-	551.538,548	9.576.306,650	6.37
SP-03	39+10,00	0+790.000	-	551.630,370	9.575.968,900	5.90
SP-04	62+10,00	1+250.000	-	551.863,490	9.575.593,800	4.87
SP-05	77	1+540.000	-	551.711,664	9.575.343,780	4.85
SP-06	85	1+700.000	-	551.646,236	9.575.200,707	6.13
SP-07	95	1+900.000	-	551.762,043	9.575.040,225	7.15
SP-08	105+10,00	2+110.000	-	551.889,450	9.574.878,616	6.47
SP-09	120	2+400.000	-	552.080,553	9.574.654,802	11.79
SP-10	40	0+800		551.608,41	9.575.941,89	5,11
SP-11	33	0+660		551.469,47	9.575.955,35	4,45
SP-12	27	0+540		551349,76	9.575.963,65	7,40
SP-13	15	0+300		551.110,33	9.575.980,23	3,30
SP-14	05	0+100		550.910,81	9.575.994,05	8,38
SP-15	26+10,9	0+530,9	154,65	531.330,00	9.575.810,00	3,20

4.4.1.2. Sondagens Mistas

As sondagens mistas foram iniciadas à percussão e prosseguidas por meio de rotação. O processo de execução do trecho percussivo foi semelhante ao descrito no item de Sondagem Percussiva. Os trechos de sondagem rotativa foram executados com coroa NX de diamante acoplada a um barrilete duplo. A sonda utilizada foi a MACH-850. Para cada

operação do barrilete foram registradas a percentagem de recuperação e o número de peças, dados que estão indicados nos perfis de sondagens.

Na **Tabela 4.2.** são relacionadas as sondagens mistas e suas respectivas localizações com relação ao eixo e por referências planimétricas, bem como as profundidades correspondentes de cada furo. No Anexo I são apresentados os boletins de sondagens realizadas.

Tabela 4.2 :Investigação Geotécnica da Barragem Palmeiras: Sondagem Mista

FURO	ESTACA	KM	AFAST. (m)	COORDENADAS UTM (SAD-69)		PROFUND. EM SOLO (m)	PROFUND. EM ROCHA (m)
				ESTE (m)	NORTE (m)		
SM-01	30+10,00	0+610.000	-	551,583.150	9,576,143.388	5,08	8,82
SM-02	49	0+980.000	-	551,730.230	9,575,811.086	5,85	12,15
SM-03	52	1+040.000	-	551,756.730	9,575,765.947	6,15	12,50
SM-04	55	1+100.000	30.00m a jusante	551,832.010	9,575,739.920	6,90	15,90
SM-05	52	1+040.000	30.00m a jusante	551,779.300	9,575,800.100	6,13	12,02
SM-06	55	1+100.000	-	551,809.440	9,575,720.150	4,90	19,10
SM-07	70	1+400.000	-	551,782.572	9,575,463.840	5,39	12,01

4.4.1.3. Ensaios de Campo

Nas sondagens executadas nos trechos em que a barragem possui maciço de CCR foram realizados ensaios de perda d'água nas sondagens rotativas.

No estrato rochoso das sondagens SM-01 a SM-4 e SM-7 foram executados ensaios de perda de água sob pressão (Ensaio *Lugeon*), para a determinação quantitativa sobre a circulação de água através das fissuras do substrato rochoso. Os resultados obtidos apresentaram valores de coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-6} cm/s e 10^{-5}

cm/s. Os ensaios de perda d'água *Lugeon* foram executados conforme as orientações preconizadas no Boletim N.º 02 da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.

A relação e quantidade dos ensaios de perda d'água são apresentados na **Tabela 4.3**. Os resultados destes ensaios são apresentados no Anexo I.

Tabela 4.3: Ensaios De Campo

N.º	Estaca	N.º de Ensaios Lugeon
SM-01	0 + 844,40	2
SM-02	0 + 903,76	1
SM-03	0 + 972,11	2
SM-04	0 + 979,91	3
SM-05	1 + 035,18	0
SM-06	1 + 025,20	0
SM-07	1 + 051,00	2

4.4.1.4. Comentários

Deste programa de sondagens no boqueirão da barragem, apresentado no Anexo I, pôde-se extrair as camadas sub-superficiais de solo são formadas por pacote sedimentar sobre solo residual e que o substrato rochoso é predominantemente de formação gnáissica em geral com alto grau de alteração. Nos ensaios de perda d'água tipo *Lugeon* pôde-se constatar baixas perdas nos furos ensaiados. Haverá necessidade da execução de cortinas de injeção de calda de cimento com uma altura média de nove metros no interior do substrato rochoso entre o Km 0+380 e Km 1+700.

Em função dos baixos valores de recuperação encontrados nas sondagens rotativas e a fim de minimizar os gradientes de saída do fluxo de água a jusante, concebeu-se um maciço de CCR com incremento na largura de sua base. Desta forma, o caminho a ser percorrido pela água na fundação passa a ser maior e as pressões sobre a fundação se reduzem de forma considerável proporcionando maior segurança à estrutura.

4.4.2. Estudo dos Materiais Construtivos

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

Como fonte de materiais para construção do maciço de terra da barragem foram identificadas três jazidas de solos.

A jazida n.º 01, situa-se a cerca de 2.100m a montante do anel viário e a aproximadamente 3.500m a jusante do barramento do açude Gavião; consta de uma área de solo silto-areno-argiloso com presença de pedregulhos, de coloração amarelada, com espessura média de 1,80m. O material pode ser classificado como SC/CL pela classificação unificada.

A jazida n.º 02 está situada junto ao conjunto Palmeiras, na ombreira direita do barramento. A composição típica dessa ocorrência é constituída por silte areno-argiloso com espessura média 1,50 m. O material pode ser classificado de SC a CL, segundo a classificação unificada.

A jazida n.º 03 situada no interior da bacia hidráulica a cerca de 800m do eixo da barragem e também apresenta solo silto-areno-argiloso podendo ser igualmente classificado de SC a CL, assim como nas jazidas J-01 e J02. A jazida n.º 03 possui uma espessura típica de 1,00 m e o material desta ocorrência apresenta cores predominantemente amarelada a variegada.

Os resumos ensaios e boletins de campo das três jazidas estudadas são apresentados no Anexo II.

Para atender às necessidades da obra com respeito às quantidades dos materiais construtivos, especialmente para a construção do maciço de concreto, dos enrocamentos-de-pé, das proteções dos taludes e dos filtros de areia foram escolhidos: a Pedreira comercial do município de Itaitinga e o areal de domínio público localizado às margens do rio Choró, no município de Chorozinho. O areal (A-01) localiza-se a uma distância aproximada de 57 km do eixo da barragem e a pedreira (P-01) dista cerca de 21

km do eixo barrável. O potencial volumétrico destas ocorrências é suficiente para atender às necessidades de projeto.

4.4.2.1. Jazidas de Solo

As jazidas de solo foram estudadas através de sondagens a pá e picareta, executadas de forma a representar a área a ser explorada.

As principais características das jazidas são apresentadas na **Tabela 4.4**.

Tabela 4.4: Principais Características das Jazidas da Barragem Palmeiras

Elementos Principais	Jazida J-01	Jazida J-02	Jazida J-03
Proprietário	-	-	-
Área Estudada (m²)	175.369,00	150.798,00	564.949,00
Número de Poços	11	15	26
Espessura Média de Expurgo (m)	0,15	0,15	0,15
Espessura Média Utilizável (m)	1,80	1,50	1,00
Volume de Expurgo (m)	26.305,00	22.620,00	84.742,00
Volume Utilizável (m³)	289.359,00	203.577,00	480.207,00
Distância ao Eixo (m)	7.000,00	100,00	800,00

Em furos representativos das jazidas foram coletadas amostras, as quais foram enviadas ao laboratório e submetidas à campanha de ensaios geotécnicos, a saber:

Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 80-64);

Limite de Liquidez (DNER-ME 44-71);

Limite de Plasticidade (DNER-ME 82-63);

Compactação – Proctor Normal (DNER-ME 48-64);

Os resultados dos ensaios geotécnicos realizados nas amostras das ocorrências são apresentados resumidamente na **Tabela 4.5** e no **Anexo II**.

Tabela 4.5.: Ensaios De Laboratório Das Ocorrências

Ensaio		Jazida – J-01	Jazida J-02	Jazida J-03
Granulometria(% que passa)	1”	100%	98%	98%
	3/8”	86%	78%	93%
	N.º 4	78%	61%	88%
	N.º 10	73%	52%	82%
	N.º 40	63%	38%	56%
	N.º 200	38%	19%	21%
LL		36	37	36
IP		11	11	10
USC		SC	SC	SC
Peso Específico Aparente Máximo (g/cm³)		1.912	1.914	1.960
Umidade Ótima (%)		11,9	12,5	11,8

Examinando essa tabela, verifica-se que as amostras ensaiadas permitiram classificar majoritariamente esses materiais como SC da classificação unificadas USC.

Os solos SC (areias argilosas) são excelentes para construção da barragem.

4.4.2.2. Areal

O areal de rio selecionado para emprego nos concretos previstos e elementos de drenagem situa-se no rio Choró, a montante da zona urbana de Chorozinho, distando cerca de 57 km para o eixo barrável.

Os bancos de areia estão sob exploração comercial e tem uma espessura pesquisada de 1,20 m com um potencial volumétrico suficiente para atender aos quantitativos da obra.

Na **Tabela 4.6** são apresentadas as principais características do areal estudado.

Tabela 4.6.: Principais Características do Areal A-01

Elementos Principais	Areal A-01
Localidade	Chorozinho
Proprietário	Domínio Público
Nome do rio	Choró
Área Estudada (m ²)	75.833,00
Número de Poços	5
Espessura Média Utilizável (m)	1,20
Volume Utilizável (m ³)	91.000,00
Distância ao Eixo (m)	57.000,00

4.4.2.3. Pedreira

A pedreira foi identificada e estudada para a execução do CCR e concretos associados, das transições, *rip-rap*, enrocamento de pé e proteção de jusante. A pedreira foi denominada de P-01 e está localizada no município de Itaitinga. Trata-se de uma pedreira comercial onde suas características foram constatadas através dos resultados dos ensaios de abrasão da Pedreira P-01 são apresentados no Anexo II.

Coletaram-se amostras para a realização do ensaio de desgaste por Abrasão “Los Angeles” (DNER-ME 65-64). Na **Tabela 4.7** é apresentado o valor médio do ensaio.

Tabela 4.7: Valores Médios Dos Ensaio Da Pedreira

Abrasão Los Angeles (%)
28

4.4.2.4. Comentários

Os exames dos ensaios de caracterização realizados (granulometria e limites de Atterberg) nas ocorrências de materiais terrosos, jazidas J-01 a J-03, permitiram enquadrar os materiais estudados nos grupos SC (areia argilosa com baixa plasticidade)

da “Classificação Unificada USC”. O enquadramento dos solos neste sistema de classificação possibilita estimar suas características no que concerne a sua utilização na construção de barragens de terra. Segundo Sherard¹, os solos dos tipos SC apresentam as seguintes características:

Solo SC

Alta resistência à erosão;

Alta a média resistência ao cisalhamento;

Praticamente Impermeável;

Excelente trabalhabilidade.

Portanto, os solos são apropriados para a execução de uma barragem de terra.

O areal do Rio Choró mostra-se apropriado para o uso como agregado miúdo dos concretos idealizados para o trecho em CCR além, de se adequar bem como fonte de material para os elementos drenantes ou filtrantes da barragem de terra.

A pedra P-01, constituída de um gnaiss e de baixo desgaste Los Angeles mostra-se adequada para o emprego diretamente na barragem de terra e para agregados graúdos dos concretos.

4.5. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Com apoio de carta topográfica planialtimétrica na escala 1:20.000 e com as observações de campo, escolheu-se um eixo com deflexões tanto na ombreira direita como na ombreira esquerda, de forma a melhor se ajustar ao relevo topográfico do local. Nesse eixo foram nivelados todos os pontos notáveis do terreno e pontos a cada 20 m, a partir de cotas transportadas de uma referência de nível do IBGE.

¹ Sherard, J. L. et ali – Earth Rock Dams, John Wiley and Sons, Inc., 1963

4.5.1. Transporte de Cota

Tomou-se como base a RN n.º 2722R do IBGE, localizada no lado direito da porta principal da Companhia Hidrelétrica do São Francisco - CHESF, na Av. Presidente Costa e Silva, 4677, no bairro do Jangurussu, com altitude ortométrica de 23,869 m.

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

4.5.2. Levantamento do Eixo Barrável

O eixo da barragem Palmeiras foi locado de forma a atender às necessidades volumétricas estabelecidas nos estudos de amortecimento de cheias, procurando-se evitar o conflito com as comunidades existentes do Conjunto Palmeiras, favela da Mana, Pátio da CHESF e Avenida “D” (ligação José Walter- Conjunto Palmeiras).

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

4.5.2.1. Locação dos eixos e Implantação de Marcos

Utilizando-se uma estação total da marca NIKON e GPS geodésico modelo WIPER RTK, locou-se o eixo da barragem, o qual foi materializado a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talvegues, grotas, estradas, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

Os marcos de amarração foram distribuídos ao longo do eixo da barragem e estão materializados sob a forma de tronco piramidal de concreto. A localização dos marcos de amarração é apresentada no desenho n.º 02/20 e as cotas e coordenadas são mostradas no quadro a seguir:

COORDENADAS UTM E COTAS DOS MARCOS DE AMARRAÇÃO BARRAGEM PALMEIRAS (DATUM: SAD-69)			
MARCO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
MA-1	9.576.037,206	550.581,409	19,085
MA-2	9.576.055,230	550.572,711	19,307
MA-3	9.575.997,040	550.581,453	18,377
MA-4	9.575.965,130	550.564,568	18,104
MA-5	9.575.992,148	551.570,499	12,453
05	9.575.622,533	551.819,888	10,568
MA-6	9.576.023,388	551.558,602	12,285
06	9.575.644,778	551.782,018	10,105
07	9.575.188,988	551.701,378	11,373
08	9.575.208,500	551.724,989	11,477
09	9.574.660,006	552.119,040	13,757
10	9.574.673,593	552.135,482	13,757

A estaca -0+200 está localizada na ombreira esquerda, de onde se partiu o eixo buscando uma melhor locação buscando manter um paralelismo com a Avenida D. Na estaca. 0+778,441 (PC) concordou-se uma curva circular com raio de 60,0 m e ângulo central de 44°52'39" para a direita transcorrendo até a estaca 0+825,436(PT), onde o traçado passa a ser em tangente. Entre as estacas 1+169,07 e 1+244,09 projetou-se uma curva circular para a direita, esta com raio de 60,00m e ângulo central igual a 71°38'20". Da estaca 1+244,09 à 1+648,44 o traçado do eixo transcorre em tangente, onde entra em curva circular para a esquerda com raio de 80,00m e ângulo central igual 70°00'00" até chegar à estaca 1+746,17. A partir desta estaca o traçado do eixo ocorre em tangente indo até a estaca 2+475,00, final do eixo.

4.5.2.2. Nivelamento

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

4.5.2.3. Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e sangradouro a cada 20 metros, com utilização de nível e mira. As seções abrangeram uma faixa de domínio com largura de 40 metros a montante e a jusante do eixo barrável, exceto na região do sangradouro onde foram levantadas seções até 100m a jusante e 60m a montante. As seções foram constituídas de pontos cotados a cada 20 metros, considerando-se também os pontos de destaque do relevo topográfico.

4.5.3. Levantamento da Bacia Hidráulica

Para conformação da bacia hidráulica foi utilizada a base cartográfica da Prefeitura Municipal de Fortaleza com curvas de nível de metro em metro, tendo como objetivo a execução de uma planta planialtimétrica em escala 1:12.500.

A partir desta planta e de imagens de satélite foi possível verificar a existência de interferências na área da bacia além de obter uma curva cota x área x volume da barragem. Na **Tabela 4.8** são apresentadas as coordenadas do eixo da Barragem Palmeiras.

Tabela 4.8: Coordenadas do Eixo Principal da Barragem Palmeiras

ESTACA	COORDENADAS UTM – (SAD 69)	
	NORTE (m)	ESTE (m)
-0+220	9.576.016,17	550.591,58
-0+200	9.576.014,79	550.611,53
-0+180	9.576.013,41	550.631,48
-0+160	9.576.012,02	550.651,43
-0+140	9.576.010,64	550.671,39
-0+120	9.576.009,26	550.691,34
-0+100	9.576.007,88	550.711,29
-0+80	9.576.006,49	550.731,24
-0+60	9.576.005,11	550.751,19
-0+40	9.576.003,73	550.771,15
-0+20	9.576.002,35	550.791,10
0+000	9.576.000,97	550.811,05
0+020	9.575.999,58	550.831,00
0+040	9.575.998,20	550.850,96
0+060	9.575.996,82	550.870,91
0+080	9.575.995,44	550.890,86
0+100	9.575.994,06	550.910,81
0+120	9.575.992,67	550.930,76
0+140	9.575.991,29	550.950,72
0+160	9.575.989,91	550.970,67
0+180	9.575.988,53	550.990,62
0+200	9.575.987,14	551.010,57
0+220	9.575.985,76	551.030,52
0+240	9.575.984,38	551.050,48
0+260	9.575.983,00	551.070,43
0+280	9.575.981,62	551.090,38
0+300	9.575.980,23	551.110,33
0+320	9.575.978,85	551.130,29
0+340	9.575.977,47	551.150,24
0+360	9.575.976,09	551.170,19
0+380	9.575.974,70	551.190,14
0+400	9.575.973,32	551.210,09
0+420	9.575.971,94	551.230,05
0+440	9.575.970,56	551.250,00
0+460	9.575.969,18	551.269,95
0+480	9.575.967,79	551.289,90
0+500	9.575.966,41	551.309,86
0+520	9.575.965,03	551.329,81
0+540	9.575.963,65	551.349,76
0+560	9.575.962,26	551.369,71
0+580	9.575.960,88	551.389,66
0+600	9.575.959,50	551.409,62
0+620	9.575.958,12	551.429,57
0+640	9.575.956,74	551.449,52
0+660	9.575.955,35	551.469,47
0+680	9.575.953,97	551.489,42
0+700	9.575.952,59	551.509,38
0+720	9.575.951,21	551.529,33
0+740	9.575.949,82	551.549,28
0+760	9.575.948,44	551.569,23
0+780	9.575.947,04	551.589,18
0+800	9.575.941,89	551.608,41
0+820	9.575.930,73	551.624,90

Tabela 4.8: Coordenadas do Eixo Principal da Barragem Palmeiras

ESTACA	COORDENADAS UTM – (SAD 69)	
	NORTE (m)	ESTE (m)
0+840	9.575.915,84	551.638,24
0+860	9.575.900,78	551.651,40
0+880	9.575.885,72	551.664,57
0+900	9.575.870,66	551.677,73
1+000	9.575.795,38	551.743,56
1+100	9.575.720,15	551.809,44
1+200	9.575.640,80	551.868,56
1+300	9.575.550,06	551.833,22
1+400	9.575.463,84	551.782,57
1+500	9.575.377,61	551.731,92
1+600	9.575.291,39	551.681,28
1+700	9.575.200,05	551.646,24
1+800	9.575.116,65	551.698,34
1+900	9.575.039,57	551.762,04
2+000	9.574.962,48	551.825,75
2+100	9.574.885,40	551.889,45
2+200	9.574.808,32	551.953,15
2+300	9.574.731,23	552.016,85
2+380	9.574.669,56	552.067,81
2+400	9.574.654,15	552.080,55
2+475	9.574.596,33	552.128,33

4.6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

4.6.1. Considerações Sobre A Bacia Do Rio Cocó E A Inserção Estratégica Da Barragem Palmeiras

A barragem Palmeiras fica localizada no município de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, barrando o rio Cocó. O eixo da barragem ficará compreendido pelas coordenadas definidas na **Tabela 4.9** que apresenta as principais estacas de deflexão.

Tabela 4.9: Coordenadas do Eixo Principal da Barragem Palmeiras

Estaca (Km)	Este	Norte
-0+200,00	550.592	9.576.016
0+778,441	551.587	9.575.947
0+825,436	551.628	9.575.926
1+169,07	551.854	9.575.667
1+244,09	551.861	9.575.598
1+648,43	551.656	9.575.249
1+746,17	551.664	9.575.158
2+475,00	552.128	9.575.595

A **Figura 4.2** mostra uma imagem de satélite LANDSAT da bacia hidrográfica do rio Cocó destacando a localização da barragem Palmeiras e o açude Gavião, localizado dentro da bacia hidrográfica desta mesma barragem. A **Figura 4.3** mostra uma imagem de satélite Google Earth da barragem Palmeiras em Fortaleza.

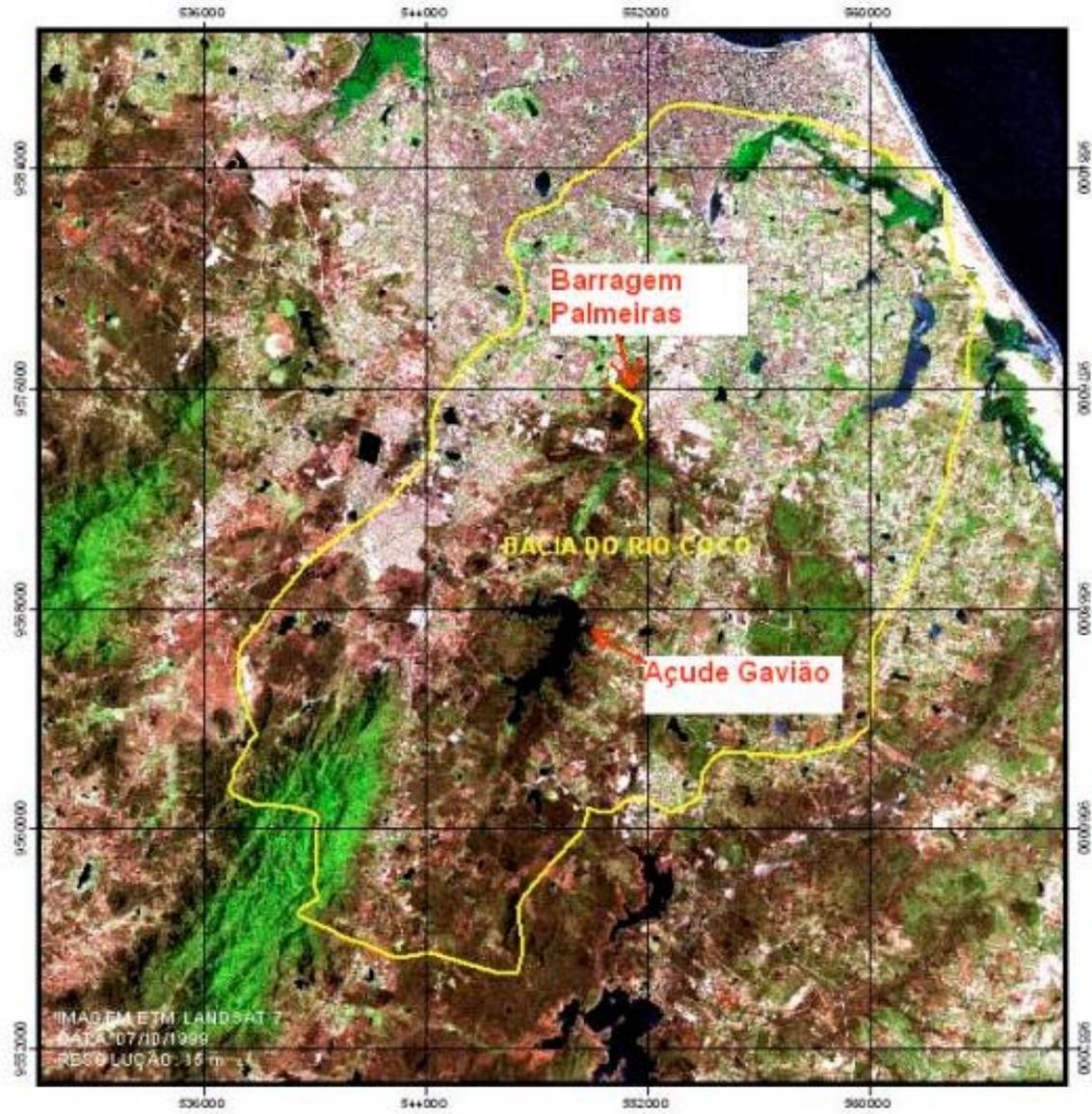


Figura 4.2: Imagem LANDSAT da Bacia do Rio Cocó

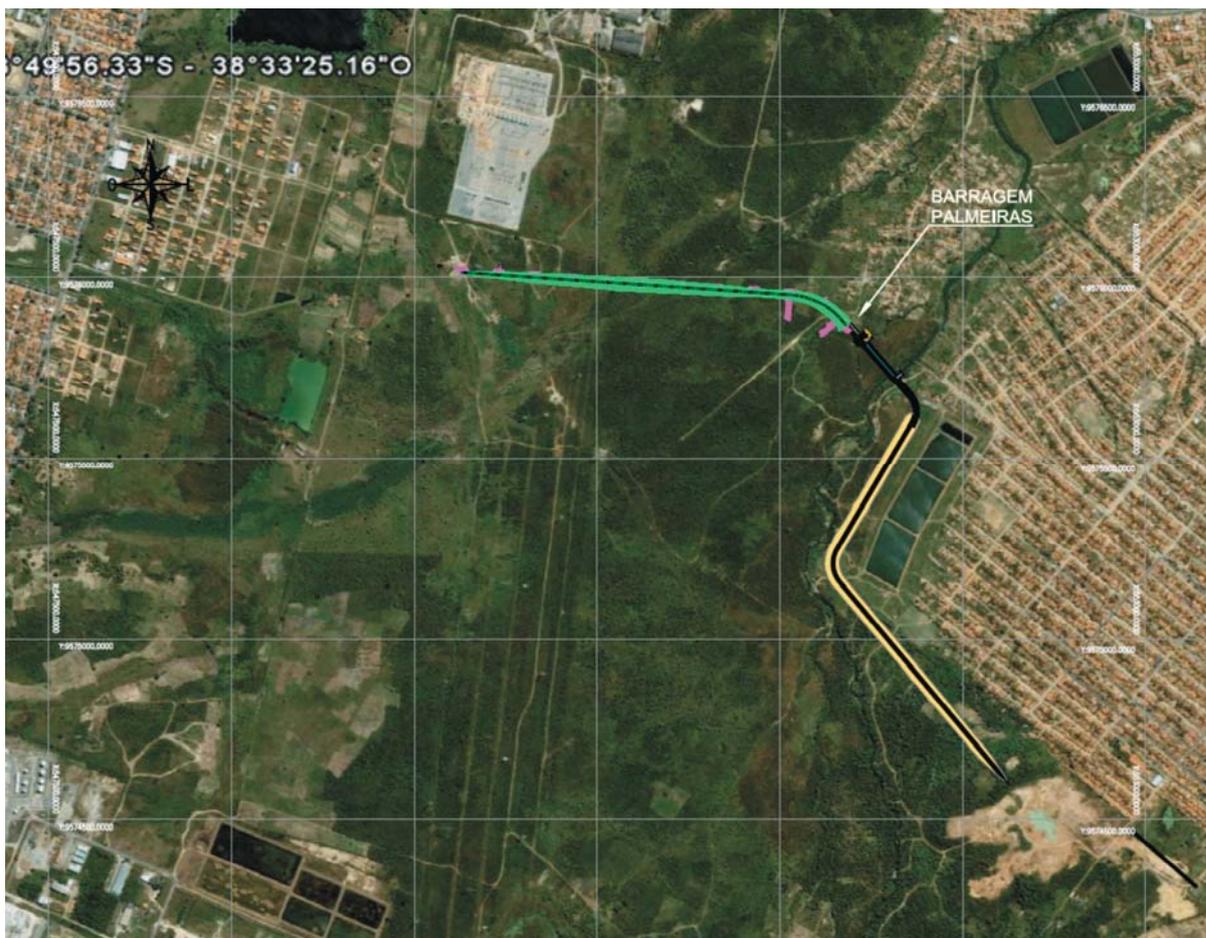


Figura 4.3 : Localização da Barragem Palmeiras em Imagem Google Earth.

O rio Cocó controla uma bacia de aproximadamente 500Km² e tem uma extensão de 46,8 Km desde a sua foz até a nascente mais distante. O rio Cocó possui uma grande área de preservação ambiental – APA, que se inicia na sua foz e se prolonga até o fim do terço inferior do percurso do rio. Nesta área praticamente não há habitações margeando o seu curso inferior, mantendo-se assim bem preservado, porém a partir do Lagamar, no terço médio do rio, surgem várias ocupações irregulares das faixas de preservação de primeira e segunda categoria pela população de baixa renda configurando-se nas *áreas de risco*.

O rio nasce na serra da Pacatuba e atravessa os municípios de Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Aquiraz, Eusébio Itaitinga e Fortaleza. O Rio Cocó tem uma grande importância no sistema de drenagem metropolitano, recebendo descargas de esgotos do maior sistema de drenagem de Fortaleza formado pelos canais do Jardim América, Eduardo Girão e da Avenida Aguanambi.

Antes de ser alcançada a sua área de preservação ambiental, o rio Cocó sofre impacto ambiental com a ocupação da população ribeirinha ao longo de suas margens. Outro agravante ambiental é a presença do lixão desativado do Jangurussu, aonde era depositado o lixo de Fortaleza, o qual fica localizado às suas margens, contribuindo para a poluição de suas águas pelo chorume residual dos vários milhões de toneladas de lixo depositados no Jangurussu.

A característica mais marcante da bacia do rio Cocó com relação ao saneamento ambiental é a presença de uma média barragem na sua alta bacia que é o açude Gavião, último reservatório da cadeia que supre o abastecimento de água potável para a cidade de Fortaleza e para outros municípios da RMF.

O açude Gavião, com capacidade de acumulação de 32,90 hm³, recebe normalmente água do sistema de reservatórios metropolitanos constituídos pelos açudes Pacajús, Pacoti e Riachão, além da água advinda da bacia do Jaguaribe (sistema Orós-Banabuiú-Castanhão) pelo Canal do Trabalhador nas situações de depleção hídrica daqueles reservatórios superficiais.

Mesmo após a construção em andamento do Canal da Integração (Eixo Castanhão-RMF) para suprimento de Fortaleza e, futuramente, do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, o açude Gavião continuará sendo a “caixa-de-passagem” para suprimento direto à Estação de Tratamento de Água da CAGECE, denominada ETA-Gavião.

A Estação de Tratamento de Água - ETA Gavião tinha capacidade inicial de 4,5 m³/s. Após diversas ampliações e melhorias implantadas gradativamente ao longo dos anos, a ETA tem capacidade atual de 8,0 m³/s e se encontra em implantação as obras de ampliação para 10,50 m³/s.

A partir da ETA Gavião inicia-se o sistema adutor de Fortaleza que alimenta por recalque o Reservatório apoiado do Ancuri. A partir do Reservatório do Ancuri, iniciam-se as linhas do macrossistema de distribuição que alimentam os diversos setores de distribuição do município de Fortaleza (exceto o setor de distribuição Mucuripe), Maracanaú e parte dos municípios de Pacatuba, Caucaia e Eusébio.

A característica mais importante do açude Gavião está na sua finalidade precípua de servir de caixa de passagem para alimentação gravitativa da ETA-Gavião, o que obriga a

que a cota do espelho d'água do reservatório seja mantido artificialmente semi-cheio entre a cota 35,50 e 36,0 m, uma vez que a tomada d'água da ETA está na cota 34,0 m. O açude Gavião apresenta uma pequena vazão regularizada ($Q_{90} = 0,59 \text{ m}^3/\text{s}$) em relação conjunto dos três demais reservatórios metropolitanos ($Q_{90} = 4,42 \text{ m}^3/\text{s}$).

Sua bacia de drenagem é de $94,54 \text{ Km}^2$, correspondendo a 18,9 % da bacia hidrográfica do Cocó. A cota da soleira de sangria foi ampliada da cota 35,5 m, que correspondia a um volume de acumulação de $29,5 \text{ hm}^3$ e uma bacia hidráulica de 582 ha, para a cota 36,00 m, passando a acumular um volume de $32,90 \text{ hm}^3$ e possuir uma bacia hidráulica de 618 ha.

O açude Gavião operando na cota 35,50 m, na qual ele abastece gravitariamente a ETA-Gavião, consegue amortecer a totalidade da vazão afluyente de sua bacia hidrográfica para uma cheia com período de retorno de 20 anos, conforme é mostrado na **Figura 4.4** oriunda de simulação com o software HEC-HMS.

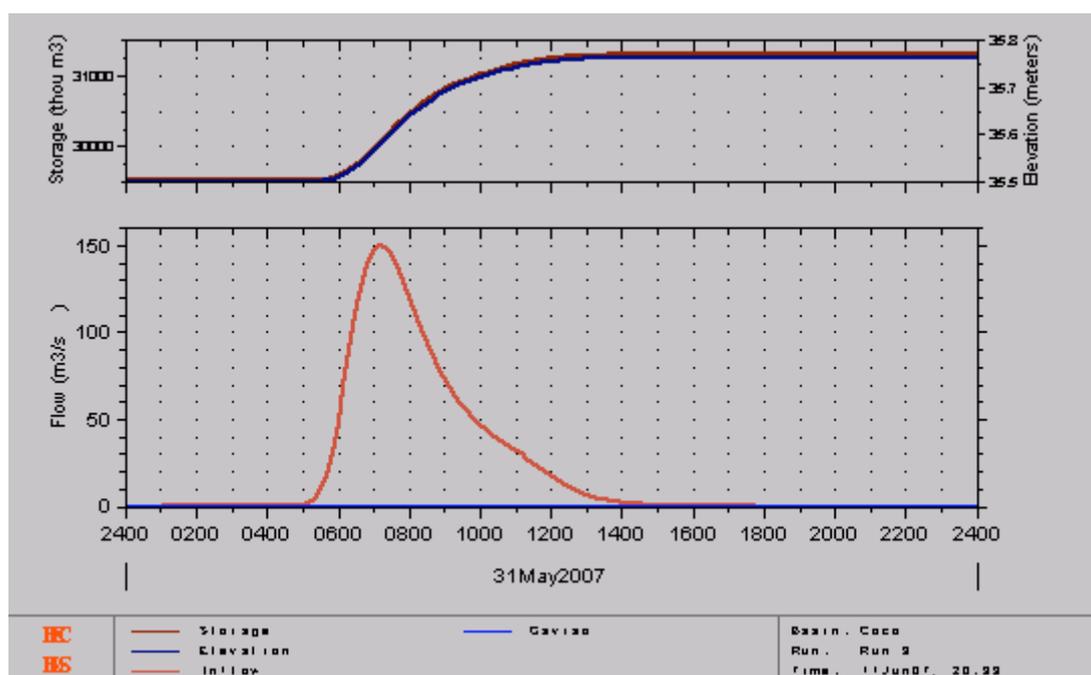


Figura 4.4: Amortecimento total de uma cheia de TR = 20 anos no Açude Gavião, na condição de cota de espera igual a 35,50 m.

Caso o açude Gavião passasse a ter dentre suas finalidades, a função de controle de cheia, a partir da fixação de uma cota para o volume de espera menor do que a cota

35,50 m, poderia contribuir para uma redução de enchentes de período de retorno maior do que 20 anos.

Entretanto, a bacia hidrográfica do rio Cocó é muito grande alcançando vazões de 460 m³/s para um período de retorno de 20 anos. Na região crítica das áreas de risco a partir do Conjunto Palmeiras em Fortaleza, a vazão variará incrementalmente ao longo do rio de 260 m³/s até 460 m³/s mesmo com o amortecimento global da cheia de TR = 20 anos proporcionado pelo açude Gavião.

A **Figura 4.5** mostra o hidrograma resultante de uma cheia de TR = 20 anos na seção do boqueirão existente no Conjunto Palmeiras. A **Figura 4.6** mostra o mesmo para a seção imediatamente a jusante da descarga do Canal da Aerolândia no rio Cocó.

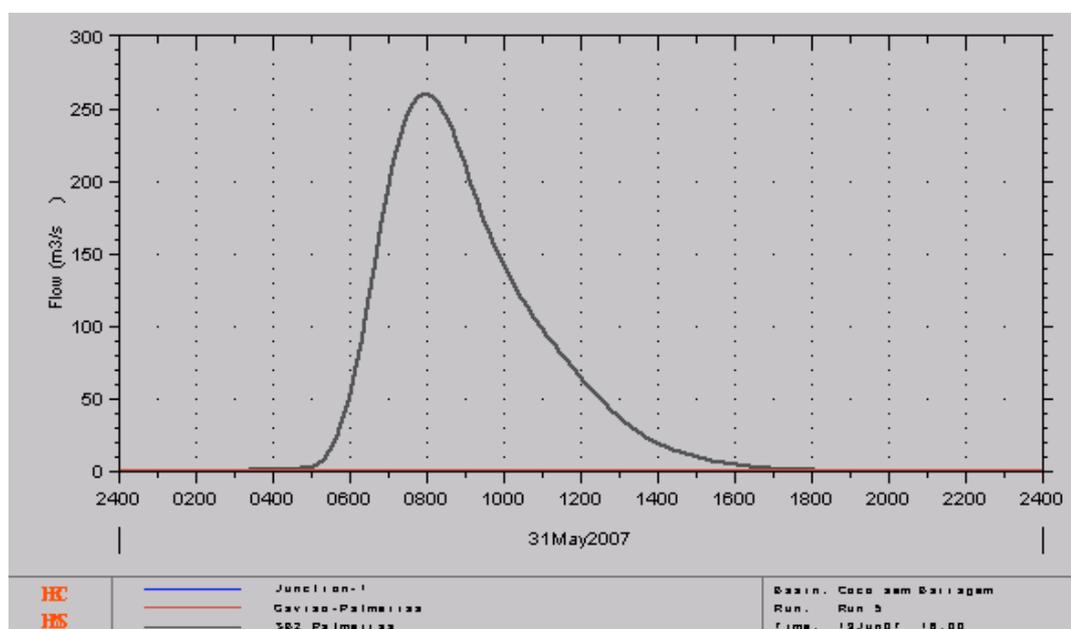


Figura 4.5 : Hidrograma de uma cheia TR = 20 anos no boqueirão do Conjunto Palmeiras – Rio Cocó.

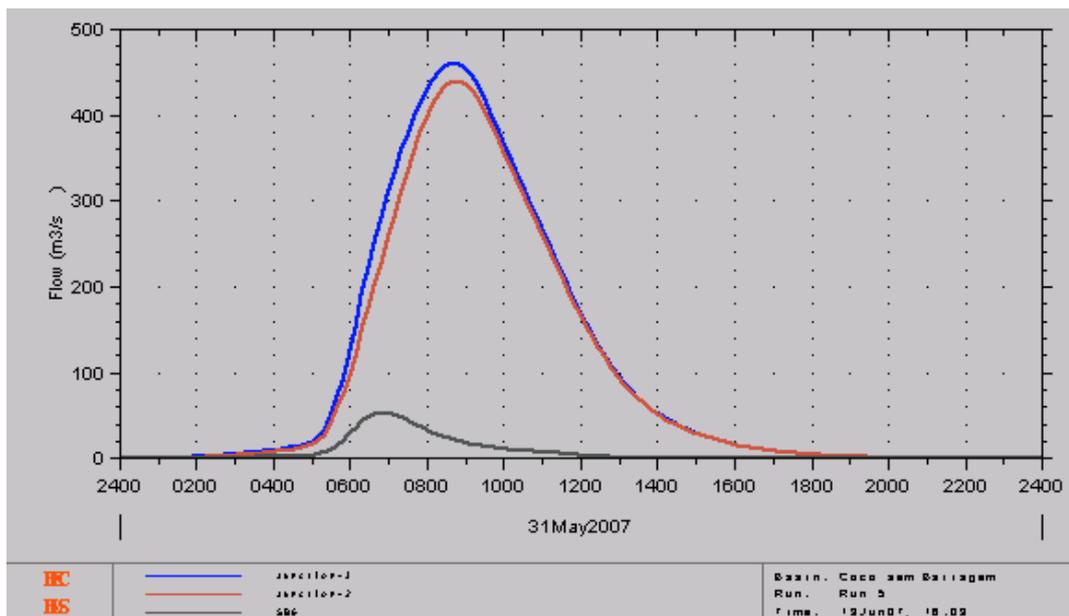


Figura 4.6: Hidrograma para uma cheia TR = 20 anos, na seção do Rio Cocó a jusante da confluência com o Canal da Aerolândia.

Os estudos realizados na fase de Diagnóstico do Plano de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza, elaborado pela FUNASA (2007) revelaram que uma cheia com período de retorno de 20 anos chega a atingir 8.315 casas na faixa de inundação adjacente às margens do rio Cocó.

Os estudos revelaram ainda que não seja possível se obter uma solução definitiva para o problema das cheias nas áreas de risco e habitações adjacentes às margens do rio Cocó sem a construção de uma obra de barramento para amortecimento da onda de cheia.

A bacia do rio Cocó apresenta poucas possibilidades de obras de barramento em função da inexistência de boqueirões com características topográficas e geotécnicas viáveis, além da densa ocupação urbana da bacia de montante.

O único boqueirão que se apresenta como viável para construção de uma barragem de controle de cheias no rio Cocó é exatamente o existente à altura do conjunto habitacional Palmeiras, no município de Fortaleza, próximo à CHESF.

Este boqueirão fica localizado junto à ETE do Conjunto Palmeiras, adjacente à CHESF, ocupando o local onde seria construída a Central atacadista de Fortaleza. A barragem tem um formato sinuoso devido aos diques de terra de proteção contra transbordamento do açude para dentro do Conjunto Palmeiras. A **Figura 4.7** mostra uma fotografia do local do boqueirão.

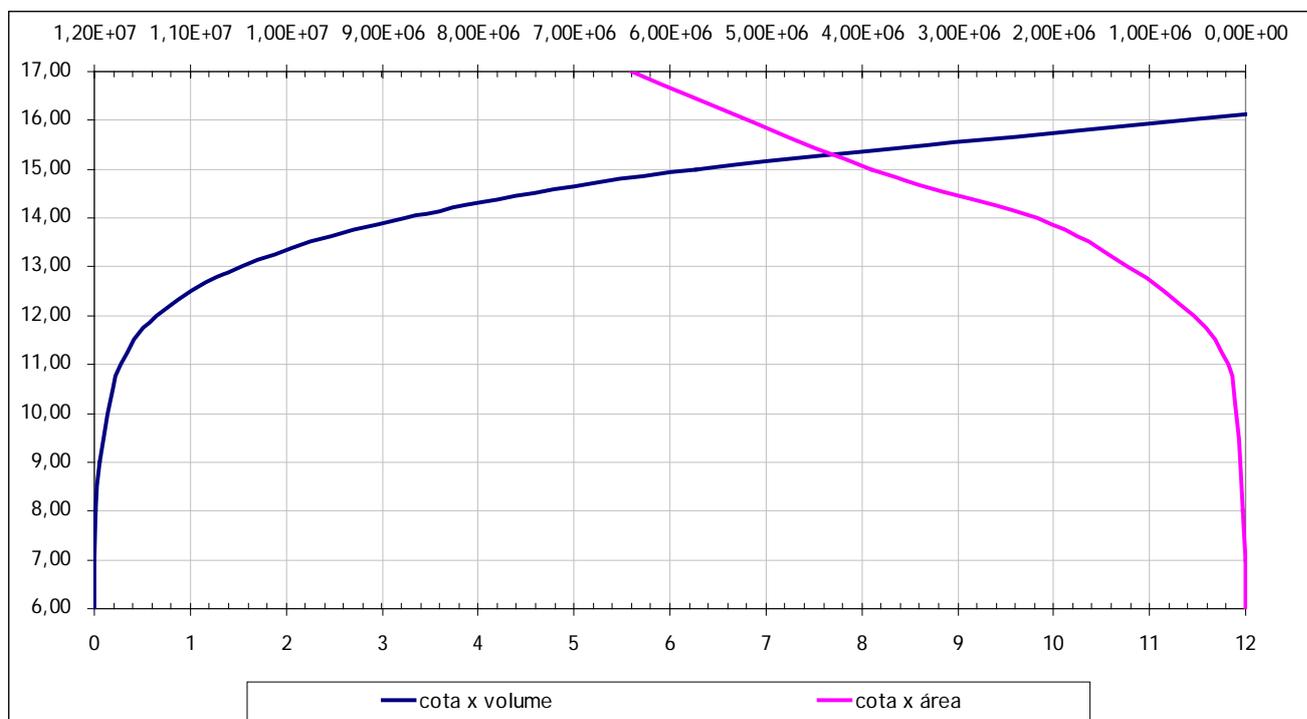


Figura 4.7: Local do boqueirão da Barragem Palmeiras.

A **Tabela 4.10** mostra os dados da curva cota \times área \times volume da Barragem Palmeiras, enquanto que a **Figura 4.8** mostra o gráfico desta curva.

Tabela 4.10: Dados da Curva Cota \times Área \times Volume da Barragem Palmeiras

Cota(m)	Área total	Volume acum(hm ³)
6,00	-	-
7,00	5.495,55	0,003
8,00	27.904,32	0,019
9,00	55.726,18	0,061
10,00	98.421,92	0,138
11,00	172.059,00	0,277
12,00	532.444,08	0,639
13,00	1.241.144,16	1,534
14,00	2.171.185,34	3,240
15,00	3.898.038,82	6,279
17,00	6.391.536,44	16,580

**Figura 4.8: Curva Cota \times Área \times Volume da Barragem Palmeiras**

A barragem Palmeiras terá uma capacidade de acumulação de 6,28 hm³ inundando uma área de 389,80 ha na cota da soleira do sangradouro igual a 15,00 m.

A bacia hidrográfica da barragem Palmeiras é de 211,28 Km², incluindo a bacia hidrográfica do açude Gavião. A área de drenagem controlada somente pela barragem Palmeiras é igual a 116,74 Km², sendo, portanto, superior à do açude Gavião (94,54 Km²).

A barragem Palmeiras está concebida para exercer as funções de controle de cheias no rio Cocó. A sua operação deve ser estabelecida de forma a manter o nível d'água em torno da cota 12,00 m, cerca de 3,00 m abaixo da cota da soleira de sangria, correspondendo a um volume de espera da ordem de 5.641.000 m³. A cota de espera sendo igual a 12,00 m implica numa reserva de acumulação de 639.000 m³, equivalendo a 10,2 % da capacidade máxima do reservatório.

Em termos de eficiência hidrológica para controle da cheia com período de retorno de 20 anos, a barragem Palmeiras consegue amortecer 100% da vazão afluente da cheia de 20 anos, desde que seja mantido o volume de espera aqui indicado.

A **Figura 4.9** mostra o hidrograma de amortecimento da cheia de 20 anos na barragem Palmeiras, apresentando vazão nula sangrada para jusante. A vazão de 260 m³/s é completamente amortecida no reservatório, com inequívocos benefícios para a população de jusante residente às margens do rio e suas adjacências.

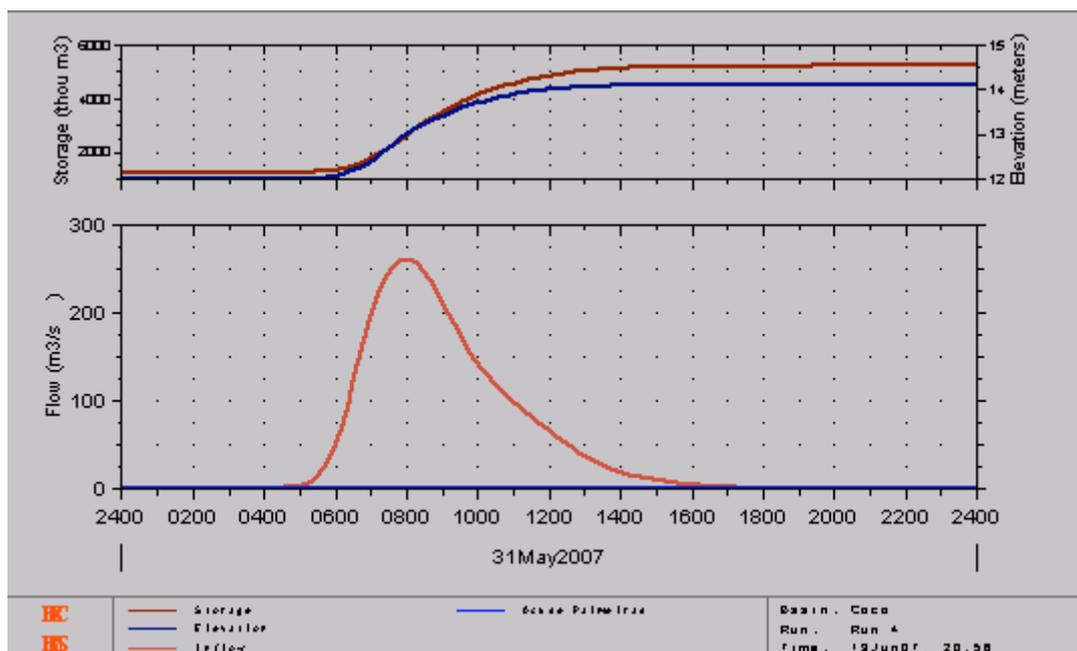


Figura 4.9: Amortecimento da cheia de TR = 20 anos no Açude Palmeiras (vazão nula de saída) para operação na cota 12,00 m.

Os benefícios advindos da construção da barragem (Açude) Palmeiras, são evidentes, uma vez que o número de famílias diretamente afetadas por uma cheia com período de retorno de 20 anos, seria reduzida conforme a **Tabela 4.11** abaixo.

Tabela 4.11: Número Estimado de Famílias Atingidas pela Cheia de TR = 20 Anos

Situação	N.º de Famílias Atingidas	População Estimada (hab.)
SEM BARRAGEM	8.315	41.575
COM BARRAGEM	2.080	10.400

4.6.2. Hidrologia da Bacia da Barragem Palmeiras

Os estudos hidrológicos conduzidos para dimensionamento da barragem Palmeiras visaram:

- Caracterizar a bacia hidrográfica do açude;
- Caracterizar a climatologia e o regime hidrológico da região;
- Realizar o estudo de cheias para dimensionamento do sangradouro;

4.6.2.1 Parâmetros Característicos da Bacia Hidrográfica do Açude Palmeiras

A bacia hidrográfica da barragem Palmeiras fica localizada ao sul da Região Metropolitana de Fortaleza, compreendendo uma área de 211,28 Km² de terras dos municípios de Fortaleza, Maracanaú e Pacatuba. O perímetro da bacia é da ordem de 69,89 Km. O maior talvegue se desenvolve por 25,04 Km, com nascente na serra da Pacatuba com desnível de 432 m até o local da barragem. A **Figura 4.10** mostra a localização da barragem em mapa na escala 1:100.000 da SUDENE/DSG.

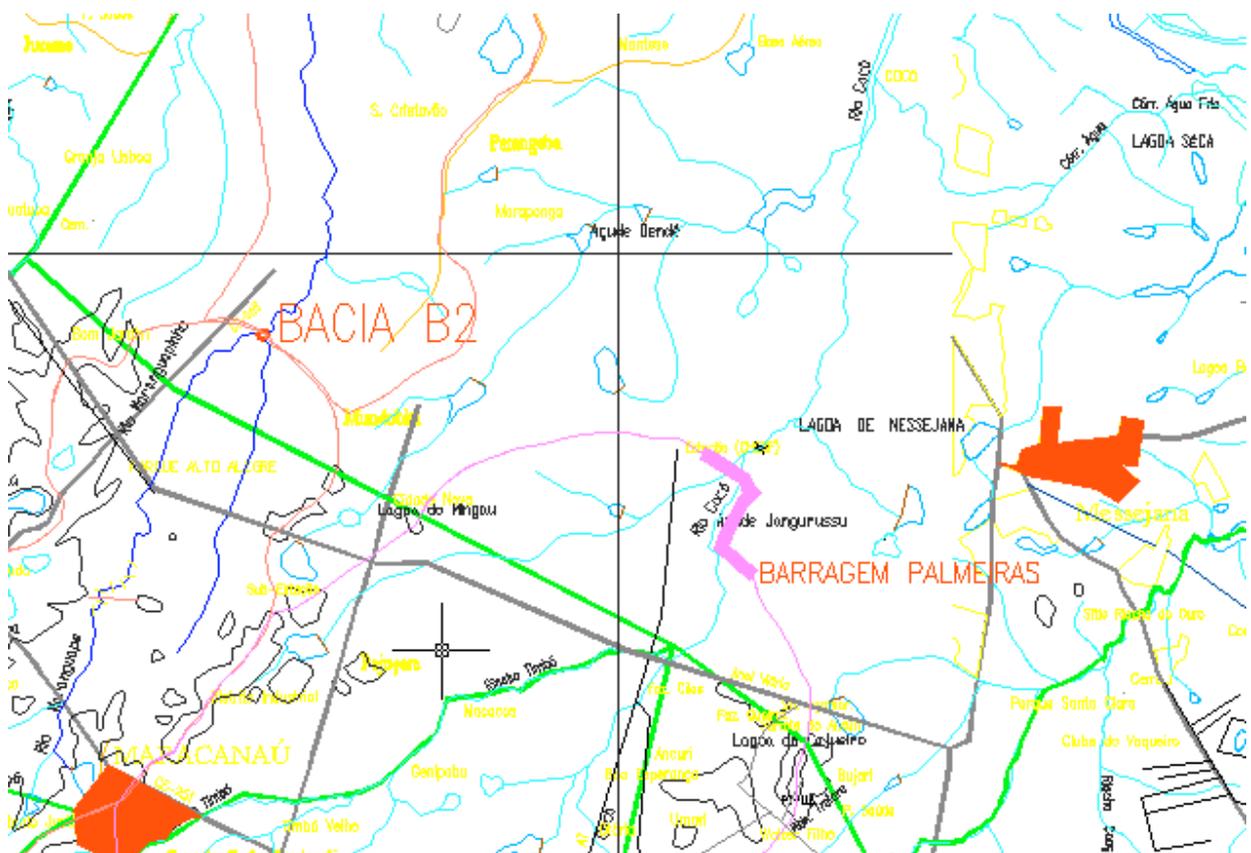


Figura 4.10: Localização da barragem Palmeiras na escala 1:100.000

De acordo com os dados indicados, a bacia hidrográfica da barragem Palmeiras tem os seguintes parâmetros hidrológicos característicos:

Coeficiente de Compacidade K_c ou Índice de Gravelius K_g

É a relação entre o *perímetro da bacia* e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

Sendo $A = \pi r^2$ (área do círculo) logo:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{mas} \quad K_c = \frac{P_{\text{bacia}}}{2\pi r} \quad \text{substituindo } r : K_c = 0,28 \frac{P_{\text{bacia}}}{\sqrt{A}}$$

Quanto mais irregular for a bacia, maior será o valor de K_c . Quanto mais próximo de 1,0 for o valor de K_c maior será a propensão a enchentes rápidas na bacia.

Para a bacia da barragem Palmeiras o Coeficiente de Compacidade K_c é:

$$K_c = 0,28 \frac{69,89}{\sqrt{211,28}} = 1,34$$

Assim, como o valor de K_c difere em torno de 34% do valor crítico de referência (1,0) então a bacia é pouco propensa a cheias rápidas.

Fator de Forma – K_f

É a relação entre a *largura média* e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento axial L quando se segue o curso d'água mais longo desde a foz até a cabeceira (nascente mais distante) da bacia.

$$\text{A Largura média } \bar{L} \text{ é definida por: } \bar{L} = \frac{A}{L} \quad \text{e} \quad K_f = \frac{\bar{L}}{L} \quad \text{logo} \quad K_f = \frac{A}{L^2}$$

Quanto maior for K_f maior será a propensão a enchentes. Significa que o L é menor e a forma da bacia é mais compacta. Um baixo valor de K_f significa que a bacia é mais estreita e alongada, havendo menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão.

Para a bacia da barragem Palmeiras o valor de K_f é:

$$K_f = \frac{211,28}{25,04^2} = 0,336$$

Como o valor de K_f é baixo, então se confirma a pouca propensão da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras para ocorrência de enchentes rápidas.

Sistema de Drenagem

Constitui o sistema de talwegues formado pelo rio principal e seus tributários ou afluentes. Serve para indicar a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia (chega no exutório).

Ordem dos Cursos D'água

A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação da bacia hidrográfica.

Classificação de Horton-Strahler:

Ordem 1: São as correntes formadoras ou primeiros canais sem nenhum tributário

Ordem 2: Quando se unem 2 canais de Ordem 1

Ordem 3: Quando se unem 2 canais de Ordem 2

Ordem 4: Quando se unem 2 canais de Ordem 3

etc.

No caso da barragem Palmeiras, considerando os principais tributários identificáveis em cartas na escala 1:100.000, a ordem do rio Maranguapinho na seção exutória da barragem é 3.

Tempo de Concentração - t_c

Chama-se *tempo de concentração* ao tempo que leva para que a chuva caída no ponto mais distante da seção exutória da bacia, percorra sua trajetória até atingir esta seção exutória. Assim, iniciando-se a contagem dos tempos no início da chuva, considerando que esta cubra toda a bacia hidrográfica, o *tempo de concentração* medirá o tempo que

levará para que toda a bacia hidrográfica esteja contribuindo para a vazão no exutório da mesma.

Uma outra definição mais precisa de *tempo de concentração* é baseada nas definições da hietôgrafa de precipitação e do hidrograma do escoamento superficial direto. O *tempo de concentração* é o tempo medido entre o centro de massa do hietograma da precipitação efetiva e o ponto de inflexão da curva de recessão do hidrograma de escoamento superficial direto.

Existem várias metodologias para se estimar o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, levando-se em conta o fluxo sobre a superfície dos terrenos e nos canais naturais ou artificiais. Não existe, entretanto, uma fórmula consensual universalmente aceita sem restrições e aplicáveis a todos os casos, devido, principalmente, aos diferentes tipos, tamanhos e características particulares de cada bacia.

Para o caso da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras, a fórmula mais simples e que via de regra conduz a resultados práticos satisfatórios é a de Kirpich com as modificações introduzidas pelo Califórnia Highways and Public Roads – CHPR, apresentada a seguir.

Fórmula do Califórnia Highways and Public Roads

$$t_c = 57 \cdot \left[\frac{L^3}{\Delta H} \right]^{0,385}$$

onde: t_c = tempo de concentração em minutos;

L = comprimento do maior talvegue em Km;

ΔH = diferença máxima de nível no talvegue (Cota maior – cota menor) em m.

Para a barragem Palmeiras o tempo de concentração determinado por esta fórmula **é**:

$$t_c = 57 \cdot \left[\frac{25,04^3}{432} \right]^{0,385} = 227,31 \text{ min} \cong 3,78 \text{ horas}$$

A **Tabela 4.12** sumariza os principais parâmetros característicos de interesse da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras.

Tabela 4.12: Sumário das Principais Características da Bacia Hidrográfica da Barragem Palmeiras

PARÂMETRO DA BACIA	VALOR
Área da bacia hidrográfica	211,28 Km²
Perímetro da bacia	69,89 Km
Comprimento do maior talvegue	25,04 Km
Desnível máximo no maior talvegue	432 m
Coefficiente de Compacidade K_c	1,34
Coefficiente de Forma K_f	0,336
Ordem do rio na seção da barragem	3
Tempo de Concentração da bacia	3,78 horas

4.6.2.2 Características Gerais de Cobertura e Solos da Bacia

As definições de solos e cobertura vegetal da área em estudo constituem elementos importantes na formação do regime de escoamento superficial. A cobertura vegetal representa o primeiro obstáculo encontrado pela precipitação e tem papel importante na interceptação e na evapotranspiração. Os solos através da sua capacidade de infiltração, capacidade de retenção de água próximo à superfície e da presença de depressões evaporativas, definem os movimentos das águas que ultrapassaram a cobertura vegetal.

A **Figura 4.11** mostra o mapa de solos da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras, na qual predomina os solos PE25 – Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico (33,37 Km² ≈ 15,79%) e PVd6 – Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico (172,5 Km² ≈ 81,65 %), além de uma pequena mancha de SS-2 – Solonezt Solodizado (5,38 Km² ≈ 2,5%).

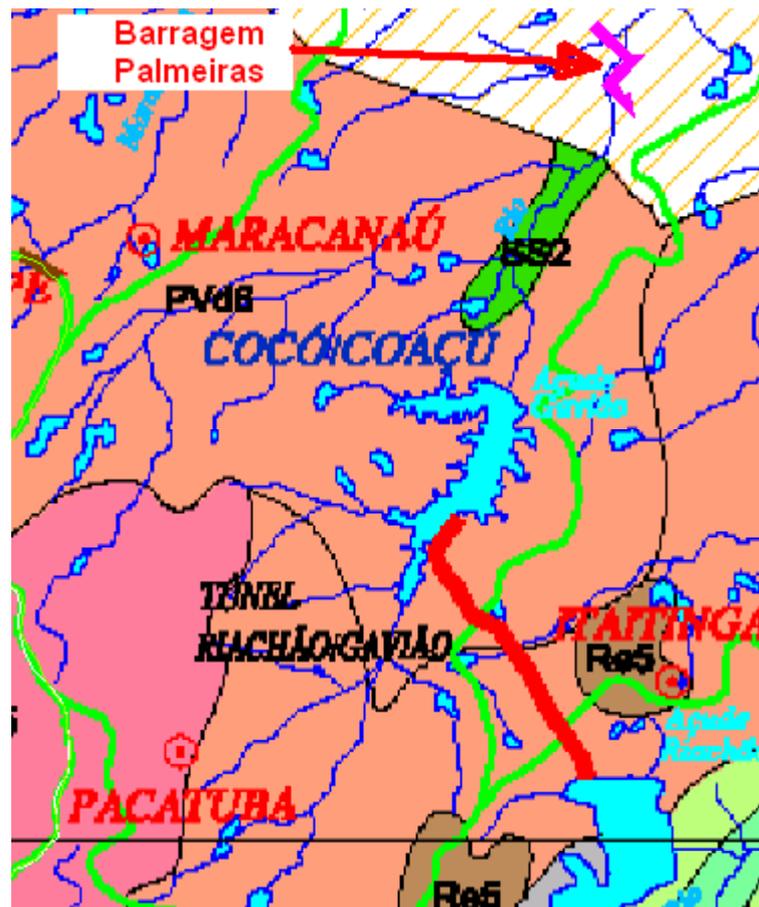


Figura 4.11: Mapa de Solos da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras (Fonte: COGERH, 2001)

A **Figura 4.12** mostra o mapa de uso e ocupação de solo da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras. A **Figura 4.13** mostra a legenda de cores relativa a **Figura 4.12**.

A finalidade precípua da classificação dos solos e do uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do açude Palmeiras é definir o valor da Curva Número – CN para emprego do Método da Curva Número do SCS – Soil Conservation Service para cálculo da precipitação efetiva que será transformada em escoamento superficial afluente ao reservatório no dimensionamento do sangradouro.

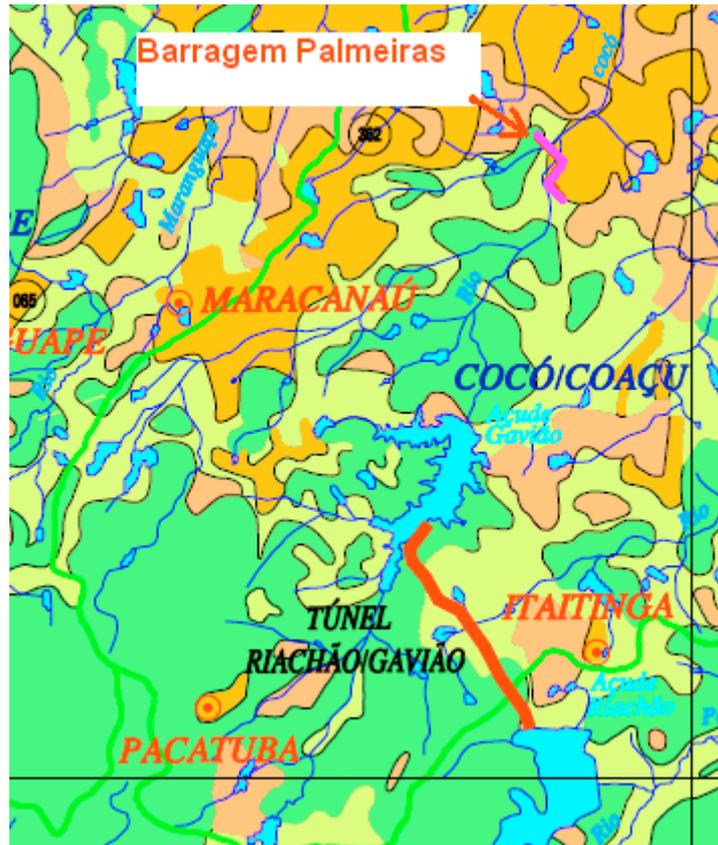


Figura 4.12: Mapa de Uso e Ocupação de Solo da bacia hidrográfica da barragem Palmeiras (Fonte: COGERH, 2001)

O SCS classifica os solos em quatro grupos, os quais são identificados pelas letras A, B, C e D. As características são associadas a cada grupo de acordo com a **Tabela 4.13** abaixo.

Tabela 4.13: Classificação dos solos segundo o método do SCS.

GRUPO	CARACTERÍSTICAS
A	Com um potencial mínimo de escoamento superficial e alta taxa de infiltração, inclui os solos arenosos profundos com pouco silte e argila, e também é muito permeável.
B	A maior parte dos solos arenosos, menos profundo ou menos compacto que o grupo A, porém com uma infiltração média inferior e menos permeáveis que o anterior.
C	Os solos pouco profundos, que geram escoamento superficial acima da média e com infiltração inferior a média, com porcentagem considerável de argila.
D	Solos pouco profundos, com infiltração muito baixa, gerando muito escoamento superficial, contendo mais argila.

Na bacia em estudo foi identificado solo tipo C em toda a extensão. A partir disso os valores de CN foram estimados para a bacia hidrográfica da barragem Palmeiras, conforme a **Tabela 4.14**.

LEGENDA

-  Vegetação de Parte Arbórea (abrange diferentes tipologias vegetais – caatinga no domínio da depressão sertaneja, matas úmidas e matas secas associadas aos maciços residuais e vegetação de tabuleiros na região pré-litorânea).
-  Vegetação de Parte Arbustiva/Herbácea (abrange predominantemente a vegetação de caatinga, sendo observado nos tabuleiros litorâneos e áreas serranas a substituição gradativa da vegetação nativa original pela caatinga nas áreas submetidas a desmatamentos sucessivos com posterior abandono, dando origem a capoeiras.
-  Floresta Perenifólia Paludosa Marítima (mangue).
-  Mata Ciliar de Camaúba
-  Campos de Dunas (fixas, semi-fixas e móveis) e Faixas de Praia
-  Agricultura de Sequeiro (planta de culturas de subsistência e capineiras ao longo dos cursos d'água e terras altas, e fruticultura nos tabuleiros litorâneos, com destaque para o caju na região de Pacajus/Charoizinho e ao longo do Canal do Trabalhador. Engloba, ainda, terras em descaño, prática associada a agricultura itinerante desenvolvida na região e áreas degradadas pela extrativismo vegetal e outras usos não identificados).
-  Agricultura Efetivamente Irrigada (cajuicultura e cultivos de subsistência ao longo do Canal do Trabalhador, cana-de-açúcar, hortaliças, capineiras e culturas de subsistência às margens do rio Pacati, na região de Redenção/Acarape; e capineiras na região a sudeste da Lagoa dos Paços em Caucaia e a jusante do açude Pompeu Sobrinho em Choró.
-  Áreas Urbanas

Figura 4.13: Legenda de Cores da Figura 4.12

Tabela 4.14: Definição da Curva Número para a bacia do Açude Palmeiras

Tipo de Cobertura	Área (Km²)	(%)	CN	CN Ponderado
Vegetação de porte arbórea	141,55	67,0	70	46,9
Vegetação arbustiva / herbácea	63,59	30,1	75	22,57
Agricultura de sequeiro	5,28	2,5	79	1,97
Área urbana	7,81	3,7	95	3,51
CN Global Ponderado				74,95

De acordo com os valores da Tabela 6, adotou-se um valor global de CN = 75 para a bacia hidrográfica da barragem Palmeiras.

4.6.2.3. Caracterização Climatológica Da Região

A bacia hidrográfica da barragem Palmeiras não tem estação hidroclimatológica localizada em seus domínios, sendo por isso utilizada como estação representativa mais próxima que é a de Fortaleza, com denominação homônima de sua localidade (INEMET, 1991)².

A **Tabela 4.15** apresenta a classificação hidroclimatológica para a bacia da barragem Palmeiras.

Tabela 4.15: Resumo dos Indicadores Climáticos

PARÂMETRO CLIMATOLÓGICO	VALOR / UNIDADE
Pluviometria média anual	1386 mm
Evaporação média anual	1468 mm
Evapotranspiração potencial (Hargreaves)	1563,1 mm
Insolação média anual	2694,3 h
Umidade relativa média anual	78,3 %
Temperatura média anual: média das máximas	29,9 °C
Temperatura média anual: média das médias	26,6 °C
Temperatura média anual: média das mínimas	23,5 °C
Classificação climática segundo Köppen	BWx'
Classificação climática segundo Thornthwaite	C2S2A'a'

4.6.2.4. Condições Climáticas Regionais

As regiões semi-áridas, como o Nordeste brasileiro, são submetidas a condições anômalas com períodos prolongados de seca, em que as atividades sócioeconômicas são profundamente modificadas, através da queda da produção, êxodo rural, crescimento da miséria etc. Como exemplo, pode-se citar áreas no interior do Ceará, intensamente degradadas, nas quais o processo de desertificação já se encontra instalado. Esses casos são produzidos pelas características agressivas do clima semi-árido, associado à técnicas inadequadas de manejo do solo, gerando o abandono das áreas e o conseqüente aumento dos cinturões de pobreza nos centros urbanos.

A circulação atmosférica no estado do Ceará é regida, basicamente, por três sistemas sinóticos geradores de precipitação: as frentes frias, com sua formação original no pólo Sul, a Zona de Convergência Intertropical, que oscila dentro da faixa de trópicos e um

²INEMET, 1991. INVENTÁRIO DE ESTAÇÕES HIDROCLIMATOLÓGICAS.

Centro de Vorticidade Ciclônica, com tempo de atuação variável dentro do período de chuvas.

Além desses, outros sistemas de menor escala atuam na região, como as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa e as brisas marítima e terrestre que incidem com frequência na zona litorânea.

A Zona de Convergência Intertropical é o principal sistema sinótico responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa. Atinge sua posição máxima, no hemisfério sul, em torno do equinócio outonal (23 de março), retornando ao hemisfério norte em maio, quando o período chuvoso entra em declínio.

4.6.2.5. Condições Climáticas Locais

Na Região Metropolitana de Fortaleza., o clima é razoavelmente homogêneo, estando as pequenas variações diretamente ligadas ao regime pluviométrico. Com base nos índices de precipitação média anual, pode-se esboçar o seguinte zoneamento pluviométrico (Figura 13):

- Uma zona predominante, em que o índice pluviométrico médio situa-se no patamar de 1.200 a 1.400 mm e as temperaturas são mais amenas nas zonas litorâneas;
- Climas localizados, definidos em áreas de altitudes elevadas (serras de Maranguape e Aratanha/Pacatuba), onde a incidência de chuvas orográficas determina um aumento significativo da pluviometria média anual, situando-se numa faixa da ordem de 1.400-1.600 mm. Esses setores caracterizam-se também, pela ocorrência de temperaturas mais baixas;
- Clima de condições mais secas, na porção ocidental, estando numa faixa em que a precipitação média oscila em torno de 900 a 1.200 mm, com temperaturas mais elevadas nas áreas interioranas (sertões) e mais amenas no litoral.

O regime pluviométrico é bastante variável, podendo ocorrer anos de chuvas excessivas e de precipitações escassas, com ocasionais períodos de estiagem prolongada. No decorrer do ano a distribuição também é muito irregular.

Normalmente cerca de 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre, sendo os meses de março a maio, os mais chuvosos, concentrando aproximadamente dois terços do total. Por vezes, ocorrem chuvas excessivas em curto espaço de tempo, ocasionando as enchentes e, conseqüentemente, sérios problemas para as áreas ribeirinhas. Os meses mais secos correspondem ao período de setembro a novembro.

A disponibilidade de água no solo é essencial para a demanda das plantas e, conseqüentemente, para a utilização agrícola do solo. O balanço hídrico consiste do confronto entre as necessidades das plantas e a quantidade de chuvas que ocorre numa determinada região. Em outras palavras, representa a contabilidade da entrada e saída de água no solo. O balanço hídrico consiste dos seguintes fatores:

- Precipitação (P): quantidade de água adicionada ao solo por processos naturais (chuvas) ou artificiais (irrigação);
- Evapotranspiração potencial (EP): quantidade anual de água, teoricamente necessária para a manutenção da planta verde;
- Evapotranspiração real (ER): quantidade de água que retorna à atmosfera por transpiração vegetal;
- Excesso hídrico: quantidade de água precipitada, não absorvida pelo solo e não evapotranspirada, incorporando-se à rede de drenagem superficial e/ou subterrânea;
- Deficiência hídrica: quantidade de água que falta ao pleno desenvolvimento e crescimento da planta.

Segundo Ribeiro & Gonçalves (1981) e Bezerra (*op. cit.*), quando a razão P/EP é maior que um, significa que existe um potencial hídrico disponível às plantas, ao escoamento superficial e à recarga dos aquíferos. Esses valores são encontrados no litoral da R.M.F. e nas serras de Maranguape e Pacatuba (maciços orográficos), enquanto valores menores que um são freqüentes no sertão, principalmente a sotavento das citadas elevações.

Na zona litorânea a evapotranspiração real (ER) ocorre com valores médios anuais inferiores a 1.000 mm, tendo os maiores índices mensais no período de fevereiro a junho, quando assume valores similares aos de EP, congruentes ao período de armazenamento

de água no solo. Os maiores índices de excesso hídrico ocorrem nas serras citadas e no litoral, enquanto os menores estão localizados a sotavento dos maciços orográficos. Obviamente, o período de maior excedente hídrico é concomitante à estação chuvosa, enquanto que a deficiência hídrica acentua-se nos meses de estiagem, ou seja, no segundo semestre, com ênfase nos meses de setembro a novembro.

A temperatura média anual nas áreas mais litorâneas é da ordem de 26 a 27 °C com máximas situando-se, com maior frequência, entre 31 e 32 °C. Nas áreas interiores, a média atinge o patamar de 28 °C, enquanto a média das máximas fica em torno de 33 a 34 °C. A média anual nas zonas de climas serranos torna-se mais amena e decai para 25 °C, atingindo valores em torno de 22 °C.

Em termos absolutos as temperaturas podem elevar-se a valores próximos a 38 °C, sendo mais freqüentes limites de 35 a 37 °C. Nas áreas altas, as mínimas absolutas chegam abaixo de 17 °C, sendo mais comum em torno de 20 °C.

Outras características predominantes no panorama climático da R.M.F., com exceção das áreas topograficamente mais elevadas, são: baixos índices de nebulosidade, ventos alísios que sopram do quadrante leste, forte insolação e altas taxas de evaporação.

Conforme consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), a nebulosidade apresenta índices freqüentemente superiores a 6 décimos, atingindo mais de 7,5 décimos no período chuvoso. Durante a estiagem diminui bastante, permanecendo entre 2 e 4 décimos, especialmente no trimestre agosto-outubro.

Os ventos, que só têm representatividade nas áreas litorâneas, mostram uma flutuação de direção predominante entre os pontos cardeais de nordeste e sudeste. As maiores velocidades ocorrem no segundo semestre, quando os valores médios situam-se entre 3 m/s e 4 m/s, enquanto no primeiro semestre, principalmente antes do início da época de chuvas mais abundantes, as velocidades reduzem-se bastante.

Quanto à insolação, a região apresenta uma exposição média ao sol, de cerca de 2.650 horas/ano a quase 3.000 horas/ano. No decorrer do ano a incidência de luz solar atinge os menores valores - em torno de 6 horas/dia, nos meses de maior pluviosidade e, no auge da estiagem, situa-se na faixa de 9 horas/dia.

Além disso, as condições climáticas da região favorecem o fenômeno da evaporação, o qual provoca perdas hídricas consideráveis, mormente aos volumes acumulados em superfícies livres. Como este processo está diretamente relacionado ao regime pluviométrico, o trimestre úmido (março-maio) é o de menor índice, correspondendo, em média, a 15% da evaporação anual.

Por outro lado, o período de setembro a novembro concentra quase um terço do total. Na zona litorânea, a taxa média de evaporação fica em torno de 2.300 mm, enquanto nas áreas mais interiores alcança valores de 2.800 mm.

Quando ocorrem anos muito secos, os índices de evaporação são ainda mais elevados, podendo superar 3.300 mm. Nesses casos, acontece uma acentuada redução na diferença entre as taxas do primeiro e do segundo semestres.

A **Figura 4.14** mostra os gráficos contendo os valores médios mensais dos principais parâmetros climáticos, registrados pela estação meteorológica de Fortaleza, correspondentes às observações efetuadas no período de 1974 a 1993.

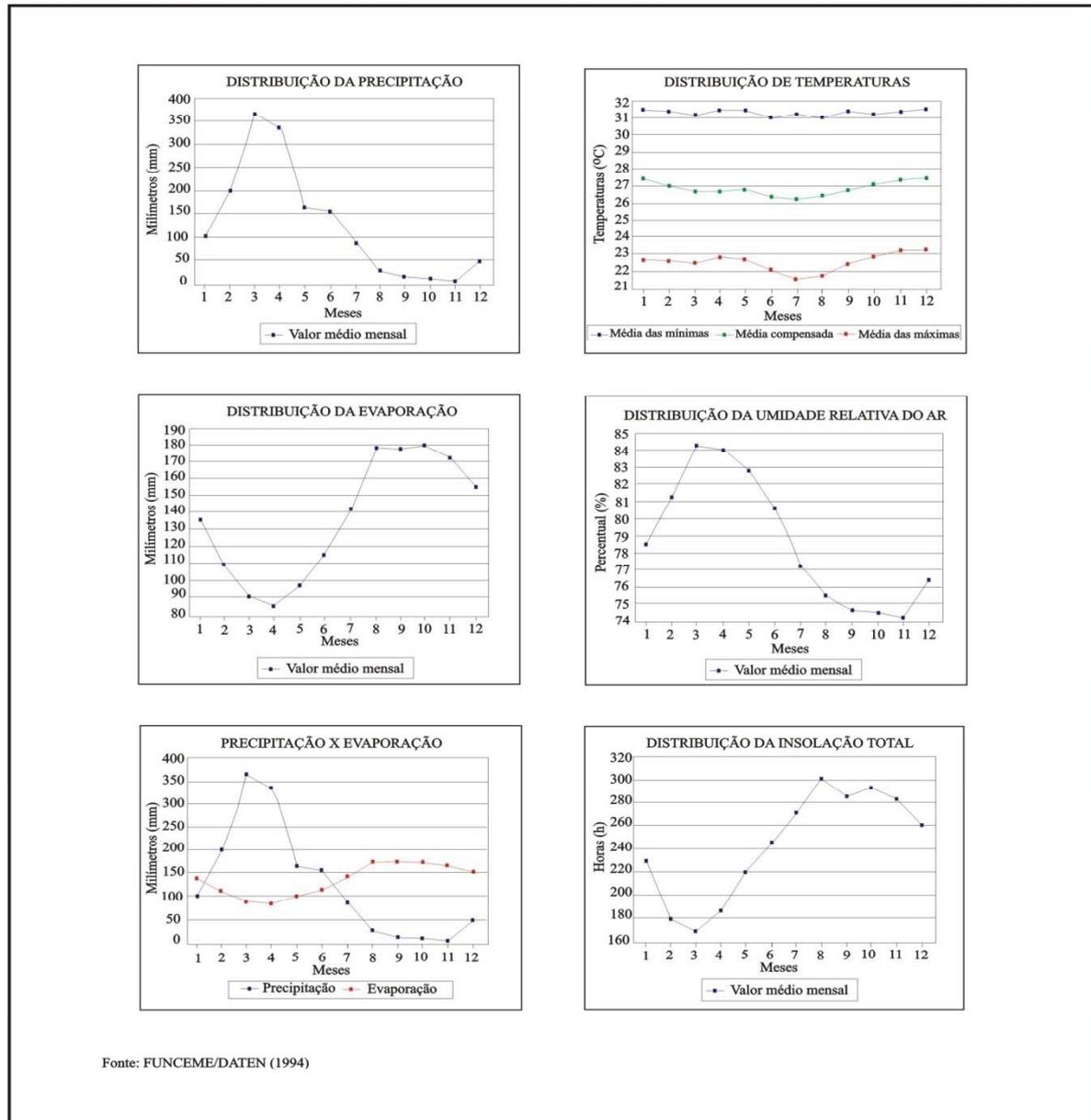


Figura 4.14: Principais registros da estação meteorológica de Fortaleza, no período de 1974 a 1993.

4.6.3. Estudos Pluviométricos

Os estudos pluviométricos foram realizados para se definir a **chuva de projeto** que alimentaria o modelo chuva-vazão para dimensionamento do sangradouro da barragem Palmeiras. O emprego de um **modelo chuva-vazão – MCV** torna-se obrigatório em função de não haver postos pluviométricos na bacia de interesse, nem sequer em bacias adjacentes próximas, com regime climatológico similar que pudesse servir para regionalização e transposição de parâmetros para determinação das vazões de projeto.

4.6.3.1. Postos Pluviométricos Selecionados

A bacia hidrográfica da barragem Palmeiras é influenciada por 4 postos pluviométricos, a saber: Mondubim, Maracanaú e Pacatuba. As **Tabelas 4.16 e 4.17** apresentam o sumário das estações pluviométricas empregadas para compor a análise das precipitações máximas regionais de projeto.

Tabela 4.16: Sumário das Estações Pluviométricas Empregadas (SUDENE)

N.º Estação	Estação	Coordenada Este (UTM)	Coordenada Norte (UTM)	Altitude (m)	N.º de Anos
2872684	Mondubim	546.266	9.579.964	30	28
2872778	Maracanaú	542.561	9.572.596	40	25
2872978	Pacatuba	542.556	9.561.542	54	47

Tabela 4.17: Sumário das Estações Pluviométricas Empregadas (FUNCEME)

N.º Estação	Estação	Coordenada Este (UTM)	Coordenada Norte (UTM)	N.º de Anos
82	Maracanaú	540.709	9.568.913	33
104	Pacatuba	542.555	9.559.700	28

As distâncias entre a localização dos postos da SUDENE e da FUNCEME em cada município, de acordo com as coordenadas das tabelas 8 e 9 são:

- Maracanaú: 4,1 Km;

- Pacatuba: 1,8 Km;

Os valores das precipitações dos históricos observados foram consistidos pelo Método do Vetor Regional (HIEZ, 1983), conforme descrito no Plano Estadual dos Recursos Hídricos – P.E.R.H., 1992.

Inicialmente foi considerado o intervalo anual, para o qual se analisou a dupla massa entre a pluviometria anual e a série sintética obtida a partir do vetor regional associado. Esta análise permite a identificação de anomalias, ou seja, valores que divergem do padrão, este definido com base na informação de todos os postos pelo princípio da máxima verossimilhança.

A seguir prosseguiu-se com a análise, a nível mensal, utilizando o vetor regional mensal, buscando os meses que apresentam desvios consideráveis para aqueles anos de desvios consideráveis em relação ao valor sintético, sendo corrigidos os de maior contribuição para o desvio a nível anual. Os valores diários são compatibilizados pelo princípio da desagregação nos meses que sofreram a correção. Para maiores detalhes, consultar o PERH - SRH, 1990 - Relatório Geral - Diagnóstico.

Devido à boa consistência dos dados e a pequena distância entre os pluviômetros de registro em cada município, foi possível compor um histórico contínuo de dados de pluviometria máxima diária para cada posto pluviométrico com série histórica estendida.

4.7. MÉTODO DO POLÍGONO DE THIESSEN

O hietograma regional de projeto foi composto com base na área de influência de cada posto pluviométrico com base no Método do Polígono de Thiessen – MPT. Segundo TUCCI (1998) o método baseia-se na geometria do plano de localização dos postos para ponderar a influência dos seus dados no cálculo da precipitação média na área.

A metodologia de emprego do MPT é:

- Ligam-se os pontos de localização em planta dos postos;
- Traçam-se linhas perpendiculares pelos pontos médios de cada linha que liga os postos;

- A interseção do prolongamento das linhas determinam a área de influência de cada posto.

A precipitação média é obtida por:

$$P = \frac{\sum P_i A_i}{A_t}$$

onde A_i é a área de influência do posto i com precipitação P_i ; A_t é a área total da bacia.

A **Tabela 4.18** mostra as áreas de influência de cada posto pluviométrico na composição do hietograma médio regional. A **Figura 4.15** mostra as respectivas áreas de influência pelo MPT.

Tabela 4.18: Áreas de Influência de cada Posto Pluviométrico pelo MPT

Posto Pluviométrico	Área de Influência (Km²)	(%)
Maracanaú	87,81	41,12
Pacatuba	96,16	45,12
Mondubim	29,11	13,66

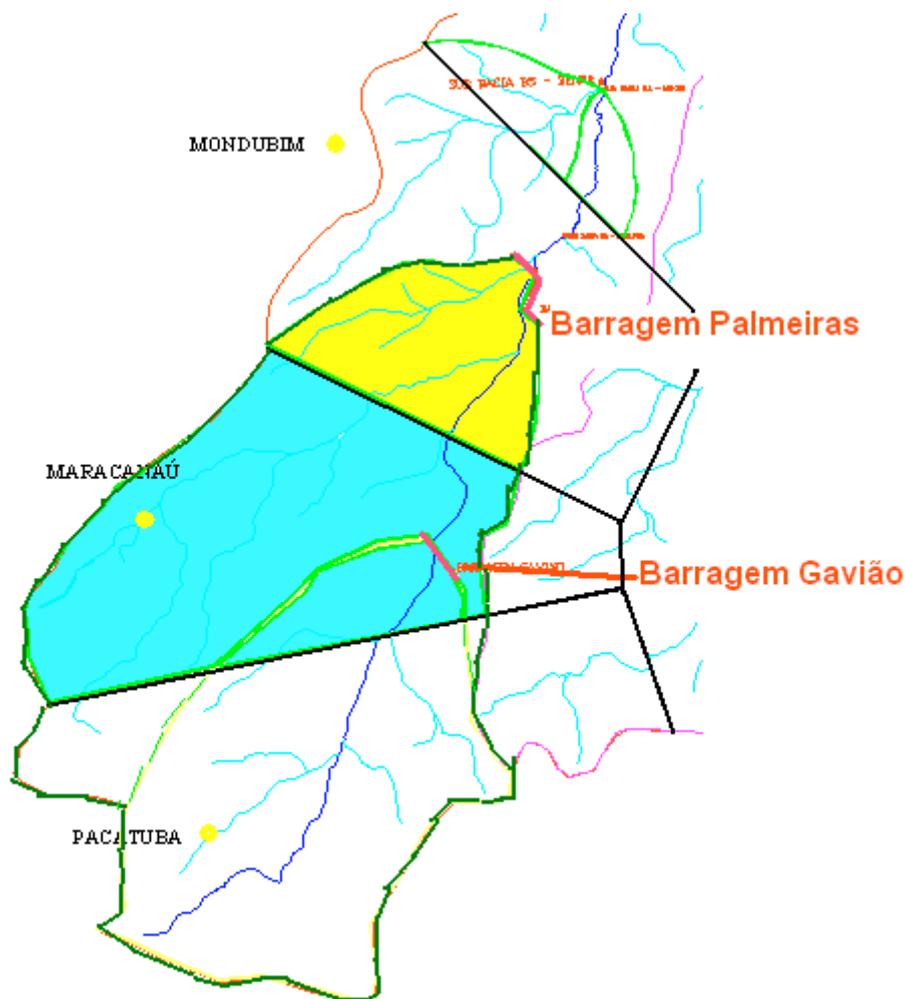


Figura 4.15: Áreas de Influência dos Postos Pluviométricos pelo MPT.

4.8. DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PROVÁVEL - PMP

A barragem Palmeiras fica localizada a montante das cidades de Maracanaú e Fortaleza, compreendendo duas zonas urbanas densamente povoadas e de altíssima relevância sócioeconômica regional. Estima-se que a população a jusante da barragem Palmeiras que pudesse vir a ser diretamente afetada por um colapso da mesma seria da ordem de mais de 300.000 pessoas.

Nestas circunstâncias, a consideração da segurança do projeto deve ser maximizada e o risco decorrente minimizado.

Para tanto, deve ser empregue a **Precipitação Máxima Provável – PMP** para avaliação da precipitação de projeto. De acordo com a World Meteorological Organization – WMO, a

PMP é teoricamente “a maior altura pluviométrica, correspondente a uma dada duração, fisicamente possível de ocorrer sobre uma área de drenagem em uma dada época do ano” (OCCHIPINTI, 1989).

Do ponto de vista operacional, a PMP é selecionada entre limites inferior e superior de forma a satisfazer critérios de projeto. A seleção é baseada em análise de risco e ou de sensibilidade técnico-econômica realizadas pelo projetista assessorado pelo hidrometeorologista. Esta análise consiste na aplicação da PMP, devidamente transformada em CMP (Cheia Mais Provável) e utilizada no dimensionamento de obras hidráulicas, obedecendo a critérios de projeto estabelecidos.

Os métodos de estimativa da PMP são variáveis para cada bacia e mesmo para uma única bacia podem ser aplicados diferentes métodos e até obterem-se resultados bastante diferentes entre si. A seleção do método depende de fatores tais como:

- das características físicas da bacia;
- da disponibilidade de dados pluviométricos e meteorológicos;
- da fase e dos critérios de projeto.

Pelas razões acima não se pode estabelecer um procedimento padrão para estimativa da PMP. Entretanto, conforme recomenda OCCHIPINTI, uma vez selecionado o método mais adequado para uma determinada bacia hidrográfica de interesse, há regras básicas que devem ser seguidas para se chegar à melhor estimativa da PMP.

Os métodos mais comumente utilizados na estimativa da PMP são:

- 1) Uso de fórmulas empíricas, tabelas ou gráficos de chuvas extremas observadas em regiões semelhantes;
- 2) Modelos de tormenta;
- 3) Maximização de tormentas severas observadas na bacia de projeto;
- 4) Transposição e maximização de tormentas;

- 5) A determinação de envoltórias das relações altura-área-duração e sua maximização;
- 6) A análise estatística das chuvas extremas e estabelecimento de relações intensidade-duração-freqüência.

Em função das restrições impostas pela limitação e qualidade de dados hidrometeorológicos para a bacia hidrográfica da barragem Palmeiras, a melhor opção de cálculo da PMP é aquela que faz emprego de dados observados de pluviometria com base em séries históricas suficientemente longas. Optou-se então pela metodologia de análise estatística de chuvas extremas.

Esta metodologia permite estimar a probabilidade de excedência das chuvas máximas de diferentes durações para diferentes pontos da região, bem como para a área da bacia de projeto. A análise de freqüência permite determinar a chuva de projeto correspondente a um determinado período de retorno pré-estabelecido.

Segundo OCCHIPINTI, em função do conceito de PMP, só tem sentido se ajustarem às chuvas máximas distribuições de freqüência assintóticas. A assíntota da distribuição de freqüência deveria coincidir com a PMP. Isto equivale a dizer que a probabilidade de inexecução da PMP deve tender a zero. Este deveria ser o ponto de convergência e de coerência das abordagens determinística e probabilística da estimativa da PMP.

Entretanto, pela deficiência de dados e pela dicotomia das abordagens tal convergência nem sempre tem se constituído na preocupação dos hidrólogos. Pelo contrário, tem se constituído em pontos de divergência.

A abordagem de maximização assintótica das distribuições de freqüência para determinação da PMP de projeto para uma determinada obra hídrica, da importância de uma barragem tal como o açude Palmeiras, encontra dificuldade na viabilização econômica do próprio empreendimento. A adoção de valores assintóticos pode tornar o custo das obras do sangradouro inexecutáveis quando forem assumidos valores irrealistas ou “improváveis” de ocorrência de eventos extremos.

Assim há de ser adotado um valor mais realístico baseado no conceito de risco associado a uma determinada distribuição de probabilidade. O conceito de risco é subjetivo e

polêmico. O risco admissível para um determinado empreendimento depende de considerações de natureza técnica, econômica, política e social. Quando a vida de populações está envolvida então a sua minimização se torna prioritária. No entanto, a maximização da segurança deve estar também sujeita a um limite que não inviabilize ou onere indevidamente a obra a ser executada.

A palavra *risco* é definida como uma medida de danos ou prejuízos potenciais expressados em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das conseqüências possíveis. Já o conceito de *dano* é definido como uma medida da intensidade ou severidade de lesão resultante de um acidente ou evento adverso.

Por sua vez o termo *período de retorno* é definido como o intervalo médio medido em anos em que ocorre um evento de magnitude igual ou superior a um determinado valor considerado. Dessa forma, quando se estabelece que o período de retorno de uma cheia hidrológica é de 1000 anos, significa que o intervalo de tempo esperado para que ocorra uma cheia desta magnitude é de 1000 anos. No entanto, esta cheia pode vir a ocorrer a qualquer tempo e também não é possível se estabelecer uma origem de contagem dos tempos nem se fazer qualquer tipo de previsão sobre quando ocorrerá tal evento.

O período de retorno é conceitualmente associado ao risco e ao próprio intervalo de tempo considerado na análise, normalmente estimado como sendo a vida útil do empreendimento ou bem. A equação que associa o período de retorno ao risco e à vida útil de um bem ou empreendimento é dado pela Equação 1.

$$TR = \frac{1}{1 - (1 - R)^{1/n}} \quad Eq - 1$$

Onde:

TR = período de retorno em anos;

R = risco associado expresso em decimal;

n = número de anos considerados na análise, normalmente sendo adotado com a vida útil do bem ou projeto.

Por sua vez o risco é definido pela sua explicitação tirada da Equação 1, que é expressa na Equação 2:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^n \quad Eq - 2$$

É praxe comum na hidrologia se adotar a cheia milenar (TR = 1.000 anos) para dimensionamento de sangradouros de barragens de terra de grande importância e se verificar o não galgamento do seu maciço para a cheia decamilenar (TR = 10.000 anos) para fins de assegurar a estabilidade estrutural do mesmo.

Ao se adotar a cheia milenar (TR = 1.000 anos) para o projeto do sangradouro de uma represa cuja vida útil seja estimada em torno de 100 anos, estar-se-á admitindo implicitamente que o risco desta obra vir a colapsar dentro da vida útil da mesma, dada pela Equação 2 é de:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{1000}\right)^{100} = 0,0952 = 9,52\%$$

Ou seja, há aproximadamente 10% de chance da lâmina de sangria ultrapassar o valor de projeto nos próximos 100 anos.

Para o caso de verificação da cota de coroamento da barragem contra o galgamento provocado por uma cheia decamilenar (TR = 10.000 anos) que pode comprometer inteiramente sua estabilidade, a chance disso ocorrer é de:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{10000}\right)^{100} = 0,00995 = 0,995\%$$

Ou seja, algo em torno de 1% nos próximos 100 anos. Pode parecer uma pequena probabilidade, mas considerando as demais incertezas nas variáveis envolvidas, definitivamente não o é.

Além do mais, outro problema conceitual emerge da transformação da PMP em CMP (Cheia Mais Provável), ou seja, do emprego de modelos chuva-vazão para determinação da vazão de projeto das obras. O período de retorno adotado para a PMP não será

necessariamente o mesmo que resultará para o hidrograma da vazão de projeto, pois este dependerá da forma do hietograma aplicado no modelo de transformação chuva-vazão. Um hietograma uniforme produzirá um hidrograma diferente de um hietograma de blocos alternados. Consequentemente, a vazão de pico do hidrograma afluente é alterada e assim, o período de retorno real do evento extremo de interesse.

Essas considerações teóricas são postas de forma a realçar que o nível de incerteza na determinação da cheia de projeto pode assumir valores superiores àqueles desejados pelo projetista, elevando assim o risco do projeto. Não há uma forma de assegurar 100% de acerto na determinação da cheia de projeto com base numa metodologia estocástica, nem mesmo nos métodos determinísticos.

Assim, a experiência, o bom senso e o julgamento conciso do hidrologista têm que se aliar à experiência do projetista e são essenciais para se encontrar um denominador comum para estabelecimento da PMP, ou mais ainda, da CMP.

Para a definição da PMP que suportará a determinação da CMP para a barragem Palmeiras foi assumida a seguinte metodologia:

- 1) Procedeu-se uma análise de freqüência de valores máximos de precipitação anuais do histórico contínuo de dados para cada um dos 3 postos pluviométricos com influência na bacia hidrográfica da barragem Palmeiras, por meio do programa EXVAL90, oriundo da *University of New Hampshire-EUA*, que emprega os 7 tipos mais comuns de curvas de ajuste de freqüência para valores extremos;
- 2) Selecionou-se dentre as 7 curvas de probabilidade, aquelas que se ajustavam aos dados dentro de um nível de significância de 95% por uma distribuição de teste amostral do tipo qui-quadrado, feita automaticamente pelo programa EXVAL90;
- 3) Dentre as curvas de bom ajuste, selecionou-se a que conduziu a valores extremos máximos para as precipitações máximas diárias de 1.000 e 10.000 anos de período de retorno. No caso, a distribuição adotada foi a Tipo I extrema (Gumbel) para os 3 postos pluviométricos estudados;
- 4) O valor da PMP foi determinado a partir da aplicação do MPT aos valores extremos indicados no item anterior.

A **Tabela 4.19** mostra os valores obtidos pelo programa EXVAL90 aplicado aos 3 postos pluviométricos da região de interesse para a distribuição Tipo I – extrema.

Tabela 4.19: Resultados do EXVAL90 para ajuste de Distribuição de Frequência Tipo I – extrema.

Período de Retorno (anos)	Mondubim	Pacatuba	Maracanaú	Bacia do Açude Palmeiras
2,00	97,21	77,37	76,86	79,79
2,33	104,66	80,88	81,83	84,44
5,00	137,03	96,12	103,42	104,61
10,00	163,39	108,53	121,00	121,04
20,00	188,68	120,44	137,86	136,80
50,00	221,41	135,85	159,69	157,20
100,00	245,94	147,39	176,04	172,49
200,00	270,38	158,90	192,34	187,72
500,00	302,62	174,08	213,84	207,81
1.000,00	326,99	185,55	230,09	223,00
10.000,00	406,26	222,67	284,68	273,02

Dessa forma, conforme a **Tabela 4.19**, a precipitação máxima diária regional para TR = 1.000 anos é de **223,00 mm** e para TR = 10.000 anos é de **273,02 mm**.

4.9. PRECIPITAÇÃO DE PROJETO PARA BACIA DO AÇUDE PALMEIRAS

A precipitação uniformemente distribuída pela bacia hidrográfica do açude Palmeiras relativa ao tempo de concentração da bacia que comporá o hietograma de projeto, foi determinada pelo Método das Isozonas de Taborga Torrico. O método, que é bastante utilizado por hidrólogos brasileiros, foi desenvolvido pelo Eng.º Jaime Taborga Torrico especificadamente para o Brasil, adequando-se bem às condições hidrológicas nacionais.

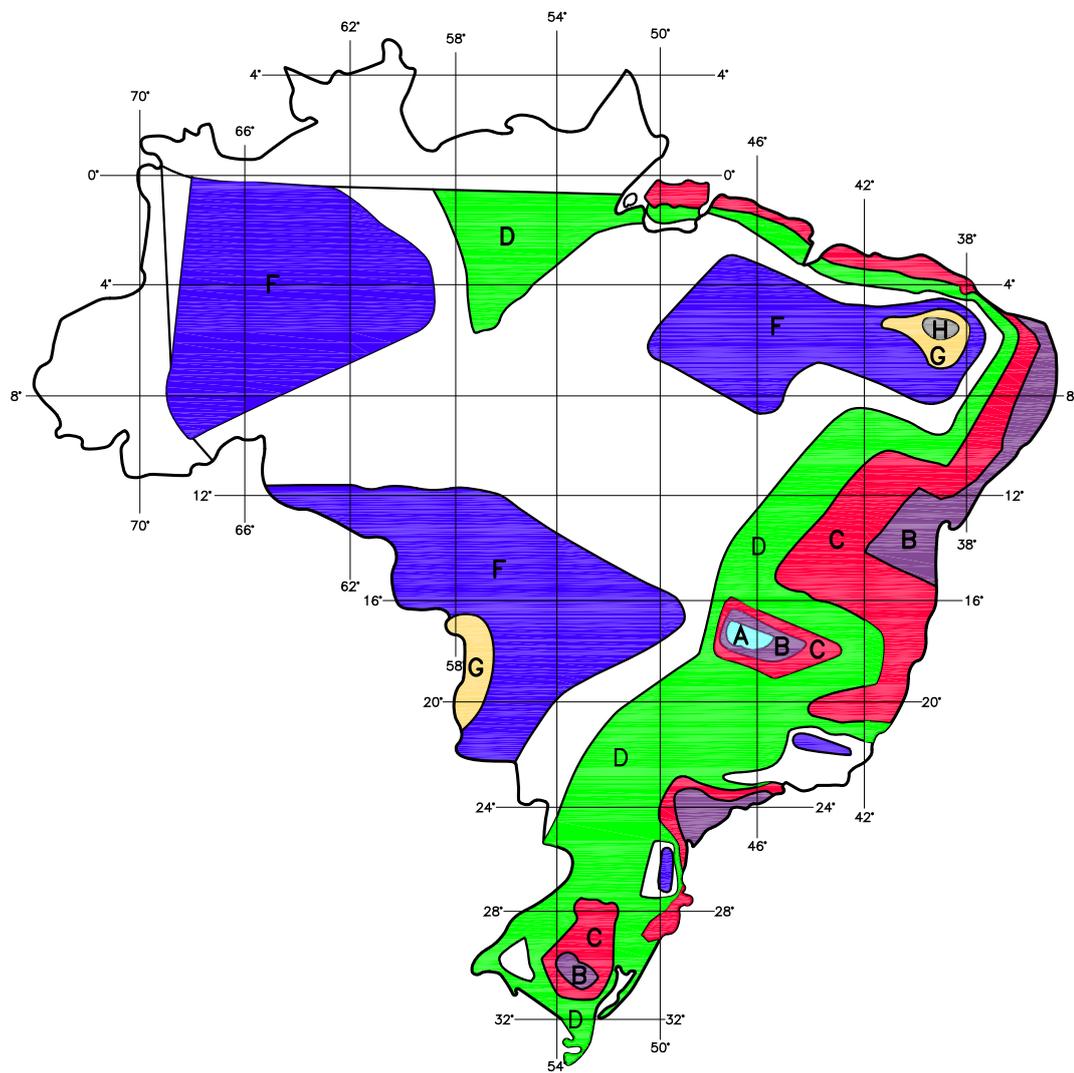
O método baseia-se na desagregação e regionalização das precipitações.

Segundo SILVA (2004) o procedimento utilizado é o seguinte:

- a) Seleciona-se o posto pluviométrico a ser trabalhado, determinando os dados de precipitação máxima diária para cada ano da série histórica disponível;
- b) Emprega-se uma distribuição de frequência adequada para determinar a precipitação máxima diária para um determinado período de retorno;
- c) Calcula-se a chuva virtual de 24 horas de duração (P_{24h}), multiplicando a precipitação máxima para o período de retorno desejado por 1,10, ou seja:

$$P_{24h} = 1,10 \times P_{\max}$$

- d) Desagrega-se a chuva de 24 horas em chuvas intensas com menor duração, de acordo com as figuras e tabela seguintes:



ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
	1 HORA /24 HORAS CHUVA										6min. 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-80	100
A	36.2	35.8	35.6	35.5	35.4	35.3	35.0	34.7	33.6	32.5	7.9	6.3
B	38.1	37.8	37.5	37.4	37.3	37.2	36.9	36.6	35.4	34.3	8.4	7.5
C	40.1	39.7	39.5	39.3	39.2	39.1	38.8	38.4	37.2	36.2	9.8	8.8
D	42.0	41.6	41.4	41.2	41.1	41.0	40.7	40.3	39.0	37.8	11.2	10.0
E	44.0	43.6	43.3	43.2	43.0	42.9	42.6	42.2	40.9	39.6	12.6	11.2
F	46.0	45.5	45.3	45.1	49.9	44.8	44.5	44.1	42.7	41.3	13.9	12.4
G	47.9	47.4	47.2	47.0	46.8	46.7	46.4	45.9	44.3	43.1	18.4	13.7
H	49.9	49.4	49.1	48.9	48.6	46.6	46.3	47.8	46.3	44.8	18.7	14.9

Figura 4.16: Isozonas no Brasil (Fonte: SILVA ,2004)

Tabela 4.20: Percentual das chuvas de durações de 1 hora e de 6 minutos em relação à chuva de 24 horas;

Tempo de Recorrência (Período de Retorno)													
Isozona		chuva de 1 hora / chuva de 24 horas (%)										6 min/24 horas (%)	
		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 a 50	100
A		36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B		38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C		40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,9	38,4	37,2	36,0	9,9	8,8
D		42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,9	11,2	10,0
E		44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,4	12,6	11,2
F		46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G		47,9	47,4	47,2	47,0	46,9	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H		49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,9	16,7	14,9

Na **Figura 4.17** visualiza-se as isozonas no Estado do Ceará:

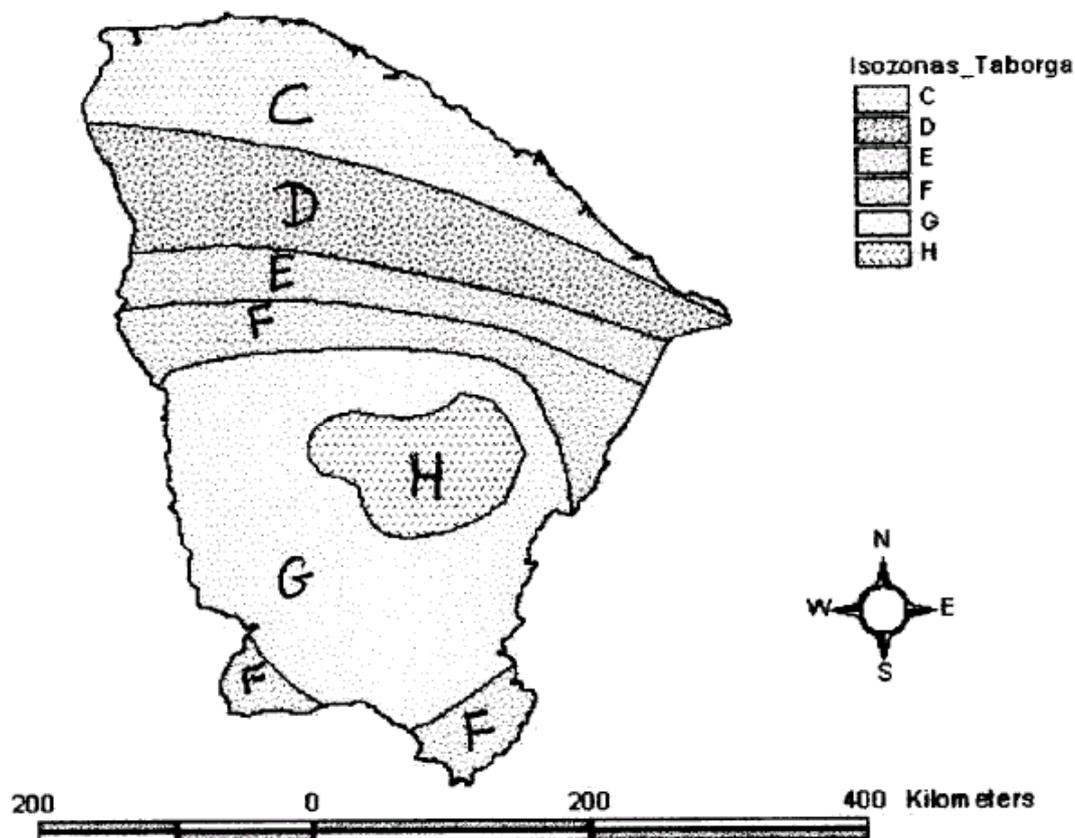


Figura 4.17: Isozona para o Estado do Ceara (Fonte: SILVA,2004)

O processo de desagregação consiste de:

- e) Na tabela da mesma figura fixam-se, para a isozona de projeto e para o tempo de recorrência previsto, as percentagens para 6 minutos e 1 hora;
- f) Calculam-se, com essas percentagens e a chuva de 24 horas (100%), as alturas de precipitação para 6 minutos e 1 hora;
- g) Delimitam-se no papel de probabilidade de Hershfield & Wilson, as alturas de chuva para 24 horas, 1 hora e 6 minutos de duração;
- h) Traçam-se retas das precipitações de 6 minutos para 1 hora e de 1 hora para 24 horas no referido papel de probabilidades;

i) Para qualquer duração, por exemplo, para o tempo de concentração da bacia, contido no intervalo de 6 minutos a 24 horas, lê-se a altura correspondente no gráfico do papel de probabilidades;

j) Transforma-se a seguir, o valor da precipitação pontual para a duração desejada e para o período de retorno respectivo, em precipitação média distribuída sobre a bacia pela aplicação da equação:

$$P = P_o \left(1 - w \log \frac{A}{A_o} \right)$$

para $25 \text{ Km}^2 < A \leq 2.500 \text{ Km}^2$

onde: P = precipitação média sobre a bacia;

P_o = precipitação pontual no centro de gravidade da bacia;

A = área da bacia em Km^2 ;

A_o = área base na qual $P = P_o$, geralmente considerada como 25 Km^2 .

$w = \text{tg } \alpha$, declividade da reta traçada tendo como abscissa o valor de P/P_o e as ordenadas constando dos logaritmos da área da bacia A e a origem sendo o logaritmo da área de referência A_o , tendo um valor médio admitido de 0,10 para o Brasil, sendo que no nordeste este valor já foi pesquisado como sendo 0,22.

Os valores finais obtidos pelo emprego do Método das Isozonas de Taborga Torrico para a bacia hidrográfica da barragem Palmeiras, para uma duração relativa ao tempo de concentração da bacia (3,8 horas), foram:

- TR = 100 anos: **P = 113 mm;**
- TR = 1.000 anos: **P = 160 mm;**
- TR = 10.000 anos: **P = 195 mm.**

As **Figuras 4.18 , 4.19 e 4.20** mostram os hietogramas de blocos alternados obtidos para as cheias centenária, milenar e decamilenar da bacia da barragem Palmeiras.

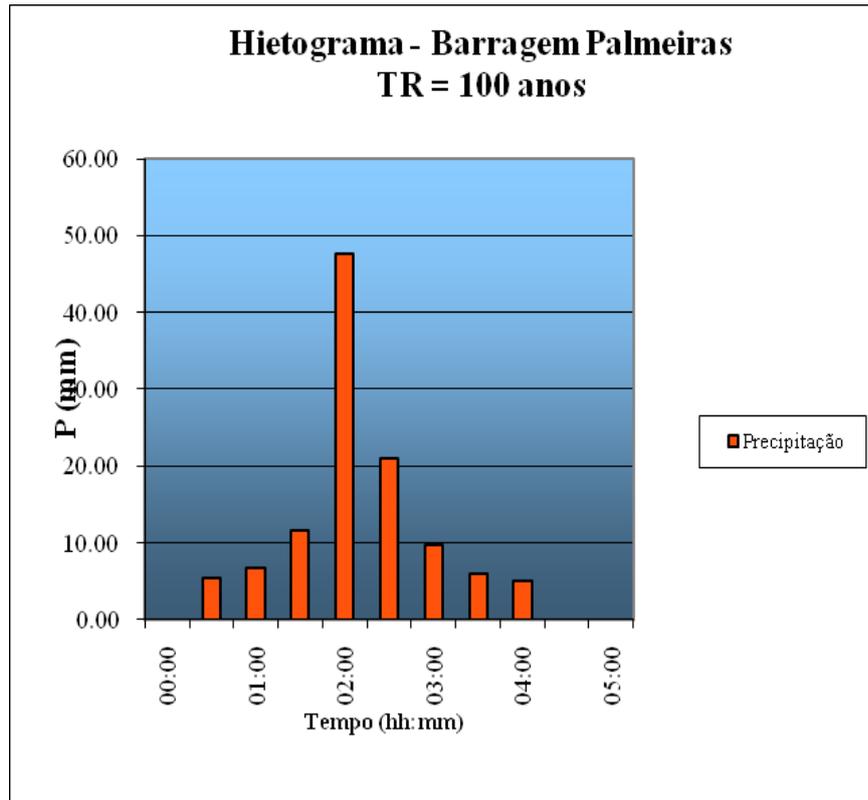


Figura 4.18: Hietograma de Projeto para TR = 100 anos

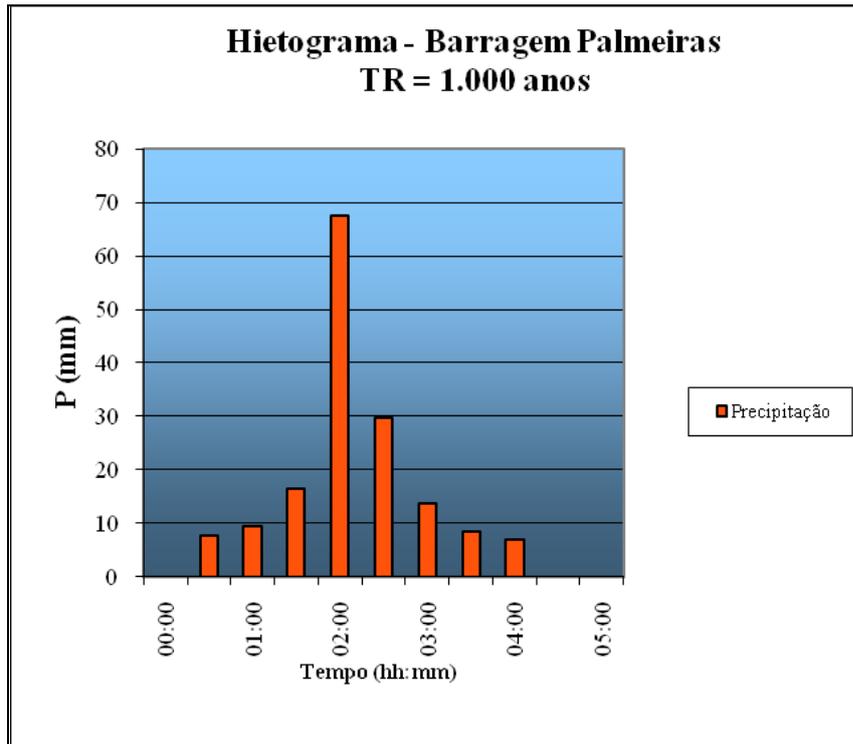


Figura 4.19: Hietograma de Projeto para TR = 1.000 anos

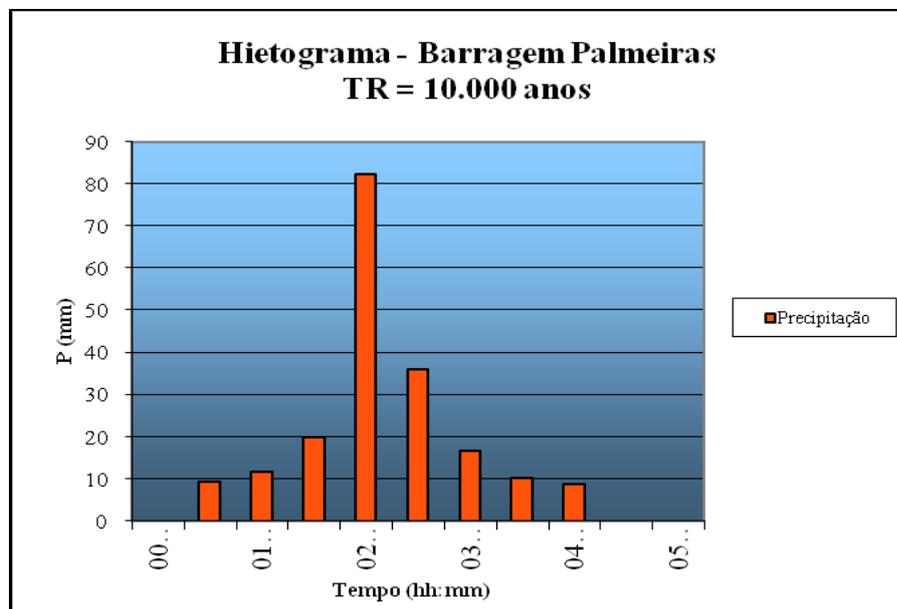


Figura 4.20: Hietograma de Projeto para TR = 10.000 anos

4.10.METODOLOGIA DE CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

A vazão de projeto do sangradouro foi calculada com base em um modelo sintético chuva-vazão devido à falta de dados de fluviometria na bacia e na quase totalidade da RMF, que permitisse a calibração de um Hidrograma Unitário para a bacia hidrográfica do açude Palmeiras. A disponibilidade de dados fluviométricos na Região Metropolitana de Fortaleza é praticamente inexistente, restringindo-se à bacia do açude Sítios Novos, localizado muito distante da bacia de interesse.

Entretanto, o regime hidrológico da bacia deste açude é muito diferenciado do regime hidrológico da bacia do açude Palmeiras, principalmente com relação à orografia, cobertura vegetal, uso e ocupação de solo e, índices pluviométricos globais.

Assim, decidiu-se por adotar o modelo chuva-vazão do Hidrograma Unitário sintético do Soil Conservation Service – SCS, amplamente adotado em projetos desta envergadura.

O método do hidrograma unitário do SCS é baseado em hidrogramas unitários adimensionais desenvolvidos a partir de um grande número de análises de hidrogramas unitários de pequenas bacias rurais. Observa-se na **Figura 4.21** o “hidrograma adimensional” que é o hidrograma unitário para qual a vazão é expressa como a razão entre vazão para um tempo “ t ” qualquer e a vazão de pico “ q_p ” e o tempo é expresso como a razão entre um tempo qualquer e tempo de pico “ t_p ”, eliminando assim o efeito do tamanho e forma da bacia.

O método é aplicável em bacias hidrográficas nas quais as vazões máximas são formadas principalmente pelo escoamento superficial gerado a partir de precipitações. Esse método é recomendado para bacias com áreas inferiores a 2.600 Km².

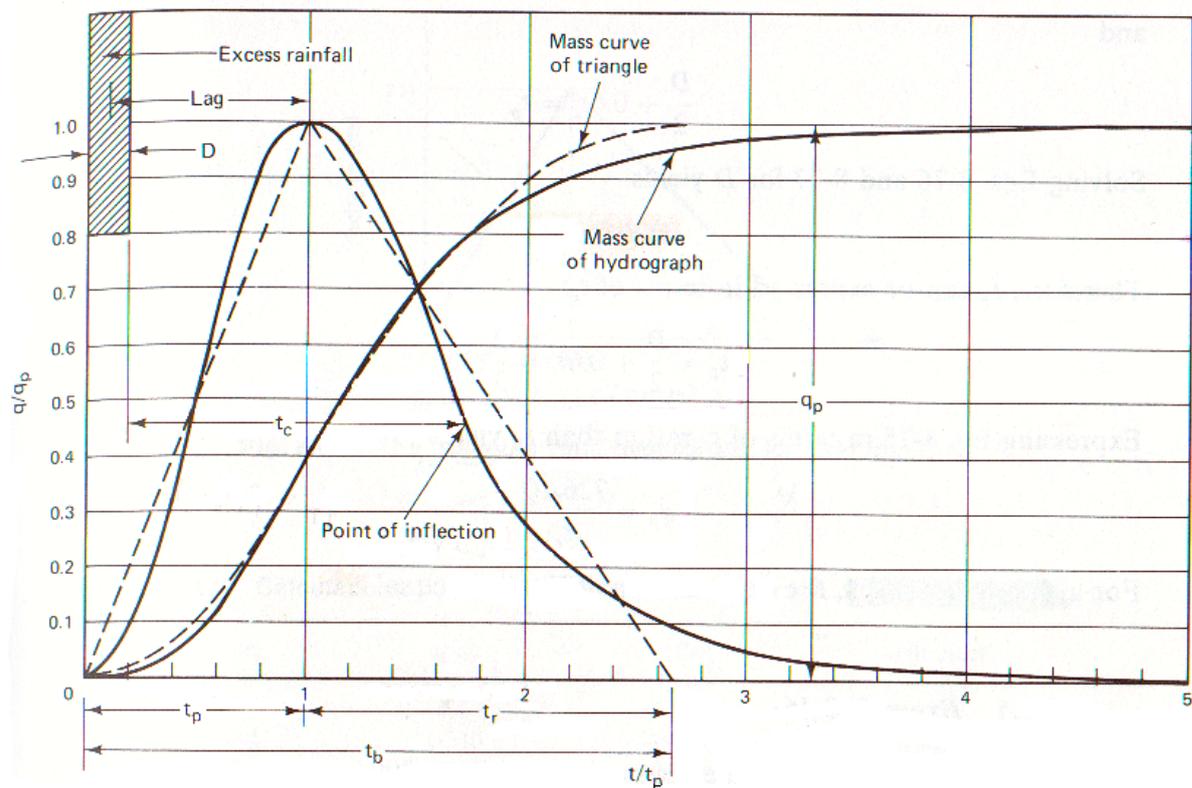


Figura 4.21: Hidrograma Unitário Adimensional do SCS (Fonte: WILKEN,1978)

O método tem sido muito utilizado na simulação de hidrogramas de cheias de projeto de obras hidráulicas, assim como para determinar o risco de enchentes para um determinado local.

A grande utilização do modelo do HU do SCS é devido ao número reduzido de parâmetros necessários e a relação desses parâmetros com as características da bacia. Vale ressaltar que geralmente o modelo tende a superestimar as vazões de pico, o que não se trata exatamente de uma característica negativa do método, pois se estará, a princípio, a favor da segurança ao se projetar obras hídricas.

Os principais parâmetros do modelo do HU sintético do SCS são:

- *Time-Lag* T_{LAG} : Este parâmetro, T_{LAG} , é igual à distância (lag) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário;
- A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por:

$$Q_p = 2,08 \frac{A \cdot Q}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

Onde: Q_p = é a vazão de pico (m^3/s);

Q = deflúvio direto de 1 cm de espessura;

t_p = tempo de pico do hidrograma (h);

A = área da bacia em km^2 ;

Δt = o intervalo de calculo em h.

O hidrograma unitário do SCS é normalmente calculado para um tempo da ordem de 1/5 do tempo de concentração da bacia, para caracterização da chamada *chuva* unitária e depois sofre um processo de convolução para sua transformação em Hidrograma Unitário para uma duração de chuva igual ao tempo de concentração da bacia.

Após esse processo de convolução, aplica-se ao HU da bacia o valor da precipitação efetiva de projeto, dando origem ao Hidrograma de Projeto da bacia propriamente dito.

A precipitação efetiva é normalmente calculada empregando-se o método da Curva Número do SCS – Curve Number.

O método da Curva Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (US Soil Conservation Service), no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e um parâmetro de abstração denominado Curva Número – CN. Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras do escoamento na bacia:

- Tipo de solo hidrológico;
- Uso e manejo do solo;
- Condição da superfície e camadas subterrâneas;
- Condição da umidade antecedente à chuva considerada;

A equação original do escoamento do SCS é dada por:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad Eq - I$$

onde: Q = escoamento superficial (mm);

P = precipitação (mm);

I_a = perdas antes do início do escoamento (abstração inicial) (mm);

S = Capacidade máxima de armazenamento do solo (mm);

As perdas antes do início do escoamento (I_a) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação e infiltração. I_a é altamente variado, mas a partir de dados de pequenas bacias, I_a é aproximado pela seguinte relação empírica.

$$I_a = 0,20 \cdot S \quad Eq - II$$

Substituindo-se a Eq-II na Eq-I e eliminando-se I_a, obtém-se:

$$Q = \frac{(P - 0,20 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad Eq - III$$

onde S está relacionado às condições de solo e cobertura através do parâmetro CN por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad Eq - IV$$

onde CN varia de 30 a 100 conforme as **Tabelas 4.21 e 4.22**. O valor de CN foi tabelado para diferentes tipos de solos e coberturas para a condição de Umidade Antecedente Normal (AMC II). O CN sofre variação de acordo com as condições de umidade antecedente podendo ser:

- Condições secas (AMC I)
- Condições normais (AMC II)
- Condições úmidas (AMC III)

Partindo-se do CN tabelado para condições normais (AMC II) pode-se calcular o CN para as condições seca e úmida pelas equações:

$$CN(AMC I) = \frac{4,2 \cdot CN(II)}{10 - 0,058 \cdot CN(II)} \quad Eq - V$$

$$CN(AMC III) = \frac{2,3 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)} \quad Eq - VI$$

Os tipos de solos para os quais o CN foi tabelado de acordo com o seu grupo hidrológico, definido como A, B, C e D:

- Solos tipo A: São solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. São solos arenosos profundos com pouco silte e argila.
- Solos tipo B: São solos menos permeáveis que o anterior, são solos arenosos menos profundos que o do tipo A e com permeabilidade superior à média.
- Solos tipo C: São solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo.
- Solos tipo D: São solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Uma vez que o Método do SCS dá o excesso total para uma tormenta, o excesso incremental de precipitação para um período é calculado como a diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior.

Tabela 4.21: CN para áreas urbanas para condição AMC II (Normais)

Descrição da Cobertura		CN para Grupos de Solos Hidrológicos			
Tipo de Cobertura e Condição Hidrológica	% Média de Área Impermeável	A	B	C	D
Áreas Urbanas Completamente Desenvolvidas					
Espaço aberto (parques públicos, campos de golfe, cemitérios)					
• Condição pobre (cobertura de grama < 50%)	-	68	79	86	89
• Condição média (cobertura de grama de 50 a 75%)	-	49	69	79	84
• Condição boa (cobertura de grama > 75%)	-	39	61	74	80
Áreas impermeáveis					
• Lotes de parques pavimentados, telhados, viadutos, etc. ¹	-	98	98	98	98
• Ruas e estradas asfaltadas e com drenagem de águas	-	98	98	98	98
• Pavimentada, valas	-	83	89	92	93
• Carroçal	-	76	85	89	91
• Terra	-	72	82	87	89
Distritos Urbanos					
• Comerciais e de escritórios	85	89	92	94	95
• Industriais	72	81	88	91	93
Distritos Residenciais por Tamanho de Lote Médio					
• < 500 m ² (casas de cidades)	65	77	85	90	92
• 1000 m ²	38	61	75	83	87
• 1300 m ²	30	57	72	81	86
• 2000 m ²	25	54	70	80	85
• 4000 m ²	20	51	68	79	84

Descrição da Cobertura		CN para Grupos de Solos Hidrológicos			
Tipo de Cobertura e Condição Hidrológica	% Média de Área Impermeável	A	B	C	D
• 8000 m ²	12	46	65	77	82
Áreas Urbanas em Desenvolvimento					
Áreas sistematizadas recentemente (somente áreas permeáveis, nenhuma vegetação)	-	77	86	91	94

Tabela 4.22: CN para terras agrícolas para condição AMC II (Normais)

Descrição da Cobertura		CN para Grupos de Solos Hidrológicos			
Tipo de Cobertura e Condição Hidrológica	Condição Hidrológica	A	B	C	D
Pastagens ou forragens ¹	Curvas de nível	60	72	81	84
	Curvas de nível e terraço	57	70	78	89
	Pobre	68	79	86	89
	Média	49	69	79	84
	Boa	39	61	74	80
Campos permanentes, não usados para pasto e geralmente cortadas para feno	-	30	58	71	78
Matas, capim, com mato sendo o elemento principal ²	Pobre	48	67	77	83
	Média	35	56	70	77
	Boa	30 ³	48	65	73
Florestas, combinação de gramado (pomar ou fazenda de árvores) ⁴	Pobre	57	73	82	86
	Média	43	65	76	82
	Boa	32	58	72	79
Florestas ⁵	Pobre	45	66	77	83

Descrição da Cobertura		CN para Grupos de Solos Hidrológicos			
Tipo de Cobertura e Condição Hidrológica	Condição Hidrológica	A	B	C	D
	Média	36	60	73	79
	Boa	30 ³	55	70	77
Locais de fazendas-construções, chácaras, veredas, estradas e lotes circunvizinhos		59	74	82	86

Observações:

(1) Pobres: menos do que 50% da cobertura do solo e em pastagem pesada. Média: de 50% a 75% da cobertura do solo e sem pastagem pesada. Boa: Mais do que 75% da cobertura do solo é ligeiramente ou somente ocasionalmente com pastagem de animais.

(2) Pobre: menos do que 50% de cobertura do solo. Média: 50 a 75% de cobertura do solo. Boa: mais de 75% de cobertura do solo.

(3) Se a Curva Número atual for menor do que 30, use CN =30 para cálculo do escoamento.

(4) CN's apresentados foram calculados para áreas com 50% destinado ao crescimento de árvores e 50% de cobertura de grama (pastagem)

(5) Pobre: adubo de floresta, pequenas árvores, e mato são destruídos pela pastagem de animais ou queimadas regulares. Média: árvores em crescimento são roçadas nuas mas não queimadas, e algum adubo de floresta cobre o solo. Boa: árvores em crescimento são protegidas da roçagem e adequados adubo e mato cobrem o solo.

Considerando-se a composição das diversas equações para determinação da precipitação efetiva pelo Método do SCS, empregando-se unidades métricas, a equação final para cálculo da precipitação efetiva é dada por:

$$Q(mm) = \frac{\left(P - \frac{5080}{CN} + 50,8\right)^2}{P + \frac{20320}{CN} - 203,2} \quad Eq - VII$$

em que: Q = excesso de chuva ou escoamento superficial em mm;

P = precipitação em mm

CN = Curva Número definido pelo complexo solo-vegetação tirado **das Tabelas 4.21 e 4.22**.

O valor de CN a ser empregado na equação VII é único devendo ser resultado de uma análise criteriosa do tipo de solo e uso e ocupação do solo da bacia, ponderando-se seus valores para obtenção de um único CN para toda bacia ou sub-bacia sendo considerada.

Este parâmetro foi determinado para a bacia da barragem Palmeiras conforme demonstrado na **Tabela 4.14**, tendo sido adotado o valor ponderado de $CN = 75$.

4.6 Modelo Computacional Empregado – HEC-HMS

O modelo computacional empregado para cálculo da precipitação efetiva e da vazão de projeto pelo método do SCS foi o HEC-HMS desenvolvido pelo *United States Army Corps of Engineering-USACE*, o qual se constitui numa referência mundial para estudos e projetos hidrológicos.

O modelo do HEC-HMS foi desenvolvido em ambiente Windows, sendo considerado o sucessor do antigo HEC-1. O modelo é dividido em três componentes: Modelo da Bacia; Modelo Meteorológico e as Especificações de Controle.

A **Figura 4.22** mostra a tela de abertura para definição do projeto pelo HMS.

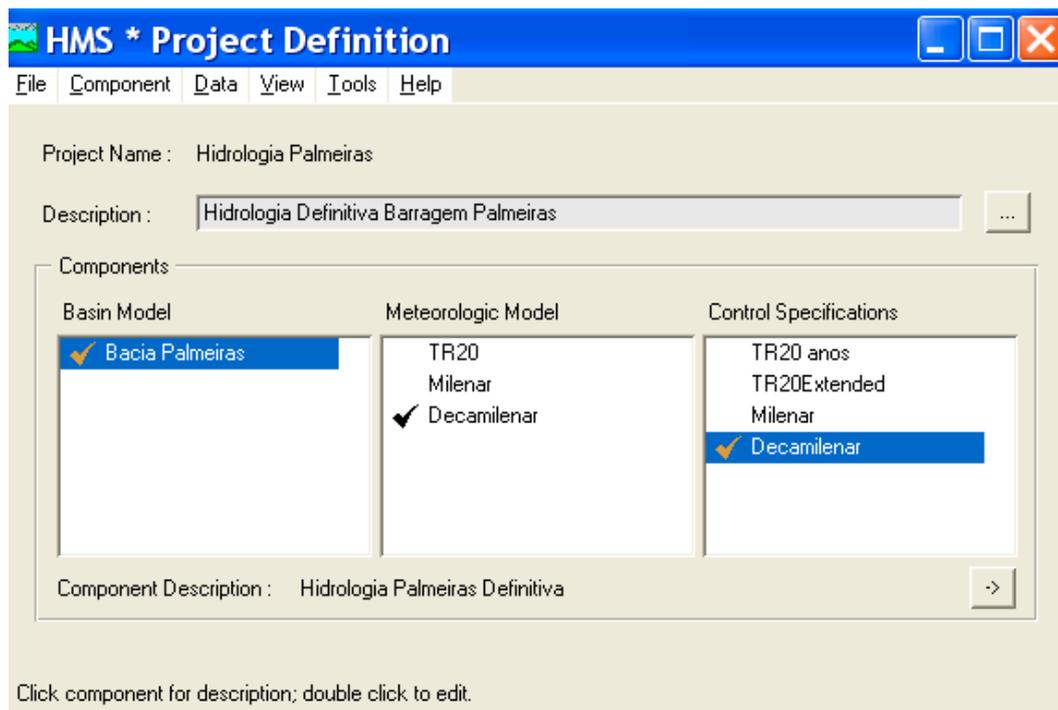


Figura 4.22: Tela de Definição do Projeto com HEC-HMS

A **Figura 4.23** mostra o componente Modelo de Bacia. O modelo definido para a bacia hidrográfica da barragem Palmeiras foi simplificado constando apenas das bacias dos açudes Gavião e Palmeiras, sem sub-bacias adicionais.

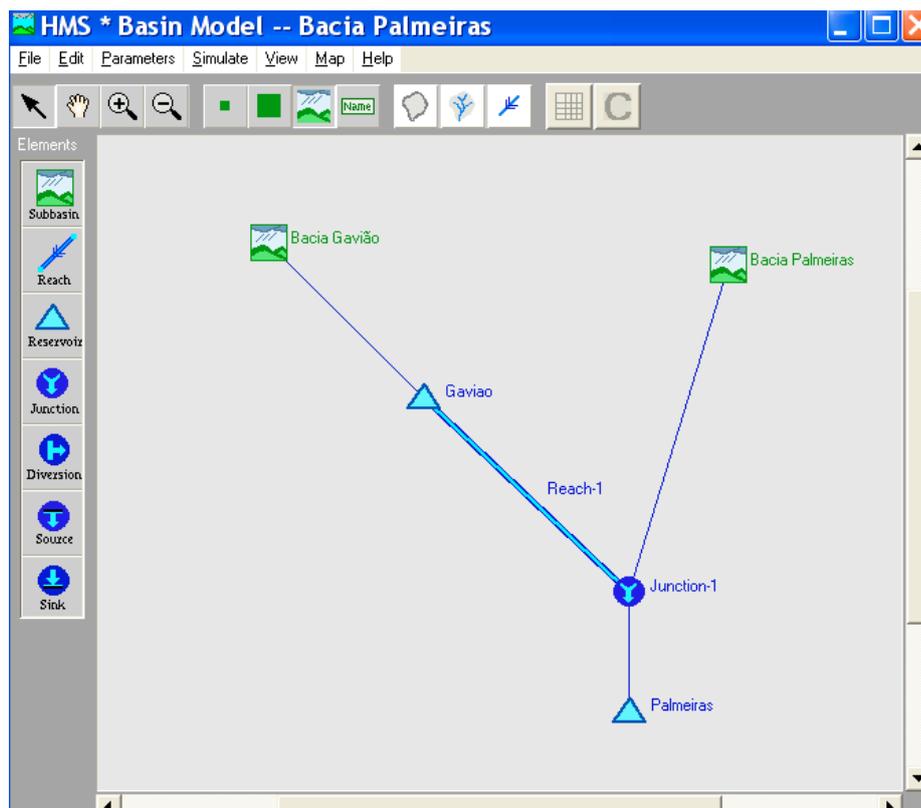


Figura 4.23: Modelo da Bacia Hidrográfica do Açude Palmeiras no HMS.

A **Figura 4.24** mostra as Especificações de Controle do HMS definindo o intervalo de tempo computacional para realização dos cálculos hidrológicos.

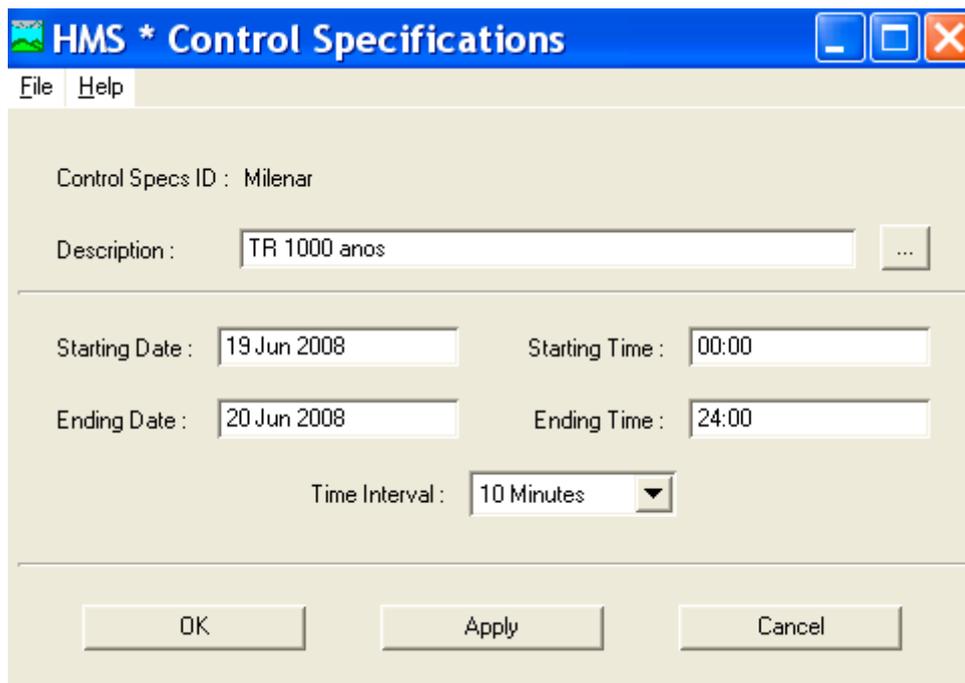


Figura 4.24: Especificações de Controle do HEC-HMS.

4.11. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COM O HEC-HMS

Com base nas informações de projeto para o tipo de sangradouro selecionado, constando de um perfil Creager com 120 m de largura, com a fixação da soleira vertente na cota 15,00 m e o coroamento da barragem na cota 18,00 m, foram simuladas as cheias de projeto centenária, milenar e decamilenar na barragem Palmeiras, cujos resultados são apresentados a seguir.

4.11.1 Cheia Centenária (TR = 100 anos)

A propagação da cheia centenária na barragem Palmeiras foi analisada para se definir a cota máxima da mesma no reservatório que permitirá avaliar o remanso em direção à ponte do 4º Anel Viário que liga a BR-116 às BR's 020 e 222 a oeste de Fortaleza. O DNIT considera a cheia centenária para efeito de avaliação da cota de atingimento na ponte.

A **Figura 4.25** mostra o hidrograma de amortecimento da cheia centenária no reservatório. A **Figura 4.26** mostra o sumário de saída da cheia centenária.

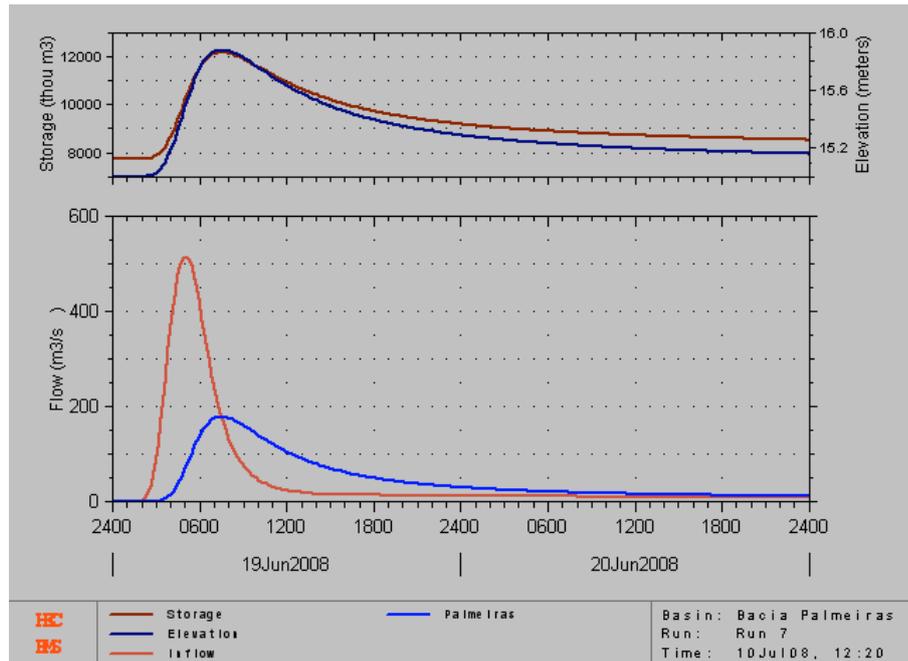


Figura 4.25: Hidrograma de Amortecimento da Cheia Centenária na Barragem Palmeiras.

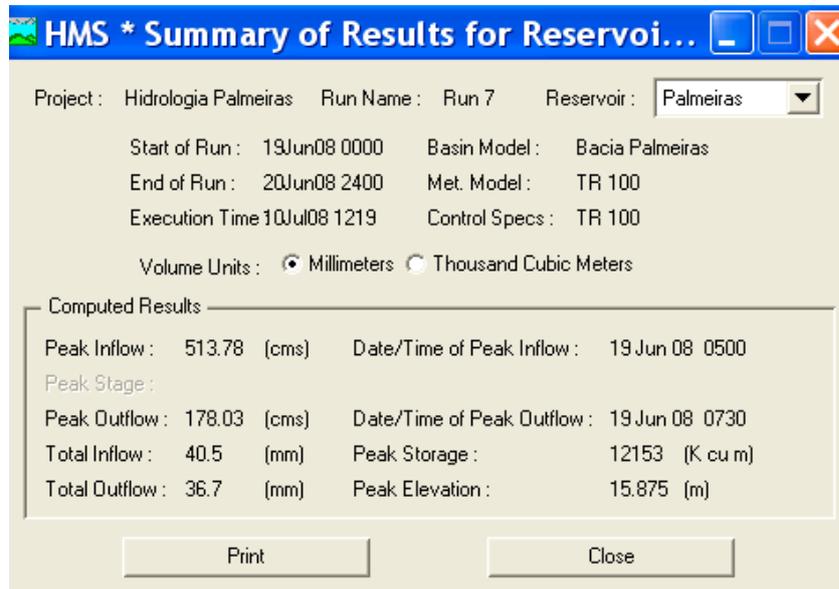


Figura 4.26: Sumário da Cheia Centenária na Barragem Palmeiras

Conforme se pode observar nas **Figuras 4.25 e 4.26** a vazão de pico centenária afluente à barragem Palmeiras é de 513,78 m³/s, e a vazão efluente amortecida é de 178,03 m³/s.

A cota máxima para essa cheia é 15,875 m, correspondendo a uma lâmina de sangria de 0,875 m.

4.11.2. Cheia Milenar (TR = 1.000 anos)

A **Figura 4.27** mostra o hidrograma de amortecimento da cheia milenar na barragem Palmeiras, como saída do programa HEC-HMS. A vazão de pico do hidrograma afluente é de 866,47 m³/s, enquanto que a vazão de saída do reservatório é de 366,03 m³/s. A cota máxima atingida pela cheia milenar é 16,36 m, correspondendo a uma lâmina de sangria máxima de 1,36 m, uma vez que a cota da soleira do sangradouro é 15,0 m. A Figura 27 mostra a tela de saída do sumário computacional para a cheia milenar.

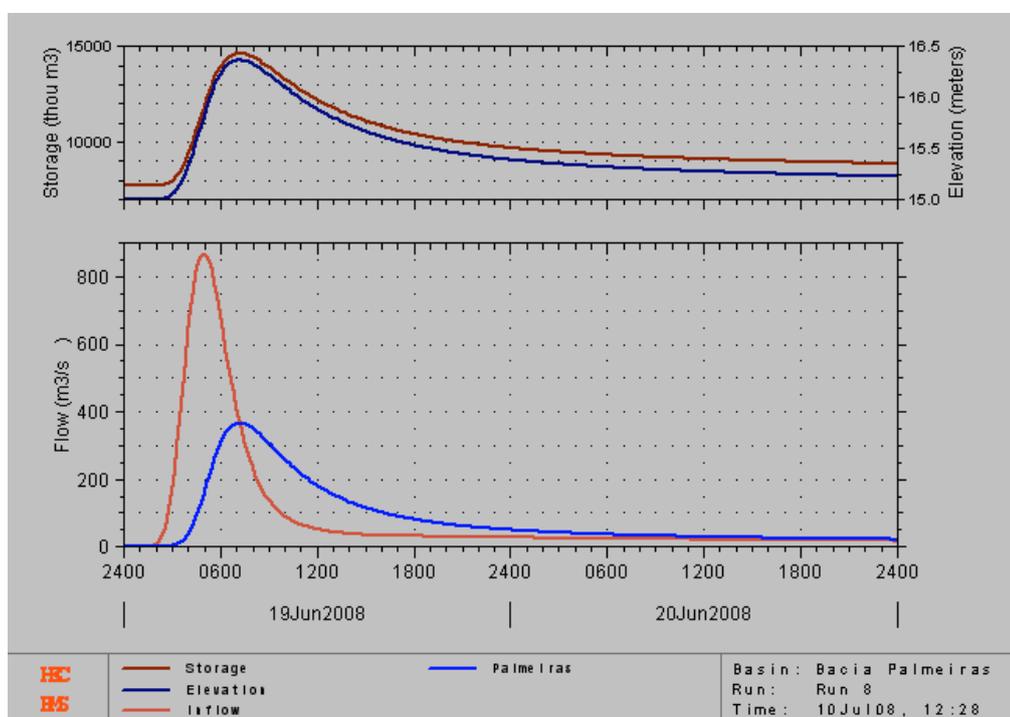


Figura 4.27: Hidrograma de Amortecimento da Cheia Milenar na Barragem Palmeiras.

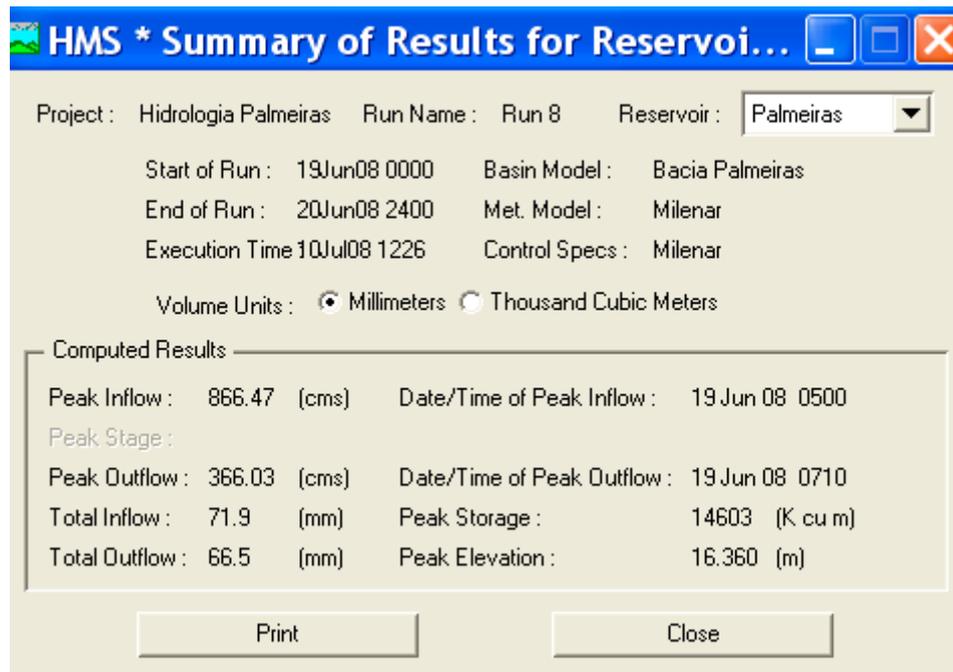


Figura 4.28: Sumário da Cheia Milenar na Barragem Palmeiras

4.11.3 Cheia Decamilenar (TR = 10.000 anos)

A **Figura 4.29** mostra o hidrograma resultante do amortecimento da cheia decamilenar na barragem Palmeiras, como saída do programa HEC-HMS. A vazão de pico do hidrograma afluente é de 1.143,3 m³/s, enquanto que a vazão de saída do reservatório é de 534,81 m³/s. A cota máxima atingida pela cheia decamilenar é 16,709 m, correspondendo a uma lâmina de sangria máxima de 1,709 m, uma vez que a cota da soleira do sangradouro é 15,0 m. A **Figura 4.30** mostra a tela de saída do sumário computacional para a cheia decamilenar.

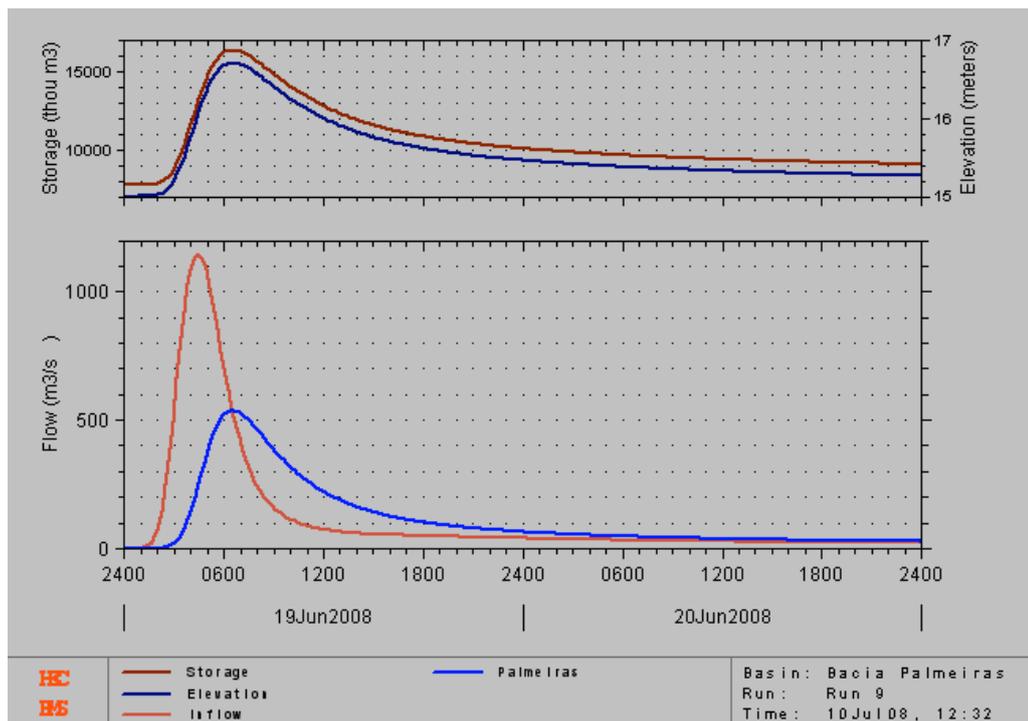


Figura 4.29: Hidrograma de Amortecimento da Cheia Decamilenar na Barragem Palmeiras

4.11.4 Conclusões Sobre o Dimensionamento Hidrológico do Sangradouro

Os resultados obtidos nas simulações confirmaram a adequação do tipo de sangradouro e geometria definidos no projeto da barragem Palmeiras.

- OCCHIPINTI, A. G., Hidrometeorologia, in Engenharia Hidrológica, Coleção ABRH, v 2, 1989.
- PAIVA J. B. D. e PAIVA, E. M. C. D., Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas, ABRH, Porto Alegre - Brasil, 2001.
- RIGHETTO A. M., Hidrologia e Recursos Hídricos, Editora da Escola de Engenharia de São Carlos (USP), São Carlos – Brasil, 1998.
- SILVA, F.O.E., Notas de Aula de Hidrologia Aplicada, Universidade de Fortaleza, 2004.
- TUCCI C. E. M., Hidrologia - Ciência e Aplicação, Editora da Universidade (ABRH), Porto Alegre - Brasil, 1993.
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS – HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC), User`s Manual HMS – Hydrologic Modeling System, California - United States of America, 2002.
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS – HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC), *River Analysis System - HEC-RAS*, Version 3.1.1, Davis, CA, 2001
- VIEIRA, V. P. P. B.(2005), *Análise de Risco em Recursos Hídricos – Fundamentos e Aplicações*, ABRH, 361p. Porto Alegre, RS
- VILLELA S. M. e MATTOS A., Hidrologia aplicada, McGraw-Hill, São Paulo - Brasil, 1975.
- WILKEN P. S, Engenharia de Drenagem Superficial, CETESB, São Paulo, 1978.
- US Army Corps of Engineers (2002), *Hydrologic Modeling System - HEC-HMS*, Version 2.1, Davis, CA
- US Army Corps of Engineers (2001), *River Analysis System - HEC-RAS*, Version 3.1.1, Davis, CA

5. PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

5. PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

5.1. GENERALIDADES

Neste capítulo é apresentado o memorial descritivo da Barragem Palmeiras, que será construída visando o barramento do rio Cocó, no ponto de coordenadas E 551.740 N 9.575.795, no município de Fortaleza, no estado do Ceará.

O desenvolvimento deste item é feito abordando os seguintes tópicos

- Relação de Desenhos
- Escolha do Eixo Barrado
- Escolha do Tipo de Barragem
- Barragem de Terra
 - Fundação da Barragem
 - Rebaixamento do Lençol Freático
 - Geometria da Trincheira de Vedação
 - Cortina de Injeção
 - Maciço da Barragem
 - Instrumentação
- Barragem de CCR
 - Fundação da Barragem
 - Rebaixamento do Lençol
 - Maciço da Barragem
 - Sistema de Drenagem
 - Cortina de Injeção
 - Sistema de Vedação
 - Instrumentação
- Sangradouro e Bacia de Dissipação
- Tomada D'água.

5.2. RELAÇÃO DE DESENHOS

Os desenhos estão apresentados no Volume 2. Para facilitar a descrição deste capítulo, eles estão abaixo relacionados.

RELAÇÃO DE DESENHOS DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS

DESCRIÇÃO	NÚMERO
LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM	01/20
LOCAÇÃO E PERFIL TOPOGRÁFICO DO EIXO	02/20
BACIA HIDRÁULICA E CURVA COTA x ÁREA x VOLUME	03/20
ARRANJO GERAL DAS OBRAS	04/20
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS SONDAgens	05/20
PERFIL GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO	06/20
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS	07/20
ESCAVAÇÃO DA FUNDAÇÃO – PLANTA BAIXA E SEÇÃO TIPO	08/20
PERFIL LONGITUDINAL PELO EIXO DA BARRAGEM	09/20
BARRAGEM DE TERRA - SEÇÃO TIPO E DETALHES	10/20
BARRAGEM DE CCR - SEÇÃO TIPO E DETALHES	11/20
SEÇÃO TIPO SANGRADOURO E BLOCO DE PROTEÇÃO	12/20
TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES – PLANTA, CORTES E DETALHES	13/20
DETALHE DE VEDAÇÃO – JUNTA DE CONTRAÇÃO	14/20
TOMADA D'ÁGUA – PLANTA E PERFIL (DETALHES HIDROMECAÑICOS)	15/20
TOMADA D'ÁGUA – CASA DE COMANDO DAS VÁLVULAS DISPERSORAS	16/20
TOMADA D'ÁGUA – CASA DE COMANDO DA COMPORTA	17/20
TOMADA D'ÁGUA – DETALHES HIDROMECAÑICOS- COMPORTA	18/20
TOMADA D'ÁGUA – DIMENSIONAMENTO DE VÁLVULAS E CONEXÕES	19/20
INSTRUMENTAÇÃO	20/20

5.3. ESCOLHA DO EIXO BARRADO

Para localizar um reservatório dentro das proporções necessárias ao atendimento dos objetivos do empreendimento, foi estudado um trecho do rio Cocó compreendido entre a sua nascente na serra de Pacatuba e a Av. Presidente Costa e Silva.

Alem da premissa básica de selecionar um local para o barramento que comportasse um reservatório nas dimensões preconizadas pelos estudos hidrológicos, buscou-se atender ao condicionante em que o empreendimento deverá ter um baixo nível de impacto nas populações residentes e na infra-estrutura existente na região.

Escolheu-se, para comportar o lago idealizado, uma área a jusante do Açude Gavião e a montante da Av. Presidente Costa e Silva. Na ombreira direita buscou-se compatibilizar a existência da obra com a comunidade do Conjunto Palmeiras, fazendo-se com que o eixo contorne a infra-estrutura urbana ora existente sem causar impactos significativos no contexto atual. Na ombreira esquerda buscou-se atingir a curva nível na cota de coroamento da barragem, de modo a não atingir o terreno da CHESF, a favela da Mana e a Avenida D (ligação entre os conjuntos José Walter e Palmeiras).

Investigou-se se o lago atingiria os bairros adjacentes, conjuntos habitacionais em implantações, as avenidas e vias pavimentadas que situam-se na região. Para a cheia com período de retorno de 100 anos verificou-se a necessidade de altear cerca de 1200m de extensão do segmento do anel viário que encontra-se dentro da bacia hidráulica.

Como a região jusante das ombreiras tem uma ocupação humana de elevada densidade, optou-se por locar o elemento de sangria na zona do leito do rio, fazendo as descargas diretamente na calha do rio Cocó.

5.4. ESCOLHA DO TIPO DE BARRAGEM

Diante da verificação da ocorrência de materiais terrosos de boa qualidade, localizados nas ombreiras e no interior da bacia hidráulica, com potencial volumétrico suficiente para atender as demandas da barragem e com distancia de transporte atrativa, idealizou-se uma barragem com maior parte do seu volume sendo maciço em terra buscando-se uma maior economia.

Em função da existência de aglomeração urbana nas ombreiras do barramento fez-se necessária a concepção de um maciço de concreto rolado no trecho correspondente ao canal natural do rio Cocó. Escolheu-se o local de cruzamento do eixo da barragem com a calha do rio como sendo o ideal para localização do sangradouro. Adicionalmente, após a realização das sondagens mecânicas, verificou-se que:

O material de fundação da calha do rio – compreendido entre as estacas 0+870 e 1+230, apresenta-se com alto grau de alteração, o que implica a necessidade de se buscar maiores profundidades para a fundação da barragem, especialmente na região onde ocorrerão as cargas hidráulicas mais elevadas. Neste setor concebeu-se blocos submersíveis e insubmersíveis de CCR.

Estas constatações associadas com a inviabilidade de deslocamento do canal do sangradouro para outros locais das ombreira, no que diz respeito aos impactos sobre as concentrações urbanas existentes, conduziram a uma nova idealização para o barramento. Considerando as informações geotécnicas e a ocupação urbana nas ombreiras analisou-se alternativas de arranjo das obras, sob os aspectos técnicos e econômicos, elegendo-se a concepção de um maciço misto de terra e de gravidade de concreto rolado.

Entre o limite da ombreira esquerda e a estaca 0+870 projetou-se um maciço de terra homogênea. Entre as estacas 0+870 e 1+250 um maciço de gravidade e a partir da estaca 1+250 até a ombreira direita um maciço de terra. No trecho da barragem de gravidade, em CCR, compreendido entre as estacas 0+870 e 1+250, projetou-se uma seção submersível, sangradouro, dotada de uma bacia de dissipação a jusante.

Ressalta-se que pela impossibilidade de deslocamento do trecho vertedouro da barragem para jusante da posição originalmente projetada, sem que a barragem perca sua finalidade, que é de retenção da cheia de 20 anos, a obra de transposição do rio na Avenida D deve permitir o escoamento das vazões consideradas essenciais para a segurança da barragem (ver estudos hidrológicos). Vale lembrar que a referida avenida dista cerca de 30 - 67 m para o vertedouro e sistema de esvaziamento do reservatório.

A preocupação técnica da ENGESOFT é concernente aos aspectos hidrológicos e hidráulicos, mormente este último, com relação à interação do conjunto da obra BARRAGEM-AVENIDA/PONTE.

De fato, ambas as obras interferem drasticamente com o fluxo de água natural do rio Cocó, o qual é governado por fenômenos climáticos afeitos ao ciclo hidrológico natural, sob o qual o homem não exerce nenhum controle, podendo apenas estimar estocasticamente as possíveis afluências, em termos de vazão, previstas para determinado período de recorrência (período de retorno).

Cabe aqui a primeira consideração técnica: Em função de suas naturezas distintas, a vazão de dimensionamento de uma ponte é muito inferior à vazão de dimensionamento de uma barragem do porte da obra aqui considerada, a BARRAGEM PALMEIRAS. O período de retorno adotado normalmente para pontes é da ordem de 100 anos (cheia centenária) enquanto que para barragens de porte é de 1.000 anos (cheia milenar) para dimensionamento e de 10.000 anos (cheia decamilenar) para verificação quanto à estabilidade estrutural do maciço.

Não há uma proporcionalidade linear entre as citadas vazões, entretanto, no caso em consideração, a vazão de projeto do sangradouro da BARRAGEM PALMEIRAS é superior ao dobro da vazão de projeto da ponte sobre o rio Cocó.

Com relação ao segundo aspecto e o mais preocupante, que é o hidráulico, corresponde ao que irá acontecer com o fluxo da água vertente da BARRAGEM PALMEIRAS e passando pela PONTE no caso de uma cheia qualquer, que não necessita ser igual àquela limitrofe usada no dimensionamento do projeto para garantia da segurança de cada obra de interesse.

De fato, a proximidade entre a BARRAGEM PALMEIRAS e a AVENIDA/PONTE torna-as, do ponto de vista hidráulico, uma única obra, conjunta, de elevadíssima interação hidráulica.

Assim, teremos de considerar o trinômio BARRAGEM/AVENIDA/PONTE (BAP) como uma obra conjunta hidraulicamente atuante, em todos os seus aspectos de dimensionamento hidráulico e estrutural.

Tecnicamente, essa interação hidráulica decorre da natureza do fluxo que irá se desenvolver entre o sangradouro, a avenida e a ponte sobre o rio Cocó, que não mais corresponderá a um fluxo unidimensional tal como foi pressuposto no dimensionamento de cada obra individualmente, desconsiderando a interferência das outras.

A própria semi-escondida do aterro da avenida em relação ao maciço de CCR e o sangradouro da barragem, além da inequívoca escondida da ponte em relação ao centro geométrico do fluxo de sangria, gerarão correntes secundárias predominantemente paralelas à barragem e ao aterro que se caracterizarão num fluxo bidimensional de complexa interferência.

O remanso provocado pela existência do aterro paralelo ao sangradouro, associado às correntes secundárias que se estabelecerão, induzirá à formação possível de vórtices de alta turbulência de conseqüências imprevisíveis junto ao aterro da avenida na confluência com a seção exutória representada pela ponte. Também poderia, em um caso extremo, danificar o próprio paramento do maciço de CCR.

A natureza repele a existência de vórtices hidráulicos pela indução à formação de correntes contrárias ao sentido predominante dos vórtices de momento.

Na **Tabela 5.1** a seguir é apresentada uma síntese dos trechos e o tipo de barragem escolhido

Tabela 5.1: Tipo De Barragem

TIPO DE SEÇÃO	TRECHO	EXTENSÃO (m)
Terra Homogênea	-0+187,33 a 0+870 e 1+230 a 2+458,40	2.285,73
CCR Insubmersível	0+870 a 0+980 1+100 a 1+230	280,00
CCR Submersível	0+980 a 1+100	120,00

No desenho N.º 04/20 é apresentado o arranjo geral das obras onde observa-se os tipos de barragens adotados.

5.5. BARRAGEM DE TERRA

A barragem de terra desenvolve-se na ombreira esquerda, da estaca -0+187,33 (estaca negativa) na parte alta da ombreira até a estaca 0+870, e na ombreira direita, entra a estaca final 2+458,50, até a estaca 1+230, já na zona aluvionar do rio. A extensão portanto é de 1.057,33m, no lado esquerdo e 1.228,43m no lado direito. Interessante salientar que nos segmentos compreendidos entre as estacas 0+850 a 0+870 e 1+210 a 1+230 o maciço funciona como um “abraço” de terra na estrutura de CCR.

5.5.1. Fundação da Barragem

Em toda a extensão do maciço de terra será escavada uma trincheira de vedação, do tipo *cut-off*, até atingir o substrato siltoso pouco permeável, até uma profundidade onde este material assegure uma permeabilidade de 5×10^{-6} cm/s. O *cut-off* será escavado com talude 1:1 (H:V) e terá de 1,50m a 2,0m de profundidade a partir da cota de remoção para assentamento do maciço de terra, ao longo do eixo. As profundidades inferidas de escavação do *cut-off* são graficamente apresentadas no desenho N.º 09/20 do Volume 2.

O corpo do maciço de terra será assente 1,00m abaixo da superfície do terreno natural, uma vez que, de acordo com as sondagens percussivas verificou-se a existência de material com baixa capacidade de suporte e com presença de matéria orgânica numa espessura aproximada de 1m.

Entre as estacas 0+570 e 0+730 a fundação do corpo da barragem será assente na cota 14,00 m, por influencia do canal necessário para ligação da bacia do afluente esquerdo do rio Cocó com a bacia do referido rio (ver desenho 08/20 do volume 2).

As profundidades de escavação para assentamento do maciço de terra (remoção de solo de baixa resistência) são graficamente apresentadas no desenho N.º 09/20 do Volume 2.

5.5.2. Rebaixamento do Lençol Freático

Para a escavação da trincheira de vedação do maciço de terra ao longo das ombreiras, não será necessário realizar o rebaixamento do nível d'água, mesmo sendo constatada a

existência de nível d'água a 0,70m de profundidade na ombreira esquerda. No entanto, no trecho aluvionar, a partir da estaca 0+140 até próximo da 0+480, entre as estacas 0+740 e 0+870 e no intervalo da 1+230 a 1+800 poderá ser necessário o rebaixamento do lençol freático para viabilizar a realização dos trabalhos de escavação da cava de fundação e aterro do *cut-off*.

5.5.3. Cortina de Injeção

No eixo da trincheira de vedação será executada uma cortina de impermeabilização, composta de uma única linha de furos, estendendo-se entre as estacas 0+380 e 0+848, no lado esquerdo, e entre as estacas 1+256 e 1+700, no lado direito, ambos com profundidade de 9,0m. Os detalhes executivos do tratamento da fundação são apresentados no Volume 3 “Especificações Técnicas” e os detalhes da distribuição das injeções podem ser vistas no desenho N.º 13/20 do Volume 2.

5.5.4. Maciço da Barragem

O maciço é de terra homogênea, com seção trapezoidal com 6,0m de largura de coroamento na cota 18,00m. A inclinação do talude de montante é de 2,5:1,0 (H:V) e do talude de jusante é, de 2,0:1,0 (H:V) ao longo de toda a sua extensão.

No talude de jusante, diante da altura vertical inferior a 10 metros, foi projetada sem berma, e com um *rock-fill* nos trechos de maior altura do barramento especialmente nos locais em que o maciço de terra intercepta talvegues existentes. O *rock-fill* tem seção trapezoidal, com 3,0m de largura de coroamento na cota 12,50m, e está localizado nos seguintes trechos: de 0+140 a 0+560, 0+780 a 0+870 e de 1+230 a 2+339,9. Em todos os trechos a cota de fundação do *rock-fill* é variável ao longo do eixo estando 4,00m abaixo do terreno natural, local em que o solo de fundação apresenta baixa permeabilidade e resistência à penetração não inferior a 30 golpes, nos últimos 30cm de sondagem percussiva (SPT).

Nos encontros com o maciço de concreto, o *rock-fill*, conservando seus elementos geométricos, deverá ter continuidade até o contato com a face jusante do maciço de concreto.

Nas regiões compreendidas entre as estacas -0+187,33 a 0+140, 0+560 a 0+720 e 1+230 a 2+450 o *rock-fill* reduz-se a uma camada de enrocamento de proteção do pé do talude de jusante. Nestas regiões o enrocamento desempenha importante papel contra os processos erosivos das águas de superfície. Possui 1,0 m de largura e 1,0 m de altura, a partir do pé do talude de jusante.

As profundidades de escavação para assentamento do *rock-fill*, estimadas com base na campanha de sondagens realizada, são graficamente apresentadas no desenho N.º 09/20 do Volume 2.

O paramento de montante da barragem de terra, será protegido contra ação das ondas por um *rip-rap* constituído por uma camada de enrocamento, com $D_{\text{médio}} \cong 0,50\text{m}$, numa espessura de 0,70m, sobreposto a uma camada de transição, executada com brita, numa espessura de 0,30m.

A granulometria indicada para a proteção do talude de montante encontra-se detalhada nas **Tabelas 5.2 e 5.3** mostrados a seguir.

Tabela 5.2: Transição para o Enrocamento

Peneiras (mm)	% Passando
300	100
100	88 – 98
50,80 (2")	71 – 93
25,40 (1")	44 – 86
9,52 (3/8")	10 – 76
4,76 (N.º 4)	0 – 34
2,00 (N.º 10)	0 – 10
1,19 (N.º 16)	0

Tabela 5.3: Enrocamento do Rip-Rap

Peneira (mm)	% Passando
1000	100
500	58-94
100	4-60
50,80 (2")	1-33
38,10 (1 1/2")	0-20
30mm	0

A drenagem do maciço será feita por um filtro do tipo chaminé com largura de 1,0m e topo na cota 16,26m, e por um filtro horizontal que encobre toda a extensão de jusante, a partir do filtro chaminé, indo até o *rock-fill*.

Entre as estacas 0+100 e 0+140; 0+720 e 0+780, bem como entre 2+330 e 2+400, o tapete drenante (filtro horizontal) deverá ter uma extensão de 1/3 da distancia entre o filtro vertical e o pé da barragem, portanto, não alcançando este último. Nos segmentos de -0+187,33 a 0+060 e de 2+400 a 2+450, não terão sistema de drenagem interna por estarem acima da cota de cheia. Entre as estacas 0+060 e 0+100 e entre 0+560 e 0+720 o sistema de drenagem é constituído por um filtro vertical sem tapete drenante, em função das pequenas pressões neutras desenvolvidas.

As seções tipo da barragem de terra são apresentadas no desenho N.º 10/20 do Volume 2.

5.5.5. Instrumentação

Concentrou-se a instrumentação da barragem de terra na sua região de contato com a obra de CCR.

Piezômetros do tipo Casa Grande foram indicados para serem instalados nas estacas 0+850 e 1+250 de forma a estarem localizados na base do *cut-off*, bem como na cota

correspondente à cota de fundação do maciço de CCR naquelas estacas. Nas estacas 0+920, 0+975, 1+105 e 1+160 este tipo instrumento foi indicado para o ser implantado imediatamente abaixo do contato CCR/fundação.

Marcos de superfície, para medida de deslocamentos, foram indicados para o trecho insubmersível da barragem de CCR, nas estacas 0+860, 0+900, 0+975, 1+105, 1+108 e 1+240.

A instrumentação da barragem, nos seus vários trechos, é mostrada e detalhada no desenho N.º 17/20 do Volume 2.

5.5.6. Estabilidade da Barragem

O maciço de terra foi analisado quanto à sua estabilidade sendo consideradas as seguintes situações:

- Final de Construção;
- Rebaixamento rápido;
- Reservatório em operação no nível normal.

Para os três cenários foi analisada a estabilidade sob condições estáticas e dinâmicas, neste caso, foi simulado o efeito sísmico através da aplicação de acelerações vertical e horizontal, simultaneamente, cada uma com magnitude de 10% do valor da aceleração da gravidade.

As análises foram realizadas utilizando-se o método determinístico de Bishop considerando ruptura circular e o modelo constitutivo adotado para os materiais envolvidos obedece ao critério de Mohr-Coulomb. Simulou-se a poro-pressão no solo através da associação do parâmetro R_u com a posição da linha piezométrica, sendo ainda considerada a não-saturação do solo acima da superfície livre. Os Fatores de Segurança obtidos satisfizeram as condições de estabilidade de todas as análises efetuadas e são apresentados no quadro a seguir. Os relatórios das análises realizadas (utilizando-se o programa SLOPE/W), bem como as figuras contendo a superfície potencial de ruptura de cada análise com seu respectivo fator de segurança são apresentados no Anexo III.

ETAPA	FINAL DE CONSTRUÇÃO		REBAIXAMENTO RÁPIDO		RESERVATÓRIO EM OPERAÇÃO	
	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
FS ANÁLISE ESTÁTICA	2.38	2.88	1.53	-	2.43	2.78
FS ANÁLISE DINÂMICA	1.85	2.24	1.26	-	1.80	2.20

5.6. BARRAGEM EM CCR

Barragem em CCR pode ser dividida em dois tipos distintos por suas funções. O primeiro dito trecho insubmersível tem como única função o barramento das águas do reservatório, transcorrendo entre as estacas 0+850 a 0+980 e 1+100 a 1+250. O segundo tipo consiste em um trecho submersível que tem como objetivo funcionar como extravasor das águas excedentes (Sangradouro), compreendido entre as estacas 0+980 a 1+100.

No trecho entre estacas 0+850 a 0+870 e 1+230 e 1+250 a seção em CCR será abraçada pelo maciço de terra desde o nível do coroamento.

5.6.1. Fundação da Barragem

Em toda a extensão do maciço de CCR, em seu trecho submersível e nos trechos insubmersíveis buscou-se definir a cota da fundação sobre o substrato relativamente menos alterado da rocha gnáissica.

Com base nas sondagens mecânicas inferiu-se a cota do substrato rochoso e a conseqüente espessura do aluvião a ser escavado.

A planta da escavação da fundação dos maciços é apresentada no desenho N.º 08/20 do Volume 2, no qual são apresentadas as cotas estimadas para a escavação da fundação dos trechos em CCR.

5.6.2. Rebaixamento do Lençol

Para a escavação do material sobrejacente a fundação rochosa da barragem de concreto será necessário o rebaixamento do lençol freático de forma suficiente para que o

tratamento da fundação seja realizado sem a presença d'água. Isto se faz necessário na zona aluvionar do rio, isto é, aproximadamente entre estacas 0+840 e 1+260, onde o nível d'água observado encontrava-se acima do terreno natural.

5.6.3. Maciço da Barragem

Será considerado neste item a descrição apenas do segmento insubmersível da barragem de CCR sendo o trecho submersível tratado no item **5.7 - Sangradouro**.

A seção tipo da barragem de CCR apresenta um coroamento na cota 18,00m e uma largura de 6,0m. O talude de montante é vertical e o de jusante desce vertical até a cota 14,25 m quando passa a desenvolver-se com uma inclinação de 0,80:1 (H:V). Nos blocos 1, 2 ,20 e 21, ou seja, entre estacas 0+850 – 0+890 e 1+210 – 1+250 o talude de montante tem uma inclinação de 1:10 (H:V) para propiciar uma melhor compactação do solo do “abraço”, no contato com o maciço de concreto. Com uma compactação eficiente estará assegurada a estanqueidade dessa interface. Os blocos N.º 01 e 21, na sua face transversal ao eixo, e em contato com o maciço terroso, também serão construídos com inclinação 1:10 (H:V), pelas mesmas razões.

Os blocos que separam a zona insubmersível da submersível (sangradouro), N.º 07 e 14, apresentam uma seção tipo ligeiramente diferente pois o talude de jusante, com inclinação 0,8:1 (H:V), parte da cota 14,25m e prossegue até o nível 8,50 m, onde desenvolve-se plano.

O bloco 6, que abriga os condutos da tomada d'água, apresenta uma largura do coroamento de 12,00 m, onde situa-se a casa de comando da tomada d'água, tem talude montante todo vertical. O talude de jusante é vertical entre o coroamento e a cota 14,25 m, e possui uma inclinação de 0,8:1 (H:V), entre as cotas 14,25 e 9,00 m. A partir da cota 9,00 m tem um patamar de 16,00 m de comprimento e em seguida outro talude 0,8:1 (H:V).

Os taludes de jusante do maciço de CCR foram idealizados com degraus de 0,48m na horizontal por 0,60m na vertical.

O coroamento será executado em CCR semelhante às camadas imediatamente subjacentes, com caimento de 2% para montante. Ele terá em ambos os lados guarda-

corpos do tipo barreira *New Jersey*, com dreno na base de montante em PVC com D= 4", a cada 10 metros. Nos limites com a seção submersível também foram indicadas barreiras semelhantes para proteção.

O maciço deverá ser construído com dois tipos de CCR. A base do maciço com espessura de 3m deverá possuir um fck igual a 12MPa. A parte superior deverá apresentar fck igual a 9MPa.

A areia siltosa para as misturas dos traços de CCR poderá ser obtida nas partes aluvionares junto a calha do rio, caso elas confirmem a ausência de frações argilosos. A areia de rio deverá ser extraída dos bancos do rio Choró e os agregados pétreos provenientes da pedreira P-01 localizada no município de Itaitinga.

Foi indicada a utilização de uma argamassa de berço (*bedding mix*), com espessura de 1,0cm, entre as camadas de CCR, em toda a largura da seção da barragem, independente da velocidade de recobrimento das camadas CCR, com a finalidade de promover a ligação efetiva entre as camadas.

Para assegurar uma zona impermeável a montante, será construída uma faixa de concreto convencional vibrado, com espessura de 0,50m, a partir de face de montante entre a cota de coroamento e cota 10,00 m e, abaixo desta numa espessura de 1,0 m, até a fundação.

Transversalmente ao maciço de concreto serão abertas juntas de contração, ao longo de toda seção, formando blocos com espaçamento típico de 20 metros. Estas juntas deverão ter suas localizações finais definidas a partir do mapeamento geológico – geotécnico da fundação após as escavações.

As seções tipo da barragem de CCR são apresentadas no desenho n.º 11/20 no Volume 2.

5.6.4. Estabilidade da barragem

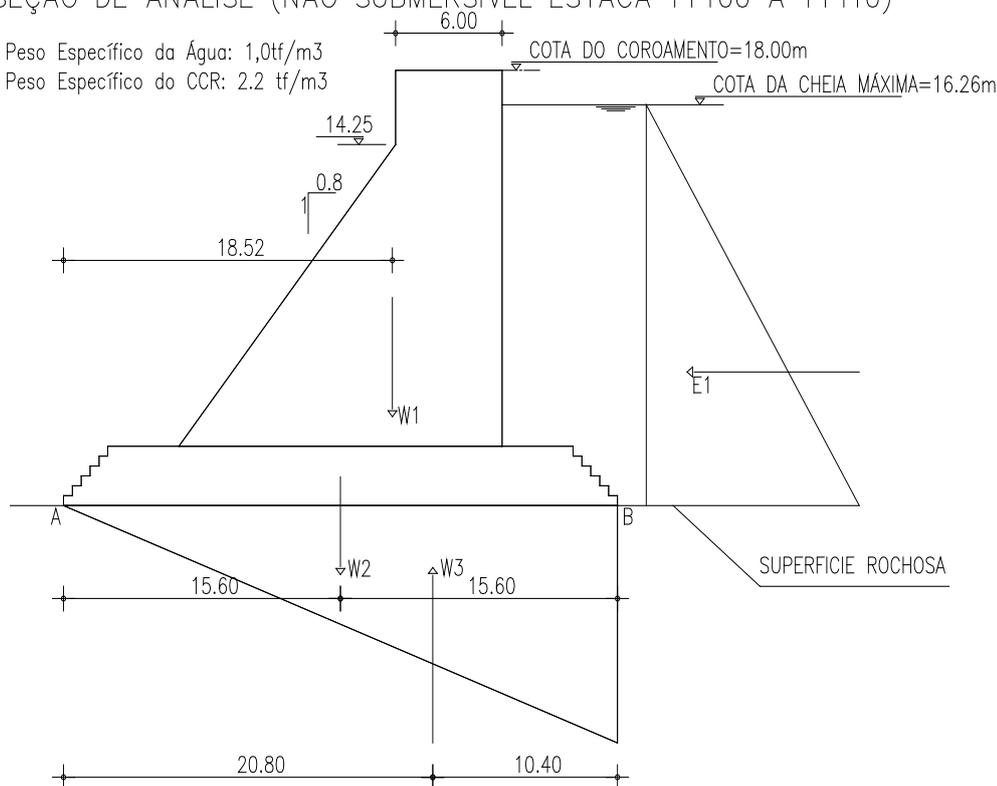
Foi analisada a seção máxima do trecho insubmersível, visto que esta apresenta-se como a mais crítica do maciço de gravidade. Na análise de tombamento obteve-se um fator de segurança igual a 3,40 com a base do maciço apresentando excentricidade dentro do seu terço médio. Na verificação contra o escorregamento obteve-se um fator de segurança

igual 5,54 para um ângulo de atrito e coesão igual a 30° e 5tf/m², respectivamente entre o maciço e a fundação. Com a excentricidade no terço médio da base não há tensão de tração na fundação e as tensões máxima e mínima obtidas foram iguais a 21tf/m² e 10,54tf/m², respectivamente.

SEÇÃO DE ANÁLISE (NÃO SUBMERSIVEL ESTACA 1+100 A 1+110)

Peso Específico da Água: 1,0tf/m³

Peso Específico do CCR: 2.2 tf/m³



Cálculo dos Esforços

$$W_1 = 207,25 \times 2,20 = 455,95 \text{ tf / m}$$

$$W_2 = 86,10 \times 2,20 = 189,42$$

$$W_3 = \frac{1}{2} \times 20,26 \times 31,20 \times 1,0 = 316,05$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \times 20,26 \times 20,26 \times 1,0 = 205,23$$

Determinação da Abscissa dos Esforços em Relação ao Ponto A

$$R_v \cdot X_A = \sum W_i \cdot X_i$$

$$328,87 \cdot X_A = 455,95 \times 18,52 + 189,42 \times 15,60 - 316,05 \times 20,80$$

$$X_A = 14,67 \text{ m}$$

Coordenadas do Ponto de Aplicação da Resultante

$$C = (14,67, 6,75)$$

Cálculo do Ponto onde a Resultante Atravessa a Base

$$D = \frac{E}{V} \times 6,75$$

$$D = \frac{205,23}{328,87} \times 6,75 = 4,21$$

A abscissa deste ponto $X_0 = 10,46$

Cálculo da Excentricidade

$$e = \left| \frac{B}{2} - 10,46 \right| = 5,14 < 5,26 \rightarrow OK$$

Não haverá tensões de tração despertada no maciço.

Análise da Estabilidade Contra o Tombamento

Deve-se ter:

$$\frac{M_R}{M_T} \geq 1,50$$

M_R = Momento Resistente

M_T = Momento Tombador

$$M_R = 4.825,30$$

$$M_T = 1.385,30$$

$$F_s = \frac{4.825,30}{1.385,30} = 3,40 \gg 1,50 \rightarrow OK$$

Análise da Estabilidade Contra o Escorregamento

Adotando uma coesão maciço rocha de 5tf/m², e um ângulo de atrito maciço x rocha de $\phi=40^\circ$, tem-se:

$$328,87 \times 0,83 \geq 1,5 \times (205,23 - 5 \times 31,20)$$

$$272,96 \geq 73,84 \gg 1,5 \rightarrow OK$$

Cálculo das Tensões de Trabalho

$$\sigma = \frac{R_v}{B} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right)$$

$$\sigma_A = \frac{328,87}{32,20} \times \left(1 + \frac{6 \times 5,14}{31,20} \right) \cong 21tf / m^2 \rightarrow OK$$

$$\sigma_B = \frac{328,87}{31,20} \times \left(1 - \frac{6 \times 5,14}{31,20} \right) = 10,54tf / m^2 \rightarrow OK$$

5.6.5. Sistema de Drenagem

Diante da baixa altura do maciço, principalmente entre o coroamento e o nível do terraço aluvionar (cerca de 10,0 m), as análises efetuadas na seção de gravidade indicaram um grande conflito executivo para a implantação de galerias ou caixas de drenagem. Desta forma o projeto concebeu o maciço sem sistema de drenagem.

5.6.6. Sistema de Vedação

O sistema de vedação das juntas de contração constitui-se de duas linhas de juntas de vedação em PVC, do tipo Fungenband O-35, situadas a 0,30 e 0,70 m da face de montante, respectivamente, engastadas 0,60m na rocha de fundação e prolongando-se até a camada de revestimento do coroamento. Na região de localização das juntas, o concreto convencional de face se estenderá até 1,00m da face de montante.

Para impermeabilização da rocha de fundação será executada uma cortina de injeção, através da fundação da barragem, após os serviços de tratamento, com uma inclinação de 15° para montante, em toda a extensão da barragem. Previu-se, preliminarmente, uma profundidade abaixo do substrato rochoso de 9,0m.

Os detalhes das juntas de contração e dos elementos de vedação são apresentados no desenho N.º 14/20 do Volume 2. O tratamento das fundações é apresentado do desenho N.º 13/20 do Volume 2.

5.6.7. Instrumentação

A instrumentação indicada para o maciço de concreto da barragem Palmeiras foi concebida tendo como filosofia os seguintes aspectos:

- os objetivos para o programa de instrumentação;

- a estimativa de tais objetivos serem obteníveis;
- a variedade mínima para atingir os objetivos;
- arranjo mínimo dos instrumentos escolhidos para prover a necessidade dos dados;
- a escolha dos tipos de instrumentos mais simples, confiáveis e robustos.

A instrumentação da estrutura de concreto tem como objetivo:

- obter informações durante a construção de modo a completar ou modificar o projeto;
- verificar as hipóteses e segurança do projeto durante a construção e a operação;
- obter informações de situações peculiares para uso em projetos futuros no Estado.

Para o acompanhamento e registros da subpressão desenvolvida no contato com a fundação rochosa foram indicados 4 piezômetros abertos, tipo Casagrande modificado, em quatro blocos. Em cada bloco escolhido o piezômetro deverá ser construído no nível da camada mais alta do talude 0,8:1 (H:V), de forma a situar-se a jusante do talude vertical.

Marcos de superfície, implantados através de pinos incrustados na posição central do revestimento do coroamento, serão responsáveis pelos registros de deslocamentos verticais que porventura ocorram ao longo da barragem de concreto. Como referência deverão ser instalados três *benchmarks* nas ombreiras. O número total de marcos projetados é de seis unidades.

No desenho N.º 20/20 do Volume 2 é detalhada a localização de cada um dos instrumentos, bem como dos piezômetros abertos.

5.7. SANGRADOURO

A sangria do volume excedente do lago será feita através da seção de CCR submersível situada entre as estacas 0+980 e 1+100.

A seção do maciço neste trecho apresenta um coroamento na cota 15,00m, numa ogiva em formato de um perfil *Creager*, seguida para jusante de um talude com inclinação de 0,8:1,0 (H:V). O talude será executado em degraus para dissipação da energia do caudal de sangria.

A partir da cota 5,00m será executada uma bacia de dissipação, com 7 m de extensão, que restituirá o fluxo ao leito do rio original.

O maciço de concreto deste segmento submersível segue as mesmas concepções do trecho insubmersível, com juntas de contração a cada 20m e mantém o mesmo sistema de vedação de montante. A diferença é que uma das juntas de vedação prossegue para jusante desenvolvendo-se pela crista do sangradouro, talude de jusante, bacia de dissipação e talude final da bacia, envolvendo quase que por completo o maciço (exceto pela fundação).

Nesta seção a faixa de concreto convencional de face será estendida a ogiva do sangradouro, todo o talude de jusante e numa espessura de 0,90m na bacia de dissipação.

Os blocos nºs 7 e 14, não-submersíveis, funcionarão como contenções laterais ao fluxo do sangradouro e bacia de dissipação, tendo portanto, uma seção tipo distinta das demais. Cada um desses blocos terá uma largura de somente 10 metros.

A seção tipo do sangradouro e seu muro lateral de proteção é apresentado no desenho N.º12/20 do Volume 2.

5.8. TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água da Barragem Palmeiras será construída no bloco 06 da barragem de CCR, com dois condutos de diâmetro de 1800 mm e em chapa de aço ASTM A-36. A geratriz inferior dos condutos foi projetada na cota 10,00 m.

Os condutos de tomada d'água, internos ao maciço da barragem, serão envolvidos por uma zona de concreto convencional formando uma seção retangular de 10,82 m de largura por 3,80 m de altura, sendo a distância entre os eixos dos condutos de 5,80m.

O comando será feito por jusante onde existirão duas válvulas dispersoras de diâmetro de 600mm. A montante de cada válvula dispersora haverá uma válvula borboleta de $\phi=600$ mm de diâmetro e uma junta de desmontagem tipo DRESSER.

A montante do maciço haverá uma entrada por uma grade e uma redução gradual concêntrica com variação em curva parabólica dimensionado pelos prescritos do "Bureau of Reclamation" contidos no livro "Design of Small Dams". As válvulas serão acionadas por casa de comando situada na plataforma de concreto, na cota 49,80m.

Para fechar a boca de montante está previsto uma comporta de aço By Pass que será operada por uma viga pescadora eletromecânica. A casa de comando da tomada d'água foi posicionada no topo do bloco, tendo este uma largura do coroamento de 12,0m.

Para combater a pulsação e cavitação após a entrada na tubulação foi dimensionado um tubo de aeração de $\phi=200$ mm de aço ASTM A-36.

A tomada d'água é apresentada detalhadamente nos desenhos N.º 15/20 e 19/20 do volume 2.

5.9 CANAL DE LIGAÇÃO NA BACIA

Com a necessidade de se ajustar o alinhamento do maciço esquerdo da barragem à avenida ora em implantação pela prefeitura, a bacia do afluente pelo lado esquerdo do rio Cocó ficou isolada da bacia do rio principal. Como o vertedouro da barragem encontra-se na calha do rio principal fez-se necessário o projeto de um canal de ligação entre as referidas bacias. Este canal foi idealizado paralelamente ao eixo da barragem, entre estacas 0+200 e 0+680, com bordo da base distando 180m para montante do eixo,

escavado na cota 14,00m. Dentro desse canal principal concebeu-se um canal secundário, com largura de 60 m e cota de fundo na 13,00m, para transferência de vazões menores em cota inferior ao canal principal. O desenho 08/20 apresenta a localização em planta do canal e um seção transversal do mesmo. O material desta escavação deverá ser selecionado para possível aproveitamento na zona jusante da barragem de terra, situada a esquerda da barragem de CCR.

6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

O cronograma de construção das obras da Barragem Palmeiras foi elaborado com o objetivo de orientar a firma contratada quanto à seqüência de execução de cada serviço e seus períodos adequados. A concepção do cronograma baseou-se na observação da região quanto à intensidade de chuva nos diversos períodos do ano. O cronograma deverá ser observado em suas etapas de trabalho, a fim de que as obras tenham um bom desenvolvimento como um todo.

O cronograma foi definido basicamente em duas etapas bem características, quais sejam, períodos de estiagem e períodos de chuva. Programou-se o início da execução das obras para o começo de um período seco e o término **18 meses** após.

Buscou-se dentro dos limites de tempo e do clima, encaixar as obras de terraplenagem, escavações de fundações e trabalho na zona da calha do rio no período seco do ano, e para o período chuvoso, trabalhos tais como escavação em rocha, concretagem do maciço de CCR.

Na **Tabela 6.1**, apresentado a seguir, é mostrado o cronograma de construção com os diversos serviços e seus respectivos tempos de execução.

Tabela 6.1: BARRAGEM PALMEIRAS - Cronograma de Construção

SERVIÇOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Instalação do Canteiro de Obras	■																	
2. Mobilização dos Equipamentos	■																	
3. Limpeza do Local da Barragem e Empréstimos		■																
4. Escavação da Trincheira de Vedação da Barragem de Terra			■	■	■	■												
5. Escavação da Fundação da Barragem de CCR		■	■	■	■	■												
6. Injeções de Impermeabilização da Fundação				■	■	■												
7. Tratamento das Fundações da Barragem de CCR no trecho submersível			■	■	■	■												
8. Tratamento das Fundações da Barragem de CCR no trecho insubmersível			■	■	■	■												
9. Exploração das Jazidas				■	■	■							■	■	■	■	■	■
10. Construção da estrada de acesso ao aterro sanitário				■	■	■												
11. Execução do Maciço de Terra				■	■	■							■	■	■	■	■	■
12. Execução do Maciço de CCR no trecho submersível					■	■							■	■	■	■	■	■
13. Execução da Tomada D'água													■	■	■	■		
14. Execução do Maciço de CCR no trecho insubmersível							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15. Instalação da Rede Elétrica e dos Equipamentos Hidromecânicos																■	■	■
16. Acabamento das Obras																		■

Legenda: Estação Seca
 Estação chuvosa

7. RELAÇÃO DE EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS

7. RELAÇÃO DE EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	LOCAL DE UTILIZAÇÃO				
		UNID.	SOLO	CCV	CCR	TOTAL
1	Escavadeira com potência de 260 CV	un	04			04
2	Escavadeira com potência de 280 CV	un			02	02
3	Escavadeira com potência de 125 CV	un	02			02
4	Retro-Escavadeira com potência de 85 CV	un	01			01
5	Carregadeira frontal de pneus com potência de 240 CV	un		02		02
6	Trator de esteira com potência de 280 CV	un	02		02	04
7	Trator de esteira com potência de 240 CV	un	02		02	04
8	Trator de pneus com potência de 120 CV	un	02			02
9	Trator de pneus com potência de 145 CV	un	03			03
10	Transportador com potência de 220 CV	un	08			08
11	Guindaste com potência de 180 CV e Capacidade de Sot	un		01		01
12	Guindaste com potência de 85 CV e lança de 7,5 m	un		01		01
13	Motoniveladora com potência de 240 CV	un	05			05
14	Central de concreto	un		01		01
15	Caminhão betoneira com potência de 180 CV	un		02	02	04
16	Rolo compactador autopropulsor pé de carneiro vibratório	un	02			02
17	Rolo compactador autopropulsor liso vibratório (2 cilindros)	un			03	03
18	Rolo compactador autopropulsor liso vibratório	un	03			03
19	Estação compressora móvel	un		01	01	02

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	LOCAL DE UTILIZAÇÃO				
		UNID.	SOLO	CCV	CCR	TOTAL
20	Caminhão basculantes com potência de 260 CV	un	10		15	25
21	Caminhão pipa	un	04		04	08
22	Central de britagem 700 ton./h	un			01	01
23	Draga de areia (20m3h)	un			01	01
24	Central misturadora de CCR	un			03	03
25	Central de injeção de cimento	un			01	01
26	Laboratório de solos (completo)	un	01			01
27	Laboratório de concreto (completo)	un			01	01

8. CANTEIRO DE OBRAS

8. CANTEIRO DE OBRAS

Para a implantação dos elementos constituintes do canteiro de obras escolheu-se uma área situada em cota superior a da máxima enchente adotada para o empreendimento e que estivesse a uma distância segura para os núcleos habitacionais existentes e que tivesse fácil acesso a uma artéria viária. Esta área localiza-se na ombreira esquerda a cerca de 800m da estaca inicial do eixo da barragem, junto ao muro leste da CHESF. A área de implantação do canteiro de obras é apresentada no desenho N.º 04/20, planta do arranjo geral das obras.

O projeto do canteiro de obras considerou as construções discriminadas no quadro a seguir:

N.º	CONSTRUÇÃO	ÁREA (m ²)
1	Guarita	8,75
2	Escritório da Construtora	100,80
3	Escritório da Fiscalização	38,25
4	Ambulatório/CIPA	44,53
5	Refeitório	105,12
6	Vestiário e Sanitários	64,13
7	Almoxarifado	81,90
8	Depósito de Material	64,13
9	Depósito de Cimento	64,13
10	Central de Carpintaria	64,13
11	Central de Armação	40,00
12	Oficina Mecânica	112,50
13	Caixa D'água	12.000 litros
14	Cisterna	15.600 litros
15	Lay-out Geral do Canteiro	7.500,00

Todas as construções foram previstas para serem edificadas com o uso de compensado de madeira, excetuando-se a caixa d'água que estará assente sobre estrutura de concreto armado e o vestiário/sanitários será de alvenaria de tijolo duplo e simples. A escolha do

uso de madeira se deu pelo fato da rapidez da construção e de desmontagem, seu reaproveitamento e por requerer um volume de demolição muito menor, o que proporciona uma reduzida quantidade de resíduos sólidos e conseqüente reduzido impacto ambiental. No entanto, a Fiscalização, face a seus interesses, poderá optar por estruturas de alvenaria de tijolo furado.

O *lay-out* do canteiro e os desenhos arquitetônicos de cada estrutura prevista são apresentados no **Anexo IV** e numerados de BM_01-15 a BM_15-15.

As instalações de central de concreto foram idealizadas na ombreira esquerda, anexa a área do acampamento. Esta escolha baseou-se no fato da área ter fácil acesso pela Avenida Presidente Costa e Silva e por não atravessar áreas intensamente habitadas.

9. SISTEMA VIÁRIO COMPLEMENTAR

9. SISTEMA VIÁRIO COMPLEMENTAR

9.1. INTRODUÇÃO

A infra-estrutura viária idealizada para uso na implantação da Barragem Palmeiras, é composta por três segmentos, assim descritos:

1º Segmento: Acesso a Ombreira Esquerda

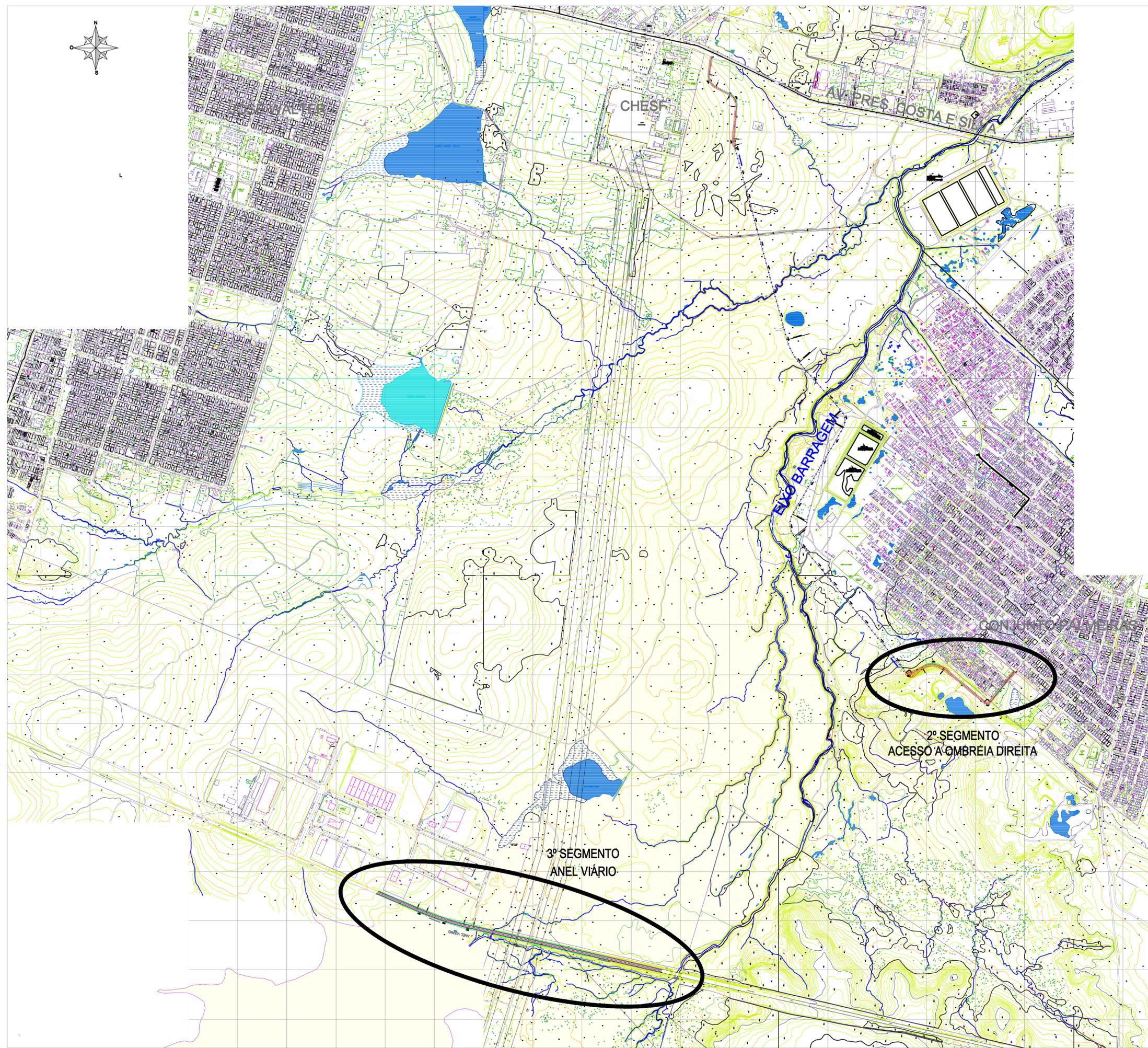
Para acesso a toda a ombreira esquerda da barragem, inclusive ao local previsto para a implementação dos equipamentos hidro-mecânicos de controle da mesma, foi previsto a utilização da continuidade da Avenida D, em fase final de implantação pela Prefeitura municipal de Fortaleza.. A via tem acesso pelo Conjunto José Walter ou pela via de terra que transcorre junto ao muro leste da CHESF e que inicia-se na Av. Presidente Costa e Silva (Perimetral) a aproximadamente 200m no sentido leste do cruzamento da mesma com a Av. Padaria Espiritual.

2º Segmento: Acesso a Ombreira Direita

Via de acesso a ombreira direita da Barragem Maracanaú. A via a ser implantada inicia-se no cruzamento Rua Maísa com a Rua Canguru Dourado no Conjunto Palmeiras, com coordenadas 9574612.337 Norte e 552560.493 Leste. Seguindo no sentido predominantemente oeste, numa extensão total de **566.08m** até a Estaca 2+439.76 da Barragem Palmeiras.

3º Segmento: Elevação de Greide do Anel Viário de Fortaleza

A necessidade de elevação de greide do Anel Viário de Fortaleza entre as coordenadas 9.573.395,600/551.124,025 e 9.573.713,445/549.969,859, numa extensão total de **1200m** entre a Ponte sobre o Rio Cocó e o Terceiro Distrito Industrial de Maracanaú, deve-se a formação do grande lago que será criado com o represamento do rio Cocó, através da construção da barragem Palmeiras, que tem cota de soleira igual a 15m. O Segmento em estudo encontra-se atualmente abaixo da cota 16,3m, passando a ter 17,5m de cota mínima com a readequação proposta.



REV. Nº	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DAS CIDADES
 INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS
 SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
 E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS
 SISTEMA VIÁRIO COMPLEMENTAR - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Nesse projeto elaborou-se um estudo com objetivo de quantificar os serviços necessários para altear a via, na situação que ela se encontra atualmente. O DNIT tem um projeto de duplicação da referida rodovia com adoção de pavimento rígido. Para um projeto executivo de readequação do projeto da rodovia deverá ser mantido um entendimento direto com o DNIT e estabelecido um acordo da participação de cada órgão envolvido.

9.2. Descrição do Projeto

Os dois segmentos viários, aqui projetados, serão implantados através de traçado por região com existência de estradas carroçáveis e benfeitorias e apresentarão a seguinte seção transversal de projeto acabada:

Acesso a Ombreira Direita (Implantação)

Pista de Rolamento : 7,00

Anel Viário (Readequação de Greide)

Plataforma estradal : 7,00m

Acostamento : 2 x 2.50m

Drenagem : 02x 0.50m

Quanto a “Classificação Funcional do Sistema Rodoviário do Brasil” – DNIT, o segmento de Implantação viário foi enquadrado, segundo as Normas para Projeto Geométrico de Estradas e Rodagem – DNIT, com características básicas de classe IV, enquanto que o trecho de readequação na classe I-B.

A região atravessada pelo segmentos viário pode ser considerado com topografia levemente ondulada. A diretriz do projeto do segmento de Implantação procura acompanhar as curvas de níveis naturais da região, redundando daí um alinhamento vertical bastante suave, evitando grandes movimentação de terras. O alinhamento vertical é bastante confortável com raios de boa amplitude.

Nos segmentos projetadas existe apenas uma transposição de talvegue, especificamente no km 0+704 do anel viário de Fortaleza, onde se prevê a ampliação do bueiro celular 2m x 2m em ambos os lados, perfazendo um total a ampliar de 3m.

A implantação do acesso e da readequação do anel viário envolve um volume de corte da ordem de 17348m³, um volume de aterro 33170m³.

O tipo de pavimento projetado no segmento de implantação na ombreira direita é revestimento primário em solo estabilizado granulometricamente, com uma espessura de 20cm, enquanto que no anel viário o pavimento previsto é composto de uma camada de sub-base de 20cm, uma base de 15cm, uma camada de binder de 5cm e CBUQ de 5cm perfazendo um total de 45cm.

9.3. RESUMO DO PROJETO

9.3.1. Estudos Topográficos

Os acessos a Ombreira Direita da Barragem Palmeiras (2º Segmento) no município de Fortaleza e a readequação de greide do Anel Viário (3º Segmento) no município de Maracanaú, com extensões projetadas respectivamente de **566,08m** e **1200m**, foram projetados com elementos planialtimétricos obtidos a partir das cartas topográficas de Fortaleza e com os levantamentos topográficos realizados pelo DNIT quando do projeto de duplicação do 4 Anel Viário.

9.3.2. Projeto Geométrico

O projeto geométrico dos segmentos viários, foi realizado seguindo as diretrizes do DNIT estabelecidas no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER -1999), para um trecho rodoviário classe IV e I-B. A região atravessada pelo traçado foi considerada como ondulada.

O projeto geométrico, em planta, foi elaborado a partir dos elementos da diretriz locada e seções transversais levantadas.

Definido o perfil do terreno, correspondente à diretriz locada, procedeu-se ao traçado do “greide” das vias, que buscou as melhores condições técnicas compatíveis com o terreno.

A seguir é apresentado um resumo das características técnicas do Projeto Geométrico apresentado:

2º Segmento

Velocidade diretriz:	40 km/h	Inclinação dos taludes em aterro:	3(H):2(V)
Rampa máxima:	+7,43%	Raio mínimo:	15,00m
Largura da faixa de rolamento:	7,00	Tangente máxima:	211,25m
Largura dos acostamentos:	-	Número de curvas:	03
Inclinação transversal da pista:	2%	Desenvolvimento total:	566,08
Inclinação dos acostamentos:	-	Desenvolvimento em curva:	141,49 m
Inclinação dos taludes de corte:	2(H): 3(V)	Desenvolvimento em tangente:	424,59 m

3º Segmento

Velocidade diretriz:	80 km/h	Inclinação dos taludes em aterro:	3(H):2(V)
Rampa máxima:	+1,49%	Raio mínimo:	1150,00m
Largura da faixa de rolamento:	7,00	Tangente máxima:	875,03m
Largura dos acostamentos:	2,50m	Número de curvas:	02
Inclinação transversal da pista:	2%	Desenvolvimento total:	1200,00m
Inclinação dos acostamentos:	2%	Desenvolvimento em curva:	240,91m
Inclinação dos taludes de corte:	2(H): 3(V)	Desenvolvimento em tangente:	959,09m

O “greide” projetado refere-se a camada final de pavimentação. A superelevação é feita pelo bordo interno das curvas e não foi prevista superlargura nos segmentos contemplados neste estudo.

O projeto em planta e perfil é apresentado no final do capítulo, na escala de 1:1.000 e 1:100, estaqueado de 20 em 20 metros com indicação dos pontos de início e fim das curvas de concordância. São indicados, em planta também os locais dos bueiros mostrando o quilômetro e a seção de vazão bem como todos os elementos de projeto das curvas de concordância vertical.

9.4. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O projeto de terraplenagem foi elaborado de acordo com a IS-13, Normas de Procedimento para Projeto de Terraplenagem, do DNIT, tendo como objetivo a definição e quantificação dos serviços de terraplenagem a serem executados na implantação dos acessos, com os elementos básicos fornecidos pelos estudos topográficos, geotécnicos e projeto geométrico.

Assim sendo, os serviços previstos consistem em desmatamento, destocamento e limpeza, abertura de cortes e execução de aterros compactados.

A elaboração do projeto se fundamentou no estudo dos seguintes tipos de movimentação de massas terrosas:

- Compensação longitudinal entre corte e aterros;
- Compensação lateral entre cortes e aterros, em seções mistas;
- Empréstimos laterais para execução dos aterros.

A compensação longitudinal entre cortes e aterros, elaborada a partir dos volumes de terraplenagem, foi obtida por computação eletrônica. O fator de multiplicação (empolamento) foi estimado como a relação entre a densidade máxima aparente seca de laboratório e a densidade "in situ", obtendo-se o valor de 1,20m.

A seguir é apresentado um resumo dos resultados obtidos:

QUADRO DE CUBAÇÃO										
ALINHAMENTO: Acesso Ombreira Direita							Início:	0+000,000	Final:	0+566,078
km	Área(m²)			Volume(m³)			Volume Acumulado(m³)			Ordenada de Massa(m³)
	Corte	Expurgo	Aterro	Corte Utilizável(f=1.0)	Expurgo	Aterro (f=1.2)	Corte Utilizável(f=1.0)	Expurgo (f=1.0)	Aterro (f=1.2)	
0+000,000	2,158	1,000	0,000							
				23,160	20,000	0,000	23,160	20,000	0,000	23,160
0+020,000		1,000	0,000							
				21,080	20,000	0,000	44,240	40,000	0,000	44,240
0+040,000	2,054	1,000	0,000							
				0,000	40,000	0,000	44,240	80,000	0,000	44,240
0+060,000	1,819	3,000	0,000							
				0,000	40,000	9,900	44,240	120,000	9,900	34,340
0+080,000	0,000	1,000	0,825							
				0,000	20,000	78,444	44,240	140,000	88,344	-44,104
0+100,000	0,000	1,000	5,712							
				0,000	20,000	142,596	44,240	160,000	230,940	-186,700
0+120,000	0,000	1,000	6,171							
				57,720	20,000	74,052	101,960	180,000	304,992	-203,032
0+140,000	7,772	1,000	0,000							
				106,470	20,000	0,000	208,430	200,000	304,992	-96,562
0+160,000	4,875	1,000	0,000							
				3,736	0,997	0,000	212,166	200,997	304,992	-92,826
0+160,997	4,619	1,000	0,000							
				13,306	4,003	0,000	225,472	205,000	304,992	-79,520
0+165,000	4,029	1,000	0,000							
				17,723	5,000	0,000	243,194	210,000	304,992	-61,798
0+170,000	5,060	1,000	0,000							
				21,510	5,000	0,000	264,704	215,000	304,992	-40,288
0+175,000	5,544	1,000	0,000							
				23,293	5,000	0,000	287,997	220,000	304,992	-16,995
0+180,000	5,773	1,000	0,000							
				23,671	4,747	0,000	311,668	224,747	304,992	6,676
0+184,747	6,200	1,000	0,000							
				86,873	15,253	0,000	398,541	240,000	304,992	93,549
0+200,000	7,191	1,000	0,000							
				114,690	20,000	0,000	513,231	260,000	304,992	208,239
0+220,000	6,278	1,000	0,000							
				129,380	20,000	0,000	642,611	280,000	304,992	337,619
0+240,000	8,660	1,000	0,000							
				149,370	20,000	0,000	791,981	300,000	304,992	486,989
0+260,000	8,277	1,000	0,000							
				175,630	20,000	0,000	967,611	320,000	304,992	662,619
0+280,000	11,286	1,000	0,000							
				163,880	20,000	0,000	1131,491	340,000	304,992	826,499
0+300,000	7,102	1,000	0,000							
				58,100	20,000	0,000	1189,591	360,000	304,992	884,599
0+320,000	0,708	1,000	0,000							
				20,040	20,000	0,000	1209,631	380,000	304,992	904,639
0+340,000	3,296	1,000	0,000							
				110,730	20,000	0,000	1320,361	400,000	304,992	1015,369
0+360,000	9,777	1,000	0,000							
				416,630	20,000	0,000	1736,991	420,000	304,992	1431,999
0+380,000	33,886	1,000	0,000							
				518,422	15,994	0,000	2255,413	435,994	304,992	1950,421
0+395,994	32,941	1,000	0,000							
				127,351	4,006	0,000	2382,763	440,000	304,992	2077,771
0+400,000	32,639	1,000	0,000							
				297,045	10,000	0,000	2679,808	450,000	304,992	2374,816
0+410,000	28,770	1,000	0,000							
				198,750	10,000	2,670	2878,558	460,000	307,662	2570,896
0+420,000	12,980	1,000	0,445							
				70,310	10,000	33,480	2948,868	470,000	341,142	2607,726
0+430,000	3,082	1,000	5,135							
				18,315	10,000	69,252	2967,183	480,000	410,394	2556,789
0+440,000	2,581	1,000	6,407							
				17,280	10,000	88,638	2984,463	490,000	499,032	2485,431
0+450,000	2,875	1,000	8,366							
				37,895	10,000	68,286	3022,358	500,000	567,318	2455,040
0+460,000	6,704	1,000	3,015							
				72,190	10,000	21,942	3094,548	510,000	589,260	2505,288
0+470,000	9,734	1,000	0,642							
				106,350	10,000	5,304	3200,898	520,000	594,564	2606,334

QUADRO DE CUBAÇÃO										
ALINHAMENTO: Acesso Ombreira Direita							Início:	0+000,000	Final:	0+566,078
km	Área(m²)			Volume(m³)			Volume Acumulado(m³)			Ordenada de Massa(m³)
	Corte	Expurgo	Aterro	Corte Utilizável(f=1.0)	Expurgo	Aterro (f=1.2)	Corte Utilizável(f=1.0)	Expurgo (f=1.0)	Aterro (f=1.2)	
0+480,000	13,536	1,000	0,242							
				158,250	10,000	1,452	3359,148	530,000	596,016	2763,132
0+490,000	20,114	1,000	0,000							
				55,923	2,787	0,000	3415,071	532,787	596,016	2819,055
0+492,787	22,017	1,000	0,000							
				151,491	7,213	0,000	3566,562	540,000	596,016	2970,546
0+500,000	21,988	1,000	0,000							
				534,050	20,000	0,000	4100,612	560,000	596,016	3504,596
0+520,000	33,417	1,000	0,000							
				1180,070	20,000	0,000	5280,682	580,000	596,016	4684,666
0+540,000	86,590	1,000	0,000							
				469,835	5,135	0,000	5750,516	585,135	596,016	5154,500
0+545,135	98,403	1,000	0,000							
				456,952	4,865	0,000	6207,469	590,000	596,016	5611,453
0+550,000	91,450	1,000	0,000							
				405,158	5,000	0,000	6612,626	595,000	596,016	6016,610
0+555,000	72,613	1,000	0,000							
				323,868	5,000	0,000	6936,494	600,000	596,016	6340,478
0+560,000	58,934	1,000	0,000							
				251,585	5,000	0,000	7188,079	605,000	596,016	6592,063
0+565,000	43,700	1,000	0,000							
				44,069	1,078	0,000	7232,148	606,078	596,016	6636,132
0+566,078	40,060		0,000							

QUADRO DE CUBAÇÃO							
ALINHAMENTO: Eixo Anel Viário			Início:		0+000,000	Final:	1+200,000
km	Área(m²)		Volume(m³)		Volume Acumulado(m³)		Ordenada de Massa(m³)
	Corte	Aterro	Corte (f=1.0)	Aterro (f=1.2)	Corte (f=1.0)	Aterro (f=1.2)	
0+000,000	2,710	0,000					
			54,200	0,000	54,200	0,000	54,200
0+020,000		0,000					
			50,080	0,000	104,280	0,000	104,280
0+040,000	2,504	0,000					
			61,830	0,000	166,110	0,000	166,110
0+060,000	3,679	0,000					
			63,410	0,000	229,520	0,000	229,520
0+080,000	2,662	0,000					
			47,160	2,916	276,680	2,916	273,764
0+100,000	2,054	0,243					
			38,830	12,468	315,510	15,384	300,126
0+120,000	1,829	0,796					
			29,450	28,764	344,960	44,148	300,812
0+140,000	1,116	1,601					
			17,450	51,888	362,410	96,036	266,374
0+160,000	0,629	2,723					
			8,180	75,936	370,590	171,972	198,618
0+180,000	0,189	3,605					
			1,890	100,728	372,480	272,700	99,780
0+200,000	0,000	4,789					
			0,000	140,400	372,480	413,100	-40,620
0+220,000	0,000	6,911					
			0,000	179,676	372,480	592,776	-220,296
0+240,000	0,000	8,062					
			0,000	221,352	372,480	814,128	-441,648
0+260,000	0,000	10,384					
			0,000	285,096	372,480	1099,224	-726,744
0+280,000	0,000	13,374					
			0,000	342,516	372,480	1441,740	-1069,260
0+300,000	0,000	15,169					
			0,000	437,880	372,480	1879,620	-1507,140
0+320,000	0,000	21,321					
			0,000	575,052	372,480	2454,672	-2082,192
0+340,000	0,000	26,600					
			0,000	661,632	372,480	3116,304	-2743,824
0+360,000	0,000	28,536					
			0,000	697,740	372,480	3814,044	-3441,564
0+380,000	0,000	29,609					
			0,000	706,500	372,480	4520,544	-4148,064
0+400,000	0,000	29,266					
			0,000	725,136	372,480	5245,680	-4873,200
0+420,000	0,000	31,162					
			0,000	744,384	372,480	5990,064	-5617,584
0+440,000	0,000	30,870					
			0,000	735,336	372,480	6725,400	-6352,920
0+460,000	0,000	30,408					
			0,000	726,060	372,480	7451,460	-7078,980
0+480,000	0,000	30,097					
			0,000	731,388	372,480	8182,848	-7810,368
0+500,000	0,000	30,852					
			0,000	785,316	372,480	8968,164	-8595,684
0+520,000	0,000	34,591					
			0,000	779,952	372,480	9748,116	-9375,636
0+540,000	0,000	30,405					
			0,000	718,392	372,480	10466,508	-10094,028
0+560,000	0,000	29,461					
			0,000	697,800	372,480	11164,308	-10791,828
0+580,000	0,000	28,689					
			0,000	691,452	372,480	11855,760	-11483,280
0+600,000	0,000	28,932					
			0,000	668,820	372,480	12524,580	-12152,100
0+620,000	0,000	26,803					
			0,000	656,952	372,480	13181,532	-12809,052
0+640,000	0,000	27,943					
			0,000	650,832	372,480	13832,364	-13459,884
0+660,000	0,000	26,293					
			0,000	602,796	372,480	14435,160	-14062,680
0+680,000	0,000	23,940					
			0,000	680,832	372,480	15115,992	-14743,512

QUADRO DE CUBAÇÃO							
ALINHAMENTO: Eixo Anel Viário			Início:		0+000,000	Final:	1+200,000
km	Área(m²)		Volume(m³)		Volume Acumulado(m³)		Ordenada de Massa(m³)
	Corte	Aterro	Corte (f=1.0)	Aterro (f=1.2)	Corte (f=1.0)	Aterro (f=1.2)	
0+700,000	0,000	32,796	0,000	778,332	372,480	15894,324	-15521,844
0+720,000	0,000	32,065	0,000	751,860	372,480	16646,184	-16273,704
0+740,000	0,000	30,590	0,000	635,664	372,480	17281,848	-16909,368
0+760,000	0,000	22,382	0,000	524,484	372,480	17806,332	-17433,852
0+780,000	0,000	21,325	0,000	122,808	372,480	17929,140	-17556,660
0+784,901	0,000	20,438	0,000	367,966	372,480	18297,106	-17924,626
0+800,000	0,000	20,179	0,000	482,844	372,480	18779,950	-18407,470
0+820,000	0,000	20,058	0,000	116,995	372,480	18896,945	-18524,465
0+824,901	0,000	19,728	0,000	347,863	372,480	19244,807	-18872,327
0+840,000	0,000	18,670	0,000	437,052	372,480	19681,859	-19309,379
0+860,000	0,000	17,751	0,000	415,932	372,480	20097,791	-19725,311
0+880,000	0,000	16,910	0,000	404,796	372,480	20502,587	-20130,107
0+900,000	0,000	16,823	0,000	403,812	372,480	20906,399	-20533,919
0+920,000	0,000	16,828	0,000	391,212	372,480	21297,611	-20925,131
0+940,000	0,000	15,773	0,000	381,096	372,480	21678,707	-21306,227
0+960,000	0,000	15,985	0,000	368,256	372,480	22046,963	-21674,483
0+980,000	0,000	14,703	0,000	102,520	372,480	22149,483	-21777,003
0+985,810	0,000	14,706	0,000	250,942	372,480	22400,425	-22027,945
1+000,000	0,000	14,768	0,000	329,544	372,480	22729,969	-22357,489
1+020,000	0,000	12,694	0,000	87,568	372,480	22817,537	-22445,057
1+025,810	0,000	12,426	0,000	184,899	372,480	23002,436	-22629,956
1+040,000	0,000	9,291	0,000	197,904	372,480	23200,340	-22827,860
1+060,000	0,000	7,201	1,240	141,756	373,720	23342,096	-22968,376
1+080,000	0,124	4,612	1,940	94,872	375,660	23436,968	-23061,308
1+100,000	0,070	3,294	5,170	57,336	380,830	23494,304	-23113,474
1+120,000	0,447	1,484	17,060	23,772	397,890	23518,076	-23120,186
1+140,000	1,259	0,497	21,360	15,312	419,250	23533,388	-23114,138
1+160,000	0,877	0,779	25,510	9,900	444,760	23543,288	-23098,528
1+180,000	1,674	0,046	35,870	0,552	480,630	23543,840	-23063,210
1+200,000	1,913	0,000					

RESUMO DO QUADRO DE CUBAÇÃO - SISTEMA VIÁRIO - BARRAGEM PALMEIRAS		
Descrição	Volume (m³)	
	Corte (f=1.00)	Aterro (f=1.20)
Acesso Ombreira Direita	7232,148	596,016
Acesso Ombreira Direita - Expurgo	606,078	-
Acesso Ombreira Esquerda		
Acesso Ombreira Esquerda - Expurgo		-
Eixo Anel Viario	480,630	23543,840
Escalamento de Taludes	9030,000	9030,000
TOTAL	17348,856	33169,856
VOLUME TOTAL DE ATERRO		33169,856
VOLUME TOTAL DE CORTE		17348,856
VOLUME TOTAL DE EXPURGO		606,078
VOLUME TOTAL DE EMPRÉSTIMO		12957,307
VOLUME DE ATERRO COMPACTADO		27641,546

9.5. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação foi elaborado de acordo com as Normas e Procedimentos para Projeto de Pavimentação do DNIT.

O 2º segmento projetado correspondente ao acesso de serviço da barragem Palmeiras, conta com pavimentação prevista em revestimento primário, isto é, com características de sub-base com espessura de 20cm.

O 3º segmento, constitui-se em parte integrante do Anel Viário de Fortaleza, importante via de escoamento de carga e interligação entre as principais rodovias do estado. Para a pavimentação das pistas de rolamento foi projetado um conjunto de camadas constituído de uma sub-base, com espessura de 20cm de solo estabilizado granulometricamente sem mistura, e de uma camada de base em brita graduada, numa espessura de 15cm. O revestimento será executado através de duas camadas de 5cm cada, sendo uma de Binder e outra de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

A material da sub-base será composta do reaproveitamento da atual camada do pavimento granular existente de 30cm. O processo se dará com a remoção e expurgo da camada betuminosa atual (10cm) e estocagem da camada de pavimento granular para reestabilização e posterior utilização na nova camada de sub-base. O solo da sub-base deverá ter as seguintes características mínimas:

Expansão $\leq 1\%$

Índice de Grupo = zero

CBR $\geq 20\%$ (Proctor Intermediário)

A base será em brita graduada com espessura de 15cm e o revestimento betuminoso será constituído de duas camadas com 5cm cada, a primeira de BINDER na faixa A do DNIT e a segunda CBUQ, na faixa C, seguindo os valores limites obtidos no Método Marshall, que são:

	BINDER	CBUQ
Percentual de Vazios	3% a 5%	4% a 6%
Relação betume/ vazios:	75 a 82	65 a 72
Estabilidade mínima:	500 kg p/ 75 golpes	500 kg p/ 75 golpes

Os volumes quantificados para os serviços de pavimentação são apresentados na **Tabela 9.1** e os detalhes do Projeto no desenho n.º 01/07 (projeto de pavimentação).

Tabela 9.1: Quantitativos de Pavimentação

DESCRIÇÃO	PROCEDÊNCIA	MÚNICIPIO	DMT (km)	VOLUME (m³)
CBUQ	Usina Fortaleza	Fortaleza	25.00	720.00
SUB-BASE	Base Atual	Maracanaú	0.50	3530.89
BINDER	Usina Fortaleza	Fortaleza	25.00	720.00
BASE	Pedreira Estrela	Itaitinga	15.00	2532.02
ENCHIMENTO	Base Atual	Maracanaú	0.50	407.42

Tabela 9.2: Resumo do Projeto de Pavimentação

CBUQ	5 cm
BINDER	5 cm
BASE	15 cm
SUB-BASE	20 cm

O Projeto de pavimentação é apresentado no final do capítulo, através da seção transversal tipo.

9.6. PROJETO DE DRENAGEM

O Projeto de Drenagem foi desenvolvido tendo em vista o escoamento das águas dos cursos d'água, perenes ou não, cortados pelo traçado.

Foi identificada uma única transposição de talvegue, especificamente no km 0+704 do anel viário de Fortaleza, onde se prevê a ampliação do bueiro celular 2m x 2m em ambos os lados, perfazendo um total a ampliar de 5m.

É apresentado no quadro a seguir os elementos, característicos das obras de arte em análise:

O projeto de drenagem é apresentado no **Anexo V** com as plantas e detalhes construtivos da Obra de Arte Corrente.

DIMENSIONAMENTO DOS BUEIROS

DIMENSIONAMENTO DE BUEIROS CELULARES – Anel Viário	
km	0 + 704.00
TIPO	BSC 2 X 2
Comprimento a Construir Montante (gam)	1.54 m
Comprimento a Construir Jusante (gaj)	1.54 m
Comprimento a Construir Total (g)	3.07 m
Cota do Greide (Qg)	17.73 m
Cota da Calçada (Qc)	13.34 m
Cota de Montante (Qm)	13.34 m
Cota de Jusante (Qj)	13.34 m
Declividade	0.01%
Largura da Plataforma (L)	13.85 m
Lado Montante	LE
Altura de Aterro	2.24 m
Valor do Ângulo Esconso	10.00 °
Comprimento (Cm)	10.29 m
Comprimento (Cj)	10.29 m
H = Qg - Qc	4.39 m

9.7. DESENHOS

Os desenhos estão apresentados no **Anexo V**.

ANEXO I – ESTUDOS GEOTÉCNICOS (Sondagens e Ensaios)

ANEXO I.1 - SONDAGENS MISTAS

FAS**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM****SM-01**CLIENTE: ENGESOFTE - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/SN° DO SERVIÇO: TF-150/08LOCAL: BARR.PALMEIRAS-FORTALEZA/CE-estaca 30+10mDATA: 18/06/2008PROF.REVESTIDA: 5.00mREF. DE NÍVEL: 9.107mNÍVEL D'ÁGUA: 1.60m

PENETRAÇÃO - PERCUSSÃO						MATERIAL							
PROF. (m) DE ATÉ	GOLPES P/15 cm			SPT	GOLPES P/30 cm			COTA (m)	PERFIL	PROF. (m)	D E S C R I Ç Ã O		
	1ª	2ª	3ª		2ª + 3ª		25					50	75
					10	20							
								000.00		0.00			
1.00 1.45	1	2	3	5					1	1.00	Silte argiloso, com matéria orgânica (raízes), cinza e marrom.		
2.00 2.45	2	3	5	8					2	1.60	Areia fina e média, argilosa, com pedregulhos, pouco compacta, cinza e amarela.		
3.00 3.45	6	8	8	16					3	2.00	Argila arenosa, média, variegada.		
4.00 4.45	7	8	9	17					4	2.70	Silte argiloso, rijo e duro, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha)		
5.00 5.05	45/5	-	-	45/5		25%			5	5.08			
5.05 6.10	11					10%							
6.10 7.60	3										Biotita-Gnaise, muito alterada, muito fraturada.		
7.60 9.40	28					47%							
9.40 10.90	25									9.40			
10.90 12.40	16					86%							
12.40 13.90	19					70%					Biotita-Gnaise, medianamente alterada, medianamente fraturada.		
						96%				13.90			
											OBS:		
											1) Estaca 30+10		
											2) Impetrável ao trépano de lavagem na profundidade de 5.08m		
											1° estagio = desceu 1.0cm		
											2° estagio = desceu 1.0cm		
											3° estagio = desceu 1,0cm		
PROF. (m) DE ATÉ	N° DE PEÇAS	N° DE FRAT.	ORIENT. DE FRAT.	RQD									
OPERAÇÃO - ROTATIVA						MATERIAL							
PERCUSSÃO						ROTATIVA							
DIÂM.DO FURO: <u>2 1/2"</u>						DIÂM.DO FURÓ: _____							
AMOSTRADOR: ϕ EXT.= <u>2"</u> ϕ INT.= <u>1 3/8"</u>						COROA: _____ ϕ EXT.= _____ ϕ INT.= _____							
MARTELO: <u>65kg</u> QUEDA: <u>75cm</u>						BARRILETE: _____							
SPT - STANDAND PENETRATION TEST						RQD - ROCK QUALITY DESIGNATION							
						DES.: <u>10</u>							
						LAB.: _____							
						VISTO: _____							
						APROV.: _____							

FAS**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM****SM-02**CLIENTE: ENGESOF - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/SN° DO SERVIÇO: TF-150/08LOCAL: BARR.PALMEIRAS-FORTALEZA/CE-estaca 49DATA: 16/06/2008PROF.REVESTIDA: 6.00mREF. DE NÍVEL: 10.150mNÍVEL D'ÁGUA: 1.40m

PENETRAÇÃO – PERCUSSÃO						MATERIAL						
PROF. (m) DE ATÉ	GOLPES P/15 cm			SPT	GOLPES P/30 cm			COTA (m) 000.00	PERFIL	PROF. (m) 0.00	D E S C R I Ç Ã O	
	1ª	2ª	3ª		2ª + 3ª							
					10	20	30					
											Silte argiloso, com matéria orgânica (raízes), cinza e marrom.	
1.00 1.45	6	6	7	13						1.00 1.40	Areia fina e média, argilosa, com pedregulhos, medianamente compacta, cinza e amarela.	
2.00 2.45	11	15	16	31						2.00 2.80	Argila arenosa, com pedregulhos, dura, cinza e amarela.	
3.00 3.45	13	15	16	31						3.00 3.45	Silte argiloso, com pedregulhos, duro, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha) Com areia fina e média, siltosa na amostra (4)	
4.00 4.24	21	38/9	-	38/9						4.00 4.95	Silte muito arenoso, com pedregulhos, muito compacto, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha)	
5.00 5.20	24	28/10	-	28/10						5.00 5.85		
5.70 5.85	45/15	-	-	45/15						5.70 5.85		
6.00 7.50	-									6.00 7.50		
7.50 9.00	-									7.50 9.00		
9.00 12.00	-									9.00 12.00		
12.00 15.00	-									12.00 15.00		
15.00 16.50	-									15.00 16.50		
16.50 18.00	-									16.50 18.00	Biotita-Gnaiss, extremamente alterado, em fragmentos, de coloração cinza.	
18.00										18.00		
PROF. (m) DE ATÉ	N° DE PEÇAS	N° DE FRAT.	ORIENT. DE FRAT.	RQD	25	50	75					
						RECUPERAÇÃO (%)						
OPERAÇÃO – ROTATIVA						MATERIAL						
PERCUSSÃO						ROTATIVA						
DIÂM.DO FURO: <u>2 1/2"</u>						DIÂM.DO FURÓ: _____			DES.: <u>11</u>			
AMOSTRADOR: ϕ EXT.= <u>2"</u> ϕ INT.= <u>1 3/8"</u>						COROA: _____ ϕ EXT.= _____ ϕ INT.= _____			LAB.: _____			
MARTELO: <u>65kg</u> QUEDA: <u>75cm</u>						BARRILETE: _____			VISTO: _____			
SPT – STANDAND PENETRATION TEST						RQD – ROCK QUALITY DESIGNATION			APROV.: _____			

FAS**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM****SM-03**CLIENTE: ENGESOFTE - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/SN° DO SERVIÇO: TF-150/08LOCAL: BARR.PALMEIRAS-FORTALEZA/CE-estaca 52DATA: 12/06/2008PROF.REVESTIDA: 6.00mREF. DE NÍVEL: 9.633mNÍVEL D'ÁGUA: 1.40m

PENETRAÇÃO - PERCUSSÃO						MATERIAL							
PROF. (m) DE ATÉ	GOLPES P/15 cm			SPT	GOLPES P/30 cm			COTA (m)	PERFIL	PROF. (m)	D E S C R I Ç Ã O		
	1ª	2ª	3ª		2ª + 3ª		10					20	30
					10	20							
								000,00		0,00			
										0,30	Silte argiloso, com matéria orgânica (raízes), cinza e marrom.		
1,00 1,36	12	29	30/6	59/21						1,40	Argila arenosa, dura, cinza e amarela.		
2,00 2,45	12	16	18	34						2,00	Silte pouco argiloso, com pedregulhos, duro, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha)		
3,00 3,45	10	18	23	41						2,70			
4,00 4,45	9	11	15	26						3,80	Silte muito arenoso, muito compacto, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha)		
5,00 5,40	18	24	24/10	48/25							Silte argiloso, pouco micáceo, com pedregulhos, duro, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha)		
6,00 6,15	45/15	-	-	45/15						6,15			
6,15 7,65	-										Biotita-Gnaiss, extremamente alterado, em fragmentos de coloração cinza.		
6,15 7,65	-												
7,65 9,15	-				7%					9,15	Biotita-Gnaiss, muito alterado, muito fraturado, de coloração cinza.		
9,15 10,65	-										Biotita-Gnaiss, alterado, fraturado de coloração cinza.		
10,65 12,15	7				24%					10,65			
12,15 13,65	-									12,15	Biotita-Gnaiss, decomposto de coloração, cinza.		
13,65 14,15	8				6%					13,65	Biotita-Gnaiss, muito alterado, muito fraturado, de coloração cinza.		
14,15 15,65	1				3%								
15,65 17,15	2												
17,15 18,65	1				5%								
					5%								
PROF. (m) DE ATÉ	N° DE PEÇAS	N° DE FRAT.	ORIENT. DE FRAT.	RQD	25 50 75 RECUPERAÇÃO (%)					18,65	OBS: 1) Estaca 52		
OPERAÇÃO - ROTATIVA						MATERIAL							
PERCUSSÃO						ROTATIVA							
DIÂM.DO FURO: <u>2 1/2"</u>						DIÂM.DO FURÓ: _____			DES.: <u>12</u>				
AMOSTRADOR: ϕ EXT.= <u>2"</u> ϕ INT.= <u>1 3/8"</u>						COROA: _____ ϕ EXT.= _____ ϕ INT.= _____			LAB.: _____				
MARTELO: <u>65kg</u> QUEDA: <u>75cm</u>						BARRILETE: _____			VISTO: _____				
SPT - STANDAND PENETRATION TEST						RQD - ROCK QUALITY DESIGNATION			APROV.: _____				

FAS**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM****SM-04**CLIENTE: ENGESOFT - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/SN° DO SERVIÇO: TF-150/08LOCAL: BARR.PALMEIRAS-FORTALEZA/CE-estaca 55-jusante 30mDATA: 26/05/2008PROF.REVESTIDA: 6.50mREF. DE NÍVEL: 9.536mLÂMINA D'ÁGUA: 0.10m

PENETRAÇÃO – PERCUSSÃO					MATERIAL								
PROF. (m) DE ATÉ	GOLPES P/15 cm			SPT	GOLPES P/30 cm			COTA (m) 000.00	PERFIL	PROF. (m) 0.00	D E S C R I Ç Ã O		
	1ª	2ª	3ª		2ª + 3ª		25					50	75
					RECUPERAÇÃO (%)								
1.00 1.45	2	2	3	5							Silte argiloso, com matéria orgânica (raízes), mole, cinza e marrom.		
2.00 2.45	1	2	3	5							Argila arenosa, com pedregulhos, dura, cinza e amarela.		
3.00 3.45	8	15	30	45							Silte argiloso, com pedregulhos, duro, cinza e amarelo. (Alteração de Rocha) Com areia fina e média, siltosa na amostra (5)		
4.00 4.45	10	15	27	42									
5.00 5.45	12	15	28	43									
6.00 6.45	15	18	34	52									
6.80 6.87	40/7	-	-	40/7		46%						Biotita-Gnaisse, extremamente alterado, em fragmentos de coloração, cinza.	
6.90 7.30	-					32%						Biotita-Gnaisse, muito alterado, medianamente fraturado.	
7.30 7.80	8												
7.80 9.30	15											Biotita-Gnaisse, decomposto de coloração, cinza.	
9.30 10.80	-												
10.80 12.30	-					65%							
12.30 13.80	18												
13.80 15.30	24					49%							
15.30 16.80	5					23%						Biotita-Gnaisse, muito alterado, medianamente fraturado.	
						9%							
PROF. (m) DE ATÉ	N° DE PEÇAS	N° DE FRAT.	ORIENT. DE FRAT.	RQD	RECUPERAÇÃO (%)								

Continua na prox. pagina...

OPERAÇÃO – PERCUSSÃO				OPERAÇÃO – ROTATIVA			
DIÂM.DO FURO: <u>2 1/2"</u>				DIÂM.DO FURO: _____			
AMOSTRADOR: ϕ EXT.= <u>2"</u> ϕ INT.= <u>1 3/8"</u>				COROA: _____ ϕ EXT.= _____ ϕ INT.= _____			
MARTELO: <u>65kg</u> QUEDA: <u>75cm</u>				BARRILETE: _____			
SPT – STANDAND PENETRATION TEST				RQD – ROCK QUALITY DESIGNATION			
				DES.: <u>13</u>			
				LAB.: _____			
				VISTO: _____			
				APROV.: _____			

PERFIL DE SONDAGEM SM-06

COORDENADAS-SAD69		AMOSTRADOR PADRÃO - SPT				SONDAGEM ROTATIVA												
X: 551.809,44 Y: 9.575.720,15		Ø EXTERNO - 50,8 mm		MARTELO 65 Kg		INCLINAÇÃO: VERTICAL			DIÂMETRO		BX	NX	HX					
ESTACA: 55+0,00		Ø INTERNO 34,9 mm		QUEDA 75 cm		SONDA:			mm	INT.	42,037	54,737	76,2					
									EXT.	59,563	73,311	98,8						
REVESTIMENTO BROCA	SPT (Nº DE GOLFES)					GEO MECÂNICA				GEOLOGIA			ENSAIOS "IN SITU"					
	GRÁFICO					COTA (m)	R.Q.D (%)	N.A.	GRAU DE INTEMP.	FRAT. (m)	DESCONTINUIDADE	COLUNA	PROF. (m)	DESCRIÇÃO	INFILTRAÇÃO (cm/s)			
	RECUPERAÇÃO (%)														DATA		TIPO	
	10	20	30	40	SPT	20	60	40	80	LI	AI	MI	DI	20	TIPO	MERCULHO	PRESSÃO (kg/cm²)	VAZÃO (L/min)
20	40	60	80						S	MI	D	O						
1.00m Ø 2½" SPT	15												1.00	Silte pouco argiloso, rijo, marrom e amarelo, variegado.				
	7												2.20	Silte arenoso, pouco compacto a muito compacto, marrom e amarelo, variegado.				
	55/27												3.72	Areia fina e média, argilosa, com pedregulhos, muito compacto, marrom, amarelo e cinza, variegado.				
	30/14												4.90	Silte arenoso, muito micáceo, muito compacto, marrom, amarelo e cinza, variegado. (Alteração de Rocha)				
NW NX - DIAM. NWM - IMPREGNADA	**												6.00	Areia fina, siltosa, micácea, com fragmentos de rocha, cinza claro. (Alteração de Rocha)				
	30/12												7.00	Muscovita-Biotita-Gnaiss, macio, cinza amarelado, meio granulado, maciço, composto de: Feldspato 40%, Quartzo 20% e Mica 40%				
													8.50	Muscovita-Biotita-Gnaiss, moderadamente duro e duro, cinza amarelado, maciço, composto de: Feldspato 40%, Quartzo 20% e Mica 40%				
													20.50	Muscovita-Biotita-Gnaiss, moderadamente duro e duro, cinza amarelado, maciço, composto de: Feldspato 40%, Quartzo 20% e Mica 40%				

LEGENDA	
	N.A. NÍVEL D'ÁGUA
	RECUPERAÇÃO (%)
	RQD (%)
	GRAU DE INTEMPERISMO
	FRATURA (m)

Cliente: ENGESOFT - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/S		
Obra: BARRAGEM COCÓ		
Local: CONJUNTO PALMEIRAS - FORTALEZA/CE		
SONDAGEM SM-06	ESC. - 1:100	
DATA 20/11/2007	DESENHO 16	VISTO



REF. - 089 -204-1/07

PERFIL DE SONDAGEM SM-06

COORDENADAS-SAD69		AMOSTRADOR PADRÃO - SPT				SONDAGEM ROTATIVA												
X: 551.809,44 Y: 9.575.720,15		Ø EXTERNO - 50,8 mm		MARTELO 65 Kg		INCLINAÇÃO: VERTICAL			DIÂMETRO		BX	NX	HX					
ESTACA: 55+0,00		Ø INTERNO 34,9 mm		QUEDA 75 cm		SONDA:			mm	INT.	42,037	54,737	76,2					
									EXT.	59,563	73,311	98,8						
REVESTIMENTO	SPT (Nº DE GOLPES)					GEOMECÂNICA					GEOLOGIA			ENSAIOS "IN SITU"				
	GRÁFICO					COTA (m)	R.Q.D (%)	N.A.	GRAU DE INTEMP.	FRAT. (m)	DESCONTINUIDADE		COLUNA	PROF. (m)	DESCRIÇÃO	INFILTRAÇÃO (cm/s)		
	RECUPERAÇÃO (%)										TIPO	MERGULHO				PERDA D'ÁGUA (L/min/m/atm)		
	10	20	30	40	SPT	20	60	80	S	M			D	20	PRESSÃO (kg/cm ²)	VAZÃO (L/min)		
BROCA						▼	40	80	S	M	D	20	30/45°	+	20.50			
NW	NX - DIAM. NWM - IMPREGNADA								L	A	I	D	30°	+	Muscovita-Biotita-Gnaise, moderadamente duro e duro, cinza amarelado, maciço, composto de: Feldspato 40%, Quartzo 20% e Mica 40%			
NX - DIAM. NWM - IMPREGNADA									L	A	I	D	30°	+		24.00		
									L	A	I	D	30°	+				
OBS.: 1) ** Para os primeiros 15cm. 2) LOCAL: Estaca 3) Impenetravel ao trépano de na profundidade de 4.90m. 1°-10min:3cm 2°-10min:1cm 3°-10min: 1cm																		

LEGENDA	
	NÍVEL D'ÁGUA
	RECUPERAÇÃO (%)
	RQD (%)
	GRAU DE INTEMPERISMO
	FRATURA (m)

Cliente: ENGESOFT - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/S	
Obra: BARRAGEM COCÓ	
Local: CONJUNTO PALMEIRAS - FORTALEZA/CE	
SONDAGEM SM-06	ESC. - 1:100
DATA 20/11/2007	DESENHO 16
	VISTO

 Tecnord
REF. - 089 -204-1/07

ANEXO I.2 - SONDAGENS PERCUSSIVAS

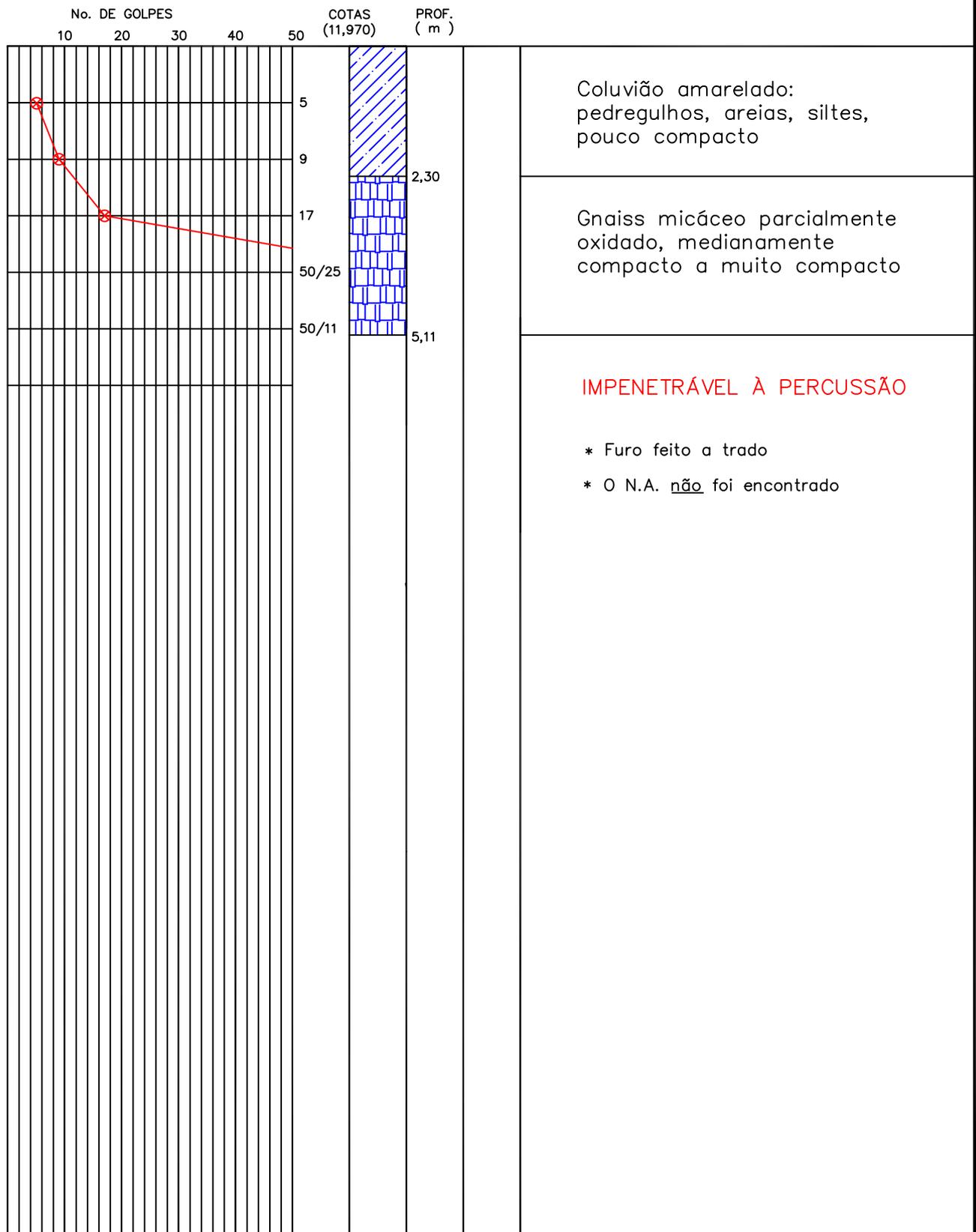
FAS**PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM****SP-9**CLIENTE: ENGESOFF - ENGENHARIA E CONSULTORIA S/SN° DO SERVIÇO: TF-150/08LOCAL: BARR.PALMEIRAS-FORTALEZA/CE-estaca 120DATA: 05/06/2008PROF.REVESTIDA: 4.00mREF. DE NÍVEL: 14.442mNÍVEL D'ÁGUA: NÃO FOI ENCONTRADO

PENETRAÇÃO - PERCUSSÃO					MATERIAL						
PROF. (m) DE ATÉ	GOLPES P/15 cm			SPT	GOLPES P/30 cm			COTA (m)	PERFIL	PROF. (m)	DESCRIÇÃO
	1ª	2ª	3ª		a	2	3				
					10	20	30	0.00		0.00	
										0.45	Silte argiloso, com matéria orgânica (raízes), cinza e marrom.
1.00 1.45	2	3	4	7					1		
2.00 2.45	2	3	4	7					2		
3.00 3.45	2	3	3	6					3		
4.00 4.45	2	3	3	6					4		Silte pouco argiloso, micáceo, com pedregulhos, médio, variegado. (Alteração de Rocha)
5.00 5.45	2	3	3	6					5		
6.00 6.45	2	3	3	6					6		
7.00 7.45	6	15	20	35					7	6.90	
8.00 8.45	7	18	23	41					8		
9.00 9.45	10	21	26	47					9		
10.00 10.30	21	45/15	-	45/15					10		Silte arenoso, micáceo, compacto e muito compacto, cinza e amarelo. (Solo Residual de Gnaiss)
11.00 11.30	23	45/15	-	45/15					11		
11.60 11.75	45/15	-	-	45/15					12 (*)	11.79	
											OBS: 1) Estaca 120 2) (*) Impetrável ao trépano de lavagem. 1º estagio = desceu 2.0cm 2º estagio = desceu 1.0cm 3º estagio = desceu 1.0cm
PROF. (m) DE ATÉ	Nº DE PEÇAS	Nº DE FRAT.	ORIENT. DE FRAT.	RQD	25	50	75	RECUPERAÇÃO (%)			
OPERAÇÃO - ROTATIVA					MATERIAL						
PERCUSSÃO					ROTATIVA						
DIÂM.DO FURO: <u>2 1/2"</u>					DIÂM.DO FURO: _____						
AMOSTRADOR: Ø EXT.= <u>2"</u> Ø INT.= <u>1 3/8"</u>					COROA: _____ Ø EXT.= _____ Ø INT.= _____						
MARTELO: <u>65kg</u> QUEDA: <u>75cm</u>					BARRILETE: _____						
SPT - STANDAND PENETRATION TEST					RQD - ROCK QUALITY DESIGNATION						
					DES.: <u>09</u>						
					LAB.: _____						
					VISTO: _____						
					APROV.: _____						

SONDAGEM Ø 2.1/2"

AMOSTRADOR - Ø E = 2" ; Ø I = 1.3/8"

MARTELO - 65 Kg QUEDA - 75 cm



CLIENTE: ENGESOFT Engenharia e Consultoria S/S			
DATA: 11/2008	VISTO:		
ESC: 1/100	APROV:		
LOCAL: Conjunto Palmeira FORTALEZA/CE	FURO: SP.10	DESENHO: DS-11	

SONDAGEM Ø 2.1/2"

AMOSTRADOR - Ø E = 2" ; Ø I = 1.3/8"

MARTELO - 65 Kg QUEDA - 75 cm

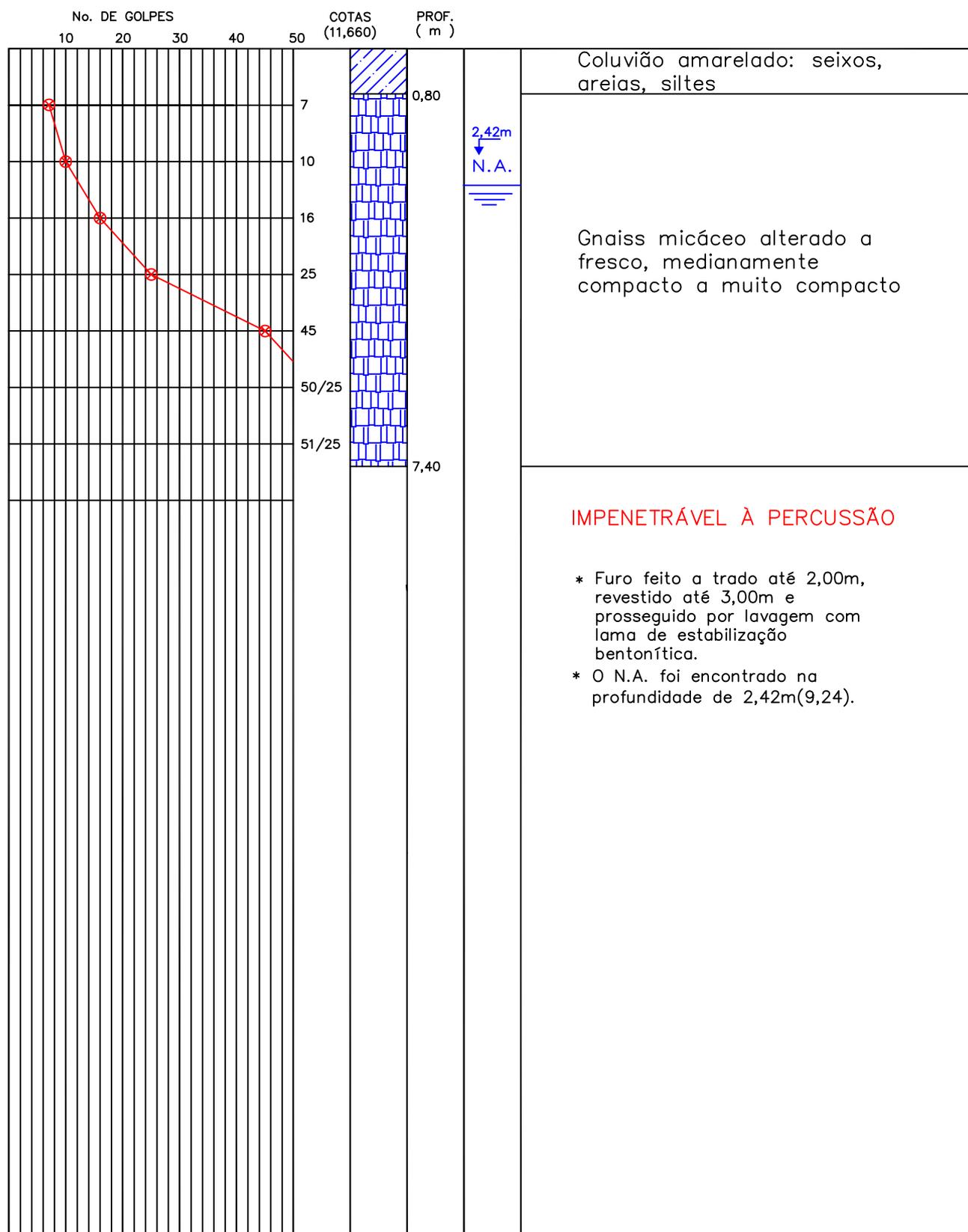
No. DE GOLPES					COTAS 000,00	PROF. (m)	
10	20	30	40	50			
					50/25		Seixos e pedregulhos de quartzo em matriz silto-argilosa avermelhada(coluvião)muito compacto
					29		Gnaiss micáceo alterado compacto a muito compacto
					21	2,50	
					56	4,45	* Furo feito a trado até 3,00m, revestido e prosseguido por lavagem com lama de estabilização bentonítica. * O N.A. <u>não</u> foi encontrado

CLIENTE:				ENGESOFTE Engenharia e Consultoria S/S			
DATA:	11/2008	VISTO:		VETORGRAF <i>Engenharia e Geologia Ltda</i>			
ESC:	1/100	APROV:					
LOCAL:	Conjunto Palmeira FORTALEZA/CE		FURO:	SP.11	DESENHO:	DS-12	

SONDAGEM Ø 2.1/2"

AMOSTRADOR - Ø E = 2" ; Ø I = 1.3/8"

MARTELO - 65 Kg QUEDA - 75 cm

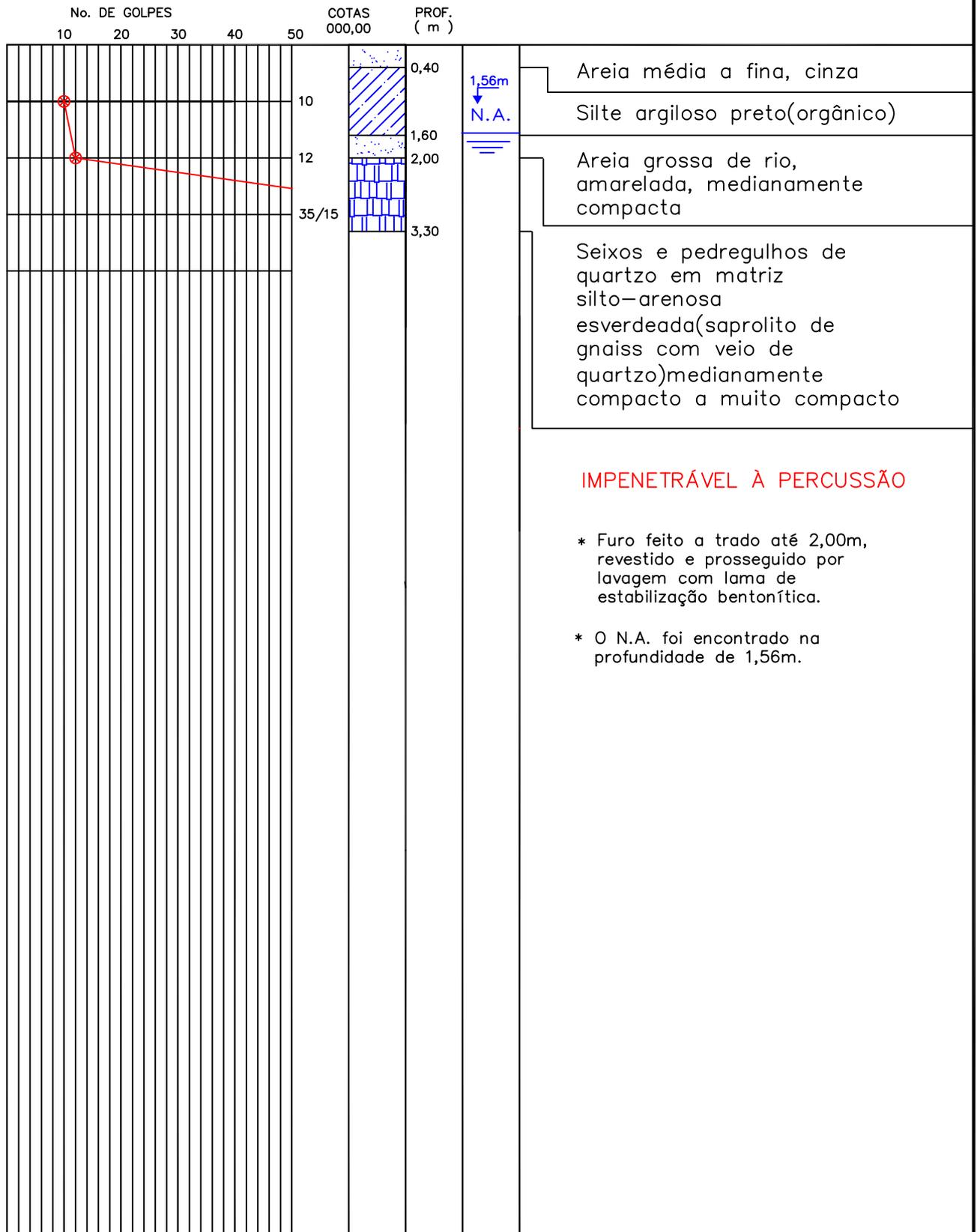


CLIENTE: ENGESOFT Engenharia e Consultoria S/S			
DATA: 11/2008	VISTO:	VETORGRAF Engenharia e Geologia Ltda	
ESC: 1/100	APROV:		
LOCAL: Conjunto Palmeira FORTALEZA/CE	FURO: SP.12	DESENHO: DS-13	

SONDAGEM Ø 2.1/2"

AMOSTRADOR - Ø E = 2" ; Ø I = 1.3/8"

MARTELO - 65 Kg QUEDA - 75 cm

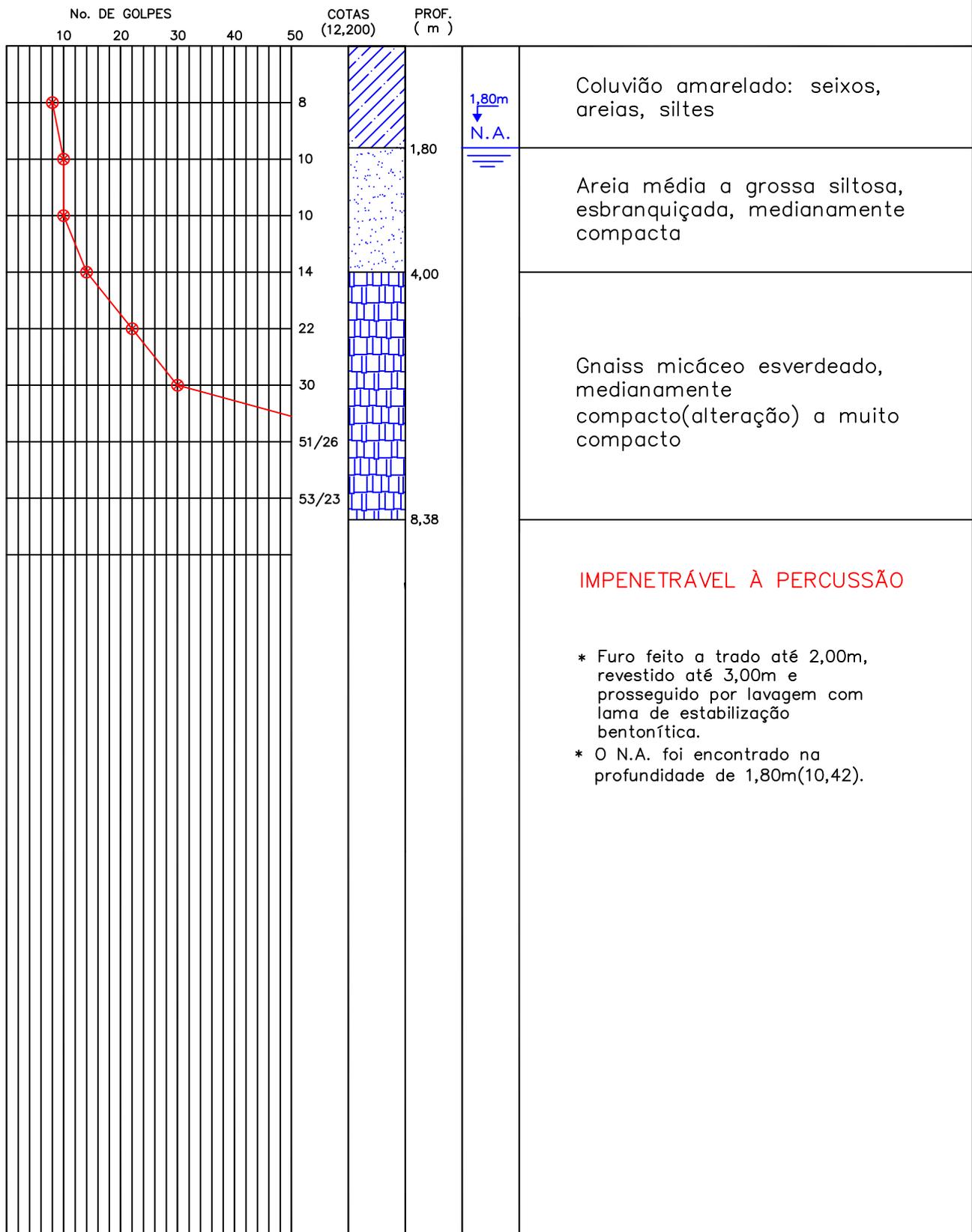


CLIENTE:			
ENGESOFT Engenharia e Consultoria S/S			
DATA: 11/2008	VISTO:	VETORGRAF Engenharia e Geologia Ltda	
ESC: 1/100	APROV:		
LOCAL: Conjunto Palmeira FORTALEZA/CE	FURO: SP.13	DESENHO: DS-14	

SONDAGEM Ø 2.1/2"

AMOSTRADOR - Ø E = 2" ; Ø I = 1.3/8"

MARTELO - 65 Kg QUEDA - 75 cm

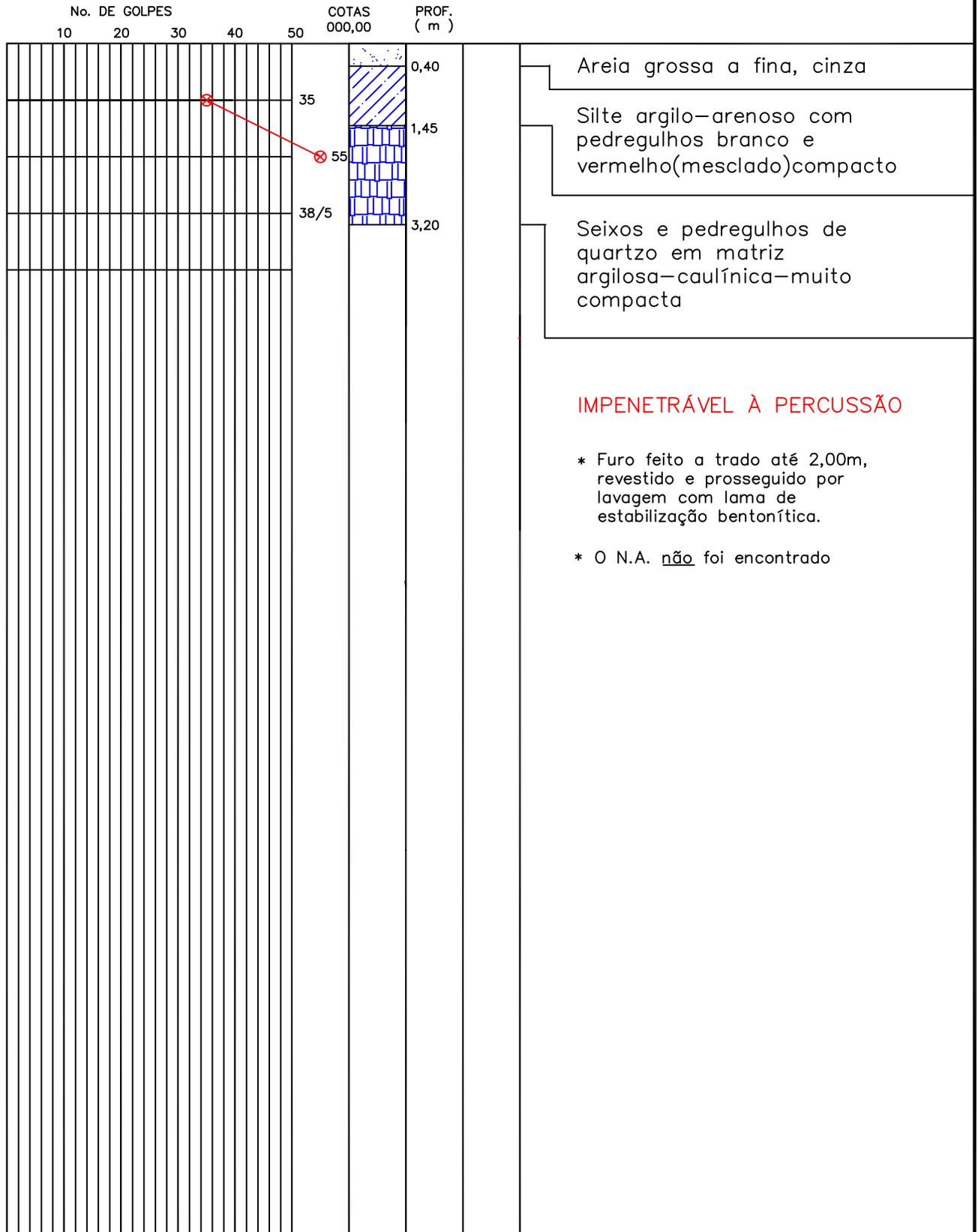


CLIENTE: ENGESOFT Engenharia e Consultoria S/S			
DATA: 11/2008	VISTO:	VETORGRAF Engenharia e Geologia Ltda	
ESC: 1/100	APROV:		
LOCAL: Conjunto Palmeira-Est.05 FORTALEZA/CE		FURO: SP.14	DESENHO: DS-15

SONDAGEM Ø 2.1/2"

AMOSTRADOR - Ø E = 2" ; Ø I = 1.3/8"

MARTELO - 65 Kg QUEDA - 75 cm



CLIENTE: ENGESOFT Engenharia e Consultoria S/S			
DATA: 11/2008	VISTO:	VETORGRAF <i>Engenharia e Geologia Ltda</i>	
ESC: 1/100	APROV:		
LOCAL: Conjunto Palmeira FORTALEZA/CE	FURO: SP.15	DESENHO: DS-16	

ANEXO I.3 - ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA

BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE.

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 01.

ESTACA 30+10,00 - EIXO.

DATA: 17/06/2.008.

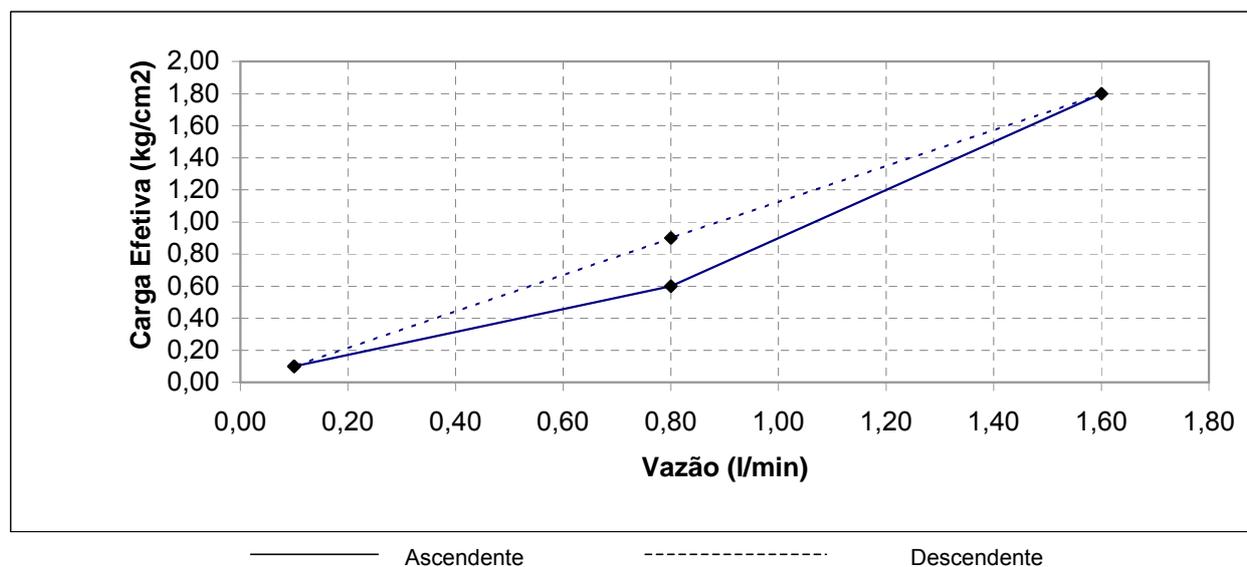
TABELA -01.

ENSAIO	Pob		TRECHO L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO m	ACIMA				
	DE	A					ENSAIO ABAIXO DO NA ARTEZIANIS.				
N° 01	6,40	9,40	3,00	0,073	0,70	NE m					
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	1	0	0,10	0,00	0,96	0,03	0,03	3,82E-06
	0	0	0	0	0						
0,80	2	0	1	0	1	0,60	0,00	1,66	0,20	0,12	1,33E-05
	0	1	0	1	0						
1,60	0	2	2	2	2	1,80	0,00	2,46	0,60	0,24	2,68E-05
	2	2	2	2	2						
0,80	2	2	1	1	1	0,90	0,00	1,66	0,30	0,18	1,99E-05
	0	1	0	1	0						
0,10	0	0	0	0	0	0,10	0,00	0,96	0,03	0,03	3,82E-06
	0	0	1	0	0						

CANALIZAÇÃO C
DIAM. = 3/4" COMP. 13,60 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011
COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 0,86

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 01.

ESTACA 30+10,00 - EIXO.

DATA: 18/06/2.008.

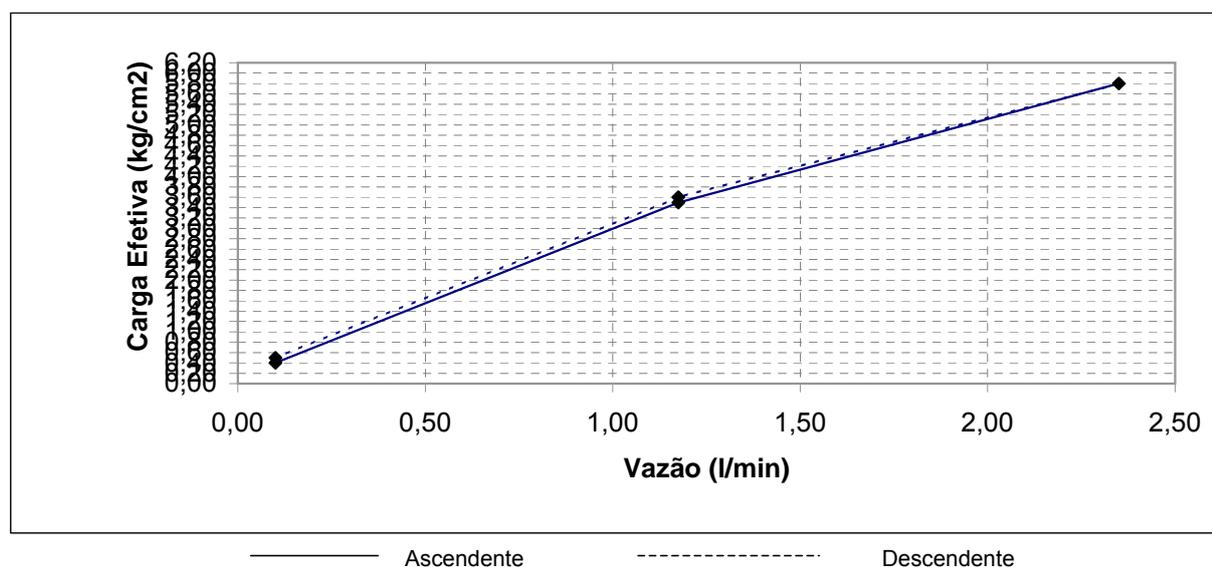
TABELA -02.

ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO		m	ACIMA	
Nº 02	DE	A			m					ENSAIO ABAIXO DO NA	
	9,40	12,40	3,00	m	0,073	0,70	NE		m	ARTEZIANIS.	
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	1	0	1	0,40	0,00	1,26	0,13	0,11	1,16E-05
	0	1	0	1	0						
1,18	4	3	4	3	3	3,50	0,00	2,34	1,17	0,50	5,50E-05
	4	3	3	4	4						
2,35	0	7	7	6	7	5,80	0,00	3,51	1,93	0,55	6,06E-05
	6	6	6	7	6						
1,18	3	4	4	3	4	3,60	0,00	2,34	1,20	0,51	5,65E-05
	4	3	4	3	4						
0,10	0	0	0	1	0	0,50	0,00	1,26	0,17	0,13	1,46E-05
	1	1	1	0	1						

CANALIZAÇÃO C
DIAM. = 3/4" COMP. 16,60 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011
COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 1,16

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 02.

ESTACA 49 - EIXO.

DATA: 17/06/2.008.

TABELA -03.

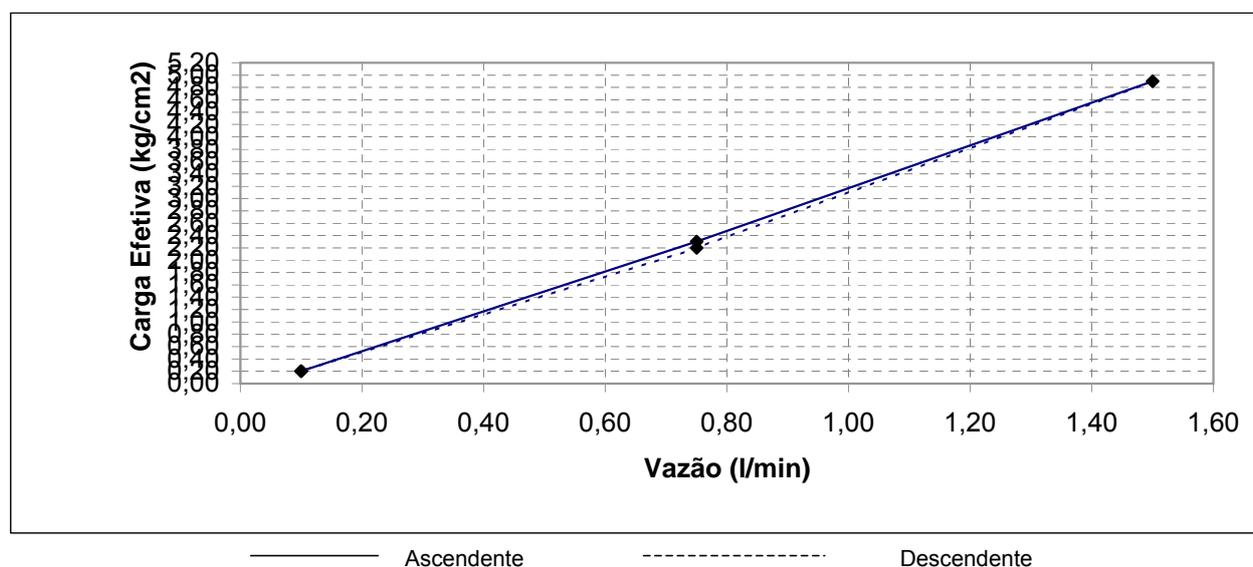
ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO		m	ACIMA	
N° 01	DE	A			m		NE		m	ENSAIO ABAIXO DO NA	
	6,00	18,00		12,00	0,073	0,70				ARTEZIANIS.	
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	1	0	0,20	0,00	1,37	0,02	0,01	1,70E-06
	0	0	1	0	0						
0,75	0	3	3	2	3	2,30	0,00	2,02	0,19	0,09	1,33E-05
	2	2	3	2	3						
1,50	0	5	6	5	6	4,90	0,00	2,77	0,41	0,15	2,06E-05
	5	5	6	6	5						
0,75	0	2	2	3	2	2,20	0,00	2,02	0,18	0,09	1,27E-05
	2	2	4	2	3						
0,10	0	0	1	0	0	0,20	0,00	1,37	0,02	0,01	1,70E-06
	0	0	0	0	1						

CANALIZAÇÃO C

DIAM. = 3/4" COMP. 17,70 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00014COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 1,27

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 03.

ESTACA 52 - EIXO.

DATA: 12/06/2.008.

TABELA -04.

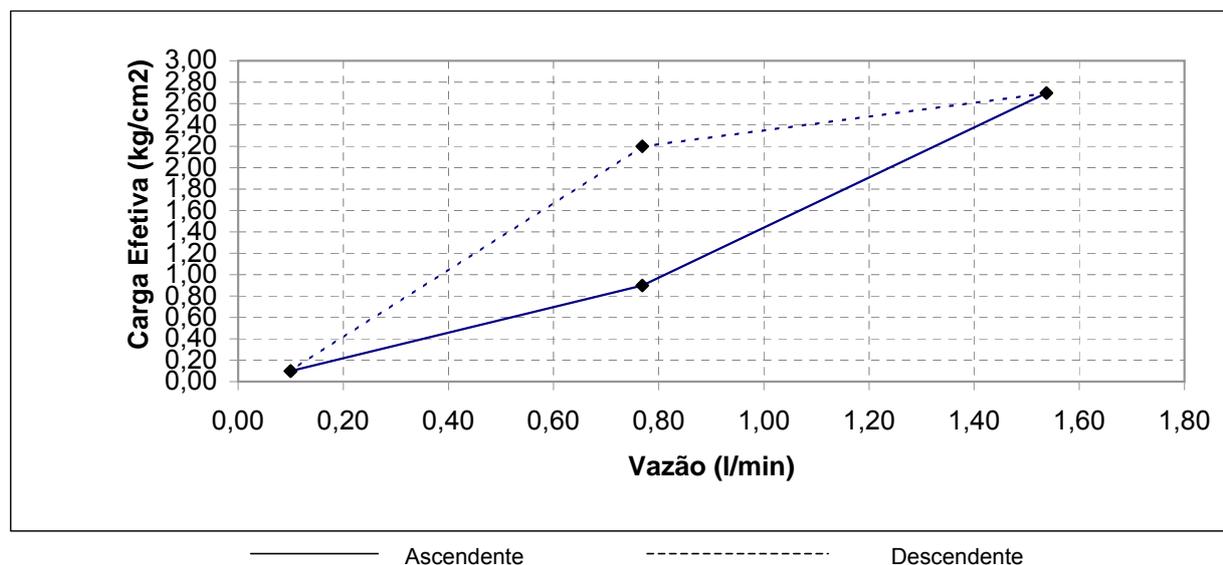
ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO	m	ACIMA		
N° 01	DE	A			m				ENSAIO ABAIXO DO NA		
	6,15	9,15	3,00	m	0,073	0,70		NE m	ARTEZIANIS.		
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	0	0	0,10	0,00	0,94	0,03	0,04	3,92E-06
	0	0	0	0	1						
0,77	0	1	1	1	1	0,90	0,00	1,60	0,30	0,19	2,06E-05
	1	1	1	1	1						
1,54	0	2	4	3	3	2,70	0,00	2,37	0,90	0,38	4,17E-05
	3	3	3	3	3						
0,77	4	2	2	2	2	2,20	0,00	1,60	0,73	0,46	5,03E-05
	2	2	2	2	2						
0,10	0	0	0	0	0	0,10	0,00	0,94	0,03	0,04	3,92E-06
	0	0	1	0	0						

CANALIZAÇÃO C

DIAM.= 3/4" COMP. 13,35 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 0,835

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 03.

ESTACA 52 - EIXO.

DATA: 12/06/2.008.

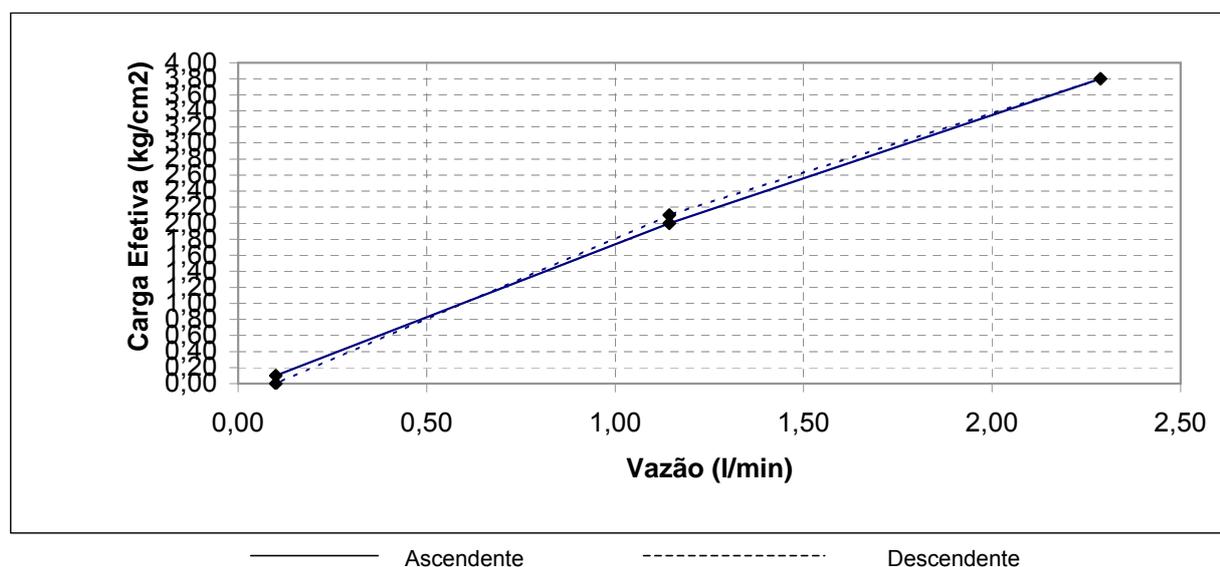
TABELA -05.

ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO	m	ACIMA	
N° 02	DE 9,15	A 12,15	3,00	m	0,073	0,70	NE	m	ENSAIO ABAIXO DO NA ARTEZIANIS.	
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO				VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	0	0	0,00	1,24	0,03	0,03	2,97E-06
1,14	0	2	2	1	2	0,00	2,28	0,67	0,29	3,22E-05
2,29	0	4	4	4	5	0,00	3,42	1,27	0,37	4,07E-05
1,14	0	2	3	3	2	0,00	2,28	0,70	0,31	3,38E-05
0,10	0	0	0	0	0	0,00	1,24	0,00	0,00	0,00E+00

CANALIZAÇÃO C
DIAM. = 3/4" COMP. 16,35 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011
COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 1,135

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 04.

ESTACA 54+6,00 + 30,00 JUSANTE.

DATA: 04/06/2.008.

TABELA -06.

ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO		m	ACIMA	
N° 01	DE	A			m				NE m	ENSAIO ABAIXO DO NA	
	7,30	10,30	3,00	m	0,073	0,70				ARTEZIANIS.	
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	0	0	0,50	0,00	1,05	0,17	0,16	1,75E-05
	1	1	1	1	1						
0,91	0	1	1	1	1	0,90	0,00	1,86	0,30	0,16	1,77E-05
	1	1	1	1	1						
1,83	5	2	2	3	3	3,50	0,00	2,78	1,17	0,42	4,62E-05
	4	2	6	4	4						
0,91	3	2	3	3	3	2,60	0,00	1,86	0,87	0,47	5,12E-05
	2	3	2	3	2						
0,10	0	0	0	0	0	0,10	0,00	1,05	0,03	0,03	3,49E-06
	0	0	1	0	0						

CANALIZAÇÃO

C

DIAM. = 3/4"

COMP.

14,50 m

FATOR F

X 10⁻⁴

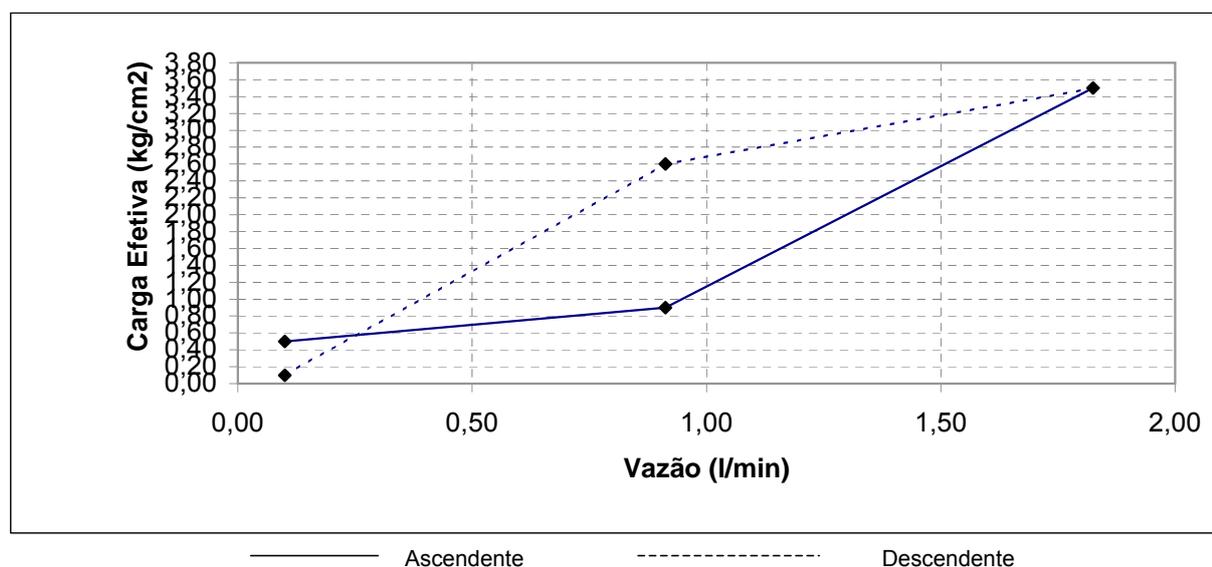
0,00011

COLUNA D'ÁGUA H/10

kg/cm²

0,95

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 04.

ESTACA 54+6,00 + 30,00 JUSANTE.

DATA: 04/06/2.008.

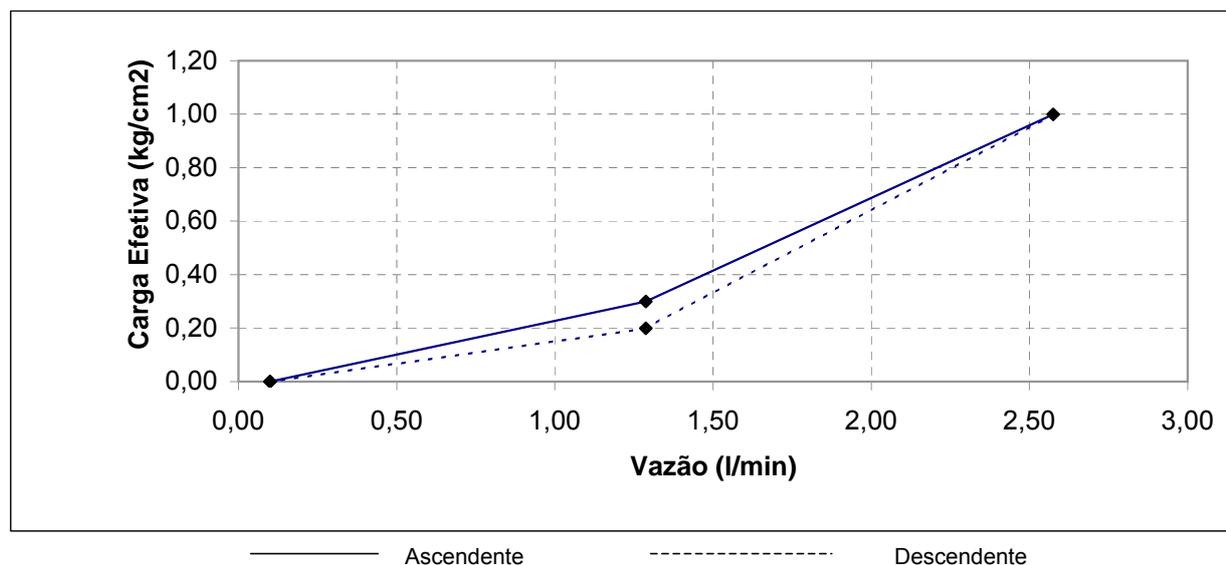
TABELA -07.

ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO		m	ACIMA	
N° 02	DE	A			m		NE		m	ENSAIO ABAIXO DO NA	
	10,30	13,30	3,00	m	0,073	0,70				ARTEZIANIS.	
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00E+00
	0	0	0	0	0						
1,29	0	0	0	1	0	0,30	0,00	2,54	0,10	0,04	4,33E-06
	0	1	0	0	1						
2,58	0	1	2	1	1	1,00	0,00	3,83	0,33	0,09	9,59E-06
	1	1	1	0	2						
1,29	0	0	0	0	1	0,20	0,00	2,54	0,07	0,03	2,89E-06
	0	0	0	0	1						
0,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00E+00
	0	0	0	0	0						

CANALIZAÇÃO C
DIAM. = 3/4" COMP. 17,50 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011
COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 1,25

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 04.

ESTACA 54+6,00 + 30,00 JUSANTE.

DATA: 05/06/2.008.

TABELA -08.

ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO		m	ACIMA	
Nº 03	DE	A			m				NE m	ENSAIO ABAIXO DO NA	
	13,30	16,30	3,00	m	0,073	0,70				ARTEZIANIS.	
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00E+00
	0	0	0	0	0						
1,66	0	1	0	0	0	0,20	0,00	3,21	0,07	0,02	2,28E-06
	0	1	0	0	0						
3,33	0	1	1	0	1	0,50	0,00	4,88	0,17	0,03	3,76E-06
	0	1	0	1	0						
1,66	0	0	1	0	0	0,20	0,00	3,21	0,07	0,02	2,28E-06
	0	0	1	0	0						
0,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00E+00
	0	0	0	0	0						

CANALIZAÇÃO

C

DIAM. = 3/4"

COMP. 20,50 m

FATOR F

X 10⁻⁴

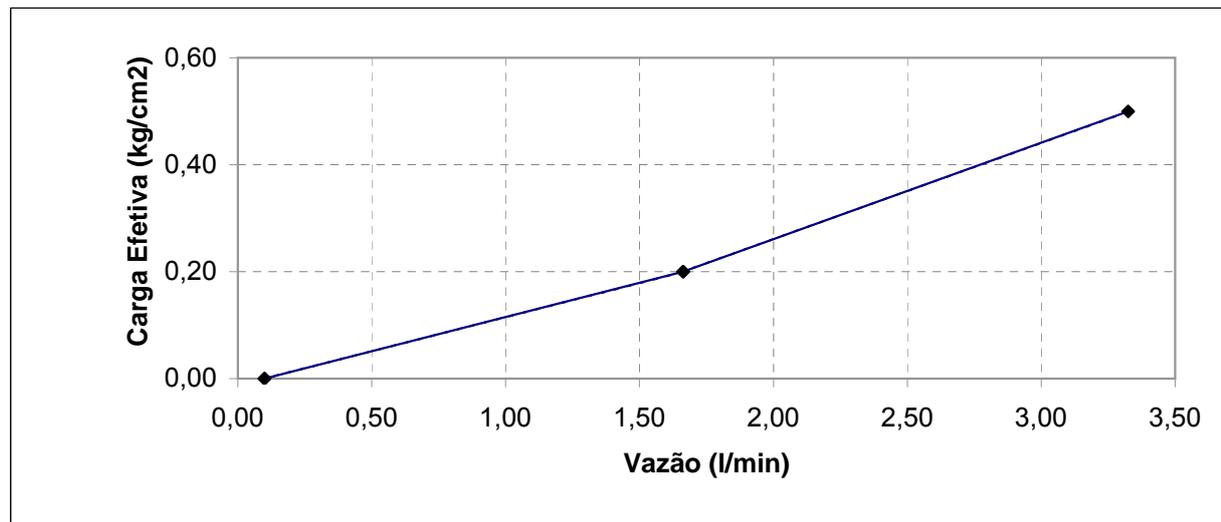
0,00011

COLUNA D'ÁGUA H/10

kg/cm²

1,55

Vazão Total X Carga Efetiva



———— Ascendente

----- Descendente

----- Descendente

BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 07.

ESTACA 70 - EIXO.

DATA: 09/06/2.008.

TABELA -09.

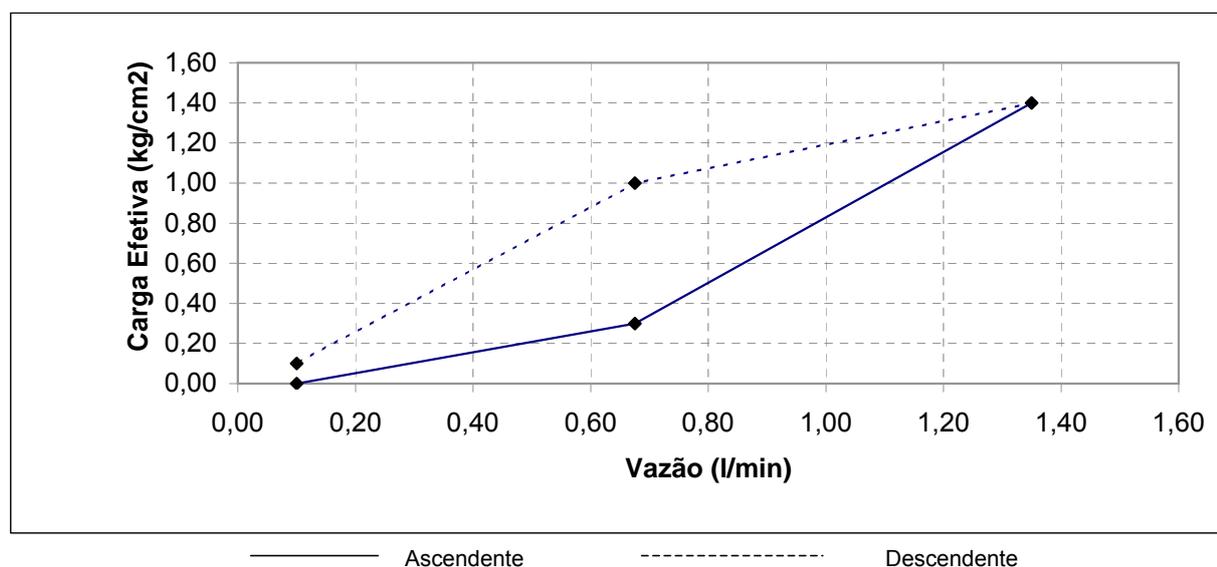
ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO	m	ACIMA		
N° 01	DE	A			m				ENSAIO ABAIXO DO NA		
	5,40	8,40	3,00	m	0,073	0,70 m		NE m	ARTEZIANIS.		
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.
0,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00E+00
	0	0	0	0	0						
0,68	0	0	1	0	1	0,30	0,00	1,44	0,10	0,07	7,67E-06
	0	0	1	0	0						
1,35	0	2	2	2	0	1,40	0,00	2,11	0,47	0,22	2,43E-05
	2	2	2	1	1						
0,68	2	0	1	0	1	1,00	0,00	1,44	0,33	0,23	2,56E-05
	1	1	1	2	1						
0,10	0	0	0	0	0	0,10	0,00	0,86	0,03	0,04	4,26E-06
	0	0	0	0	1						

CANALIZAÇÃO C

DIAM. = 3/4" COMP. 12,60 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 0,76

Vazão Total X Carga Efetiva



BARRAGEM PALMEIRAS - LOCAL: CONJUNTO PALMEIRAS, FORTALEZA, CE..

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA - TIPO LUGEON

SONDAGEM SM - 07.

ESTACA 70 - EIXO.

DATA: 09/06/2.008.

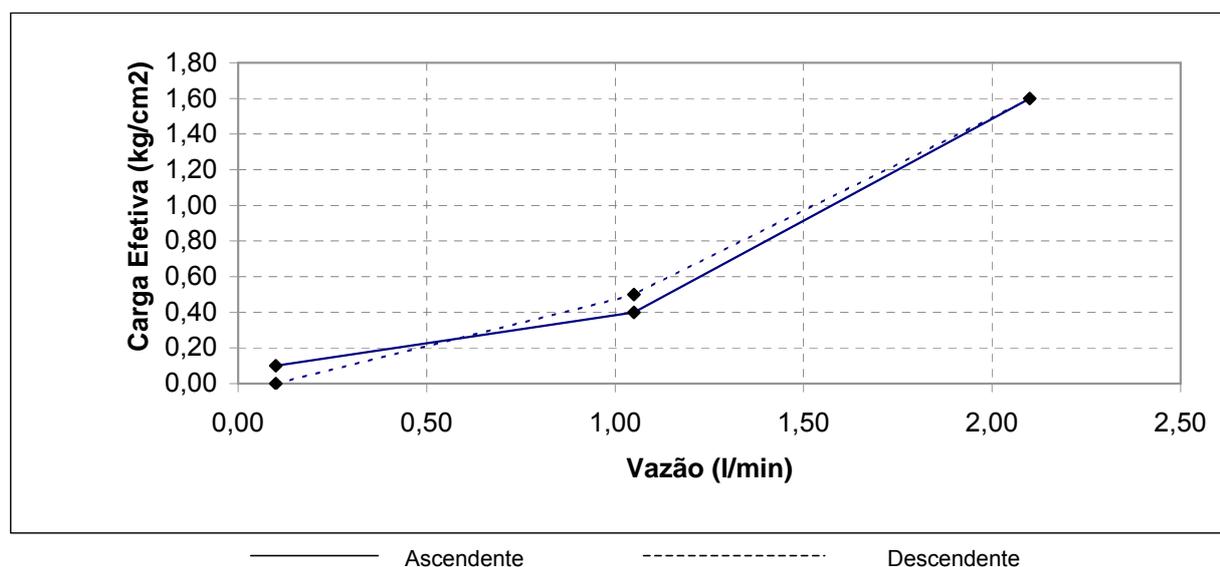
TABELA -10.

ENSAIO	Pob		TRECHO	L	DIAM. FURO d	ALTURA DO MANOMETRO (h)	NA ADOTADO	m	ACIMA		
N° 02	DE 8,40	A 11,40	3,00	m	0,073	0,70	NE	m	ENSAIO ABAIXO DO NA ARTEZIANIS.		
PRESSÃO MANOM. (PB) kg/cm ²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO				VAZÃO (Q) l/min	PERDA DE CARGA (Pc) kg/cm ²	CARGA EFETIVA (CE) kg/cm ²	VAZÃO ESPEC. (QE) l/min/m	PERDA D'ÁGUA ESPEC. (PE) l/min/m/kg/cm ²	COEFICIENTE PERMEABILIDADE (K) cm/s.	
0,10	0	0	0	0	0	0,10	0,00	1,16	0,03	0,03	3,16E-06
	0	1	0	0	0						
1,05	0	0	1	0	1	0,40	0,00	2,11	0,13	0,06	6,95E-06
	0	1	0	0	1						
2,10	0	3	0	2	1	1,60	0,00	3,16	0,53	0,17	1,86E-05
	2	2	2	2	2						
1,05	0	1	0	1	0	0,50	0,00	2,11	0,17	0,08	8,69E-06
	1	1	0	0	1						
0,10	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1,16	0,00	0,00	0,00E+00
	0	0	0	0	0						

CANALIZAÇÃO C
DIAM. = 3/4" COMP. 15,60 m

FATOR F X 10⁻⁴ 0,00011
COLUNA D'ÁGUA H/10 kg/cm² 1,06

Vazão Total X Carga Efetiva



ANEXO II – ESTUDOS GEOTÉCNICOS (Jazidas)

ANEXO II.1 – JAZIDA J-01

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO

PROJETO:		BARRAGEM PALMEIRAS						ORIGEM:		PROF.		
TRECHO:		JAZIDA 01						LADO:		AMOSTRA:		
FURO NÚMERO		04	06	08	09	10	11	12	13	14	15	
ESTACA												
POSIÇÃO												
PROFUNDIDADE	DE	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
	ATÉ	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,00	1,80	
REGISTRO Nº												
PENEIRAMENTO PASSANDO	# 19,1 mm (3/4")	95%	97%	100%	100%	93%	100%	100%		96%		
	# 9,5 mm (3/8")	78%	66%	95%	72%	63%	77%	80%		89%		
	# 4,8 mm (Nº 4")	70%	57%	86%	57%	36%	57%	51%		76%		
	# 2,0 mm (Nº 10")	60%	53%	74%	52%	25%	41%	44%		64%		
	# 0,42 mm (Nº 40")	45%	47%	37%	42%	16%	30%	37%		46%		
	# 0,074 mm (Nº 200")	21%	26%	14%	13%	9%	17%	20%		28%		
LL		37,0	38,0	35,0	39,0	33,0	36,0	34		37,0		
IP		12	12,0	11,0	13,0	8,0	10,0	9		11,0		
IG		1	1	0	1	0	0	0		0		
EA												
CLASSIFICAÇÃO SUCS		SC	SC	SC	SC	SMSC	SMSC	SMSC		SC		
FAIXA												
ENERGIA PROCTOR INTERMEDIÁRIO	Hótima (%)	11,8	12,0	12,1	11,3	11,9	11,9	12,4		12,3		
	&s MÁX. (g/cm3)	1.970	1.925	1.980	2.035	1.850	1.910	1.750		1.875		
	I.S.C (%)											
	Expansão (%)											
Grau de Compactação												
Unidade de Natural												
ORIGEM:					QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO							
BARRAGEM PALMEIRAS					TRECHO:			JAZIDA 01		DATA:		nov-07
					BARRAGEM PALMEIRAS					PROJETISTA:		

BOLETIM DE CAMPO**PROJETO:** BARRAGEM PALMEIRAS**TRECHO:** JAZIDA 01

FURO Nº	ESTACA	PROF. (m)	COORDENADAS	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
01		0,10 0,80	0551295 9571218	SILTE ARENO ARGILOSO COM PEDREGULHO COR AMARELADA	
02		0,10 2,20	0551254 9571256	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA	
03		0,10 2,50	0551154 9571302	CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR VARIEGADA	
04		0,10 1,00	0551285 9571462	CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA	
05		0,10 1,10 1,10 2,00	0551256 9571448	SILTE ARENO ARGILOSO COM PEDREGULHO COR AMARELADA SILTE ARENO ARGILOSO	
06		0,10 2,00	0551180 9571434	SILTE ARENO ARGILOSO COR CINZA CLARA	
07		0,10 1,50		SILTE ARENO ARGILOSO COM PEDREGULHO COR AMARELADA	
ORIGEM:				BOLETIM DE SONDA GEM	
BARRAGEM PALMEIRAS				TRECHO: JAZIDA 01	DATA: nov-07
				PROJETISTA: ENGESOFT	FOLHA: 01/03

BOLETIM DE CAMPO**PROJETO:** BARRAGEM PALMEIRAS**TRECHO:** JAZIDA 01

FURO Nº	ESTACA	PROF. (m)	COORDENADAS	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
08		0,10 1,80		CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR VARIEGADA	
09		0,10 1,00 1,00 1,80		SILTE ARENO ARGILOSO COR CINZA CLARA CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA	
10		0,10 1,80		CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA	
11		0,10 1,50 1,50	0550990 9571614	CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR AVERMELHADA ALTERAÇÃO DE ROCHA	
12		0,10 1,80	0551042 9571652	SILTE ARENO ARGILOSO COM PEDREGULHO COR AMARELADA	
13		0,10 1,00 1,00 1,50	0550900 9571784	CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR AVERMELHADA SILTE ARENO ARGILOSO COR AVERMELHADA	
14		0,10 2,00	0550884 9571732	CASCALHO SILTE ARENO ARGILOSO COR AVERMELHADA	
ORIGEM:				BOLETIM DE SONDA GEM	
BARRAGEM PALMEIRAS				TRECHO: JAZIDA 01	DATA: nov-07
				PROJETISTA: ENGESOFT	FOLHA: 02/03

ANEXO II.2 – JAZIDA J-02

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO

PROJETO:		BARRAGEM PALMEIRAS						ORIGEM:		PROF.		
TRECHO:		JAZIDA 02						LADO:		AMOSTRA:		
FURO NÚMERO		01	03	05	07	09	11	13	15			
ESTACA												
POSIÇÃO												
PROFUNDIDADE	DE	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10			
	ATÉ	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50			
REGISTRO Nº												
PENEIRAMENTO PASSANDO	# 25,4 mm (1")	100%	100%	100%	97%	100%	100%	100%	89%			
	# 9,5 mm (3/8")	91%	100%	68%	85%	80%	81%	100%	81%			
	# 4,8 mm (Nº 4")	76%	100%	57%	75%	69%	70%	98%	76%			
	# 2,0 mm (Nº 10")	68%	97%	56%	70%	62%	60%	97%	73%			
	# 0,42 mm (Nº 40")	56%	88%	44%	59%	49%	51%	90%	66%			
	# 0,074 mm (Nº 200")	36%	56%	27%	22%	30%	33%	60%	41%			
LL		35,0	NL	38,0	35,0	38,0	37,0	NL	39,0			
IP		12	NP	12,0	10,0	11,0	12,0	NP	13			
IG		1	0	1	0	0	0	0	2			
EA												
CLASSIFICAÇÃO SUCS		SC	SM	SC	SC	SC	SC	SM	SC			
FAIXA												
ENERGIA PROCTOR INTERMEDIÁRIO	Hótima (%)	12,0	12,1	10,6	12,0	12,4	12,5	11,9	16,7			
	&s MÁX. (g/cm ³)	1.855	1.931	1.980	1.940	1.985	1.950	1.850	1.825			
	I.S.C (%)											
	Expansão (%)											
Grau de Compactação												
Unidade de Natural												
ORIGEM:					QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO							
BARRAGEM PALMEIRAS					TRECHO:			JAZIDA 02		DATA:		nov-07
					BARRAGEM PALMEIRAS					PROJETISTA:		

BOLETIM DE CAMPO**PROJETO:** BARRAGEM PALMEIRAS**TRECHO:** JAZIDA 02

FURO Nº	ESTACA	PROF. (m)	COORDENADAS	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
01		0,10 1,50	0552209 9574612	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AVERMELHADA	
02		0,10 1,50	0552244 9574550	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA	
03		0,10 1,50	0552187 9574480	SILTE ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
04		0,10 1,60	0552187 9574412	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
05		0,10 1,60	0552370 9574468	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA	
06		0,10 1,60	0552410 9574520	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
07		0,10 1,20	0552512 9574424	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR CINZA	
08		0,10 0,50 0,50 1,60	0552468 9574378	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA ALTERAÇÃO DE ROCHA	
09		0,10 1,00	0552431 9574226	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA	
10		0,10 0,50 0,50 1,00	0552531 9574230	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AVERMELHADA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA	
11		0,10 1,50	0552579 9574294	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA	
12		0,10 1,20	0552614 9574358	SILTE ARENO ARGILOSO COM POUCO PEDREGULHO COR VARIEGADA	
ORIGEM:				BOLETIM DE SONDAAGEM	
BARRAGEM PALMEIRAS				TRECHO: JAZIDA 02	DATA: nov-07
				PROJETISTA: ENGESOFT	FOLHA: 01/02

ANEXO II.3 – JAZIDA J-03

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO

PROJETO: BARRAGEM PALMEIRAS				ORIGEM:				PROF.			
TRECHO: JAZIDA 03				LADO:				AMOSTRA:			
FURO NÚMERO		01	02	08	10	12	16	17	21	25	26
ESTACA											
POSIÇÃO											
PROFUNDIDADE	DE	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	ATÉ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
REGISTRO Nº											
PENEIRAMENTO PASSANDO	# 25,4 mm (1")	100%	100%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	87%
	# 9,5 mm (3/8")	88%	95%	87%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	62%
	# 4,8 mm (Nº 4")	84%	89%	78%	87%	99%	100%	100%	100%	100%	46%
	# 2,0 mm (Nº 10")	75%	83%	70%	78%	92%	97%	93%	93%	97%	38%
	# 0,42 mm (Nº 40")	52%	67%	49%	40%	69%	70%	64%	60%	68%	25%
	# 0,074 mm (Nº 200")	19%	33%	22%	10%	17%	28%	25%	20%	26%	11%
LL		38,0	39,0	34,0	35,0	NL	NL	NL	37,0	NL	34,0
IP		12	11,0	8,0	10,0	NP	NP	NP	11	NP	9,0
IG		0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
EA											
CLASSIFICAÇÃO SUCS		SC	SC	SC	SC	SM	SM	SM	SC	SM	SC/SM
FAIXA											
ENERGIA PROCTOR INTERMEDIÁRIO	Hótima (%)	12,6	11,2	11,5	10,9	11,2	11,6	11,4	14,0	11,9	11,3
	&s MÁX. (g/cm ³)	1.835	2.025	2.025	2.020	1.995	1.955	1.938	1.850	1.968	1.985
	I.S.C (%)										
	Expansão (%)										
Grau de Compactação											
Unidade de Natural											
ORIGEM:					QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO						
BARRAGEM PALMEIRAS					TRECHO:			DATA:		nov-07	
					JAZIDA 03			FOLHA:		01/02	
					PROJETISTA:			ENGESOFT			

QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO

PROJETO: BARRAGEM PALMEIRAS			ORIGEM:				PROF.		
TRECHO: JAZIDA 03			LADO:				AMOSTRA:		
FURO NÚMERO		27							
ESTACA									
POSIÇÃO									
PROFUNDIDADE	DE	0,10							
	ATÉ	1,00							
REGISTRO Nº									
PENEIRAMENTO PASSANDO	# 25,4 mm (1")	93%							
	# 9,5 mm (3/8")	82%							
	# 4,8 mm (Nº 4")	74%							
	# 2,0 mm (Nº 10")	65%							
	# 0,42 mm (Nº 40")	43%							
	# 0,074 mm (Nº 200")	20%							
LL		36,0							
IP		11							
IG		0							
EA									
CLASSIFICAÇÃO SUCS		SC							
FAIXA									
ENERGIA PROCTOR INTERMEDIÁRIO	Hótima (%)	11,9							
	&s MÁX. (g/cm3)	2.030							
	I.S.C (%)								
	Expansão (%)								
Grau de Compactação									
Unidade de Natural									
ORIGEM:					QUADRO RESUMO DE ENSAIOS CORRENTES EM SOLO				
BARRAGEM PALMEIRAS					TRECHO: JAZIDA 03			DATA: nov-07	
					PROJETISTA: ENGESOFT			FOLHA: 02/02	

BOLETIM DE CAMPO					
PROJETO: BARRAGEM PALMEIRAS					
TRECHO: JAZIDA 03					
FURO Nº	ESTACA	PROF. (m)	COORDENADAS	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
01		0,10 1,00	0,550996 9575442	SILTE ARENO ARGILOSO COR VARIEGADA	
02		0,10 0,30 0,30 1,00	0550888 9575462	SILTE ARENO ARGILOSO COR VARIEGADA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
03		0,10 0,50 0,50 1,00	0550682 9575534	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
04		0,10 0,50 0,50 1,00	0550614 9575485	SILTE ARENOSO COR CINZA SILTE ARENO ARGILOSO COR VARIEGADA	
05		0,10 0,40 0,40 1,00	0550640 9575460	SILTE ARENOSO COR CINZA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
06		0,10 0,50 0,50 1,00	0550666 9575404	SILTE ARENOSO COR CINZA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AVERMELHADA	
07		0,10 0,60 0,60 1,00	0550704 9575304	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
08		0,10 0,50 0,50 1,00	0550865 9575272	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA	
ORIGEM:				BOLETIM DE SONDAAGEM	
BARRAGEM PALMEIRAS				TRECHO: JAZIDA 03	DATA: nov-07
				PROJETISTA: ENGESOFT	FOLHA: 01/04

BOLETIM DE CAMPO**PROJETO:** BARRAGEM PALMEIRAS**TRECHO:** JAZIDA 03

FURO Nº	ESTACA	PROF. (m)	COORDENADAS	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA
09		0,10	0551002 9575240	SILTE ARENO ARGILOSO COR CINZA
		0,70		SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AVERMELHADA
		1,00		
10		0,10	0551 9575	SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA
		1,00		
11		0,10	0550863 9575172	SILTE ARENO ARGILOSO COR CINZA
		1,00		SILTE ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA
12		0,10	0550636 9575212	SILTE ARENOSO COR CINZA
		0,30		SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA
		1,00		
13		0,10	0550985 9575032	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA
		0,70		SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA
		1,00		
14		0,10	0550851 9575170	SILTE ARENOSO COR CINZA
		0,50		SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA
		0,80		SILTE ARGILOSO COR VARIEGADA
		1,00		
15		0,10	0550626 9575130	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA
		0,60		SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA
		1,00		
16		0,10	0551 9575	SILTE ARENO ARGILOSO COR VARIEGADA
		1,00		
17		0,10	0550837 9575080	SILTE ARENO ARGILOSO COM POUCO PEDREGULHO COR VARIEGADA
		1,00		

ORIGEM:**BOLETIM DE SONDAAGEM****BARRAGEM PALMEIRAS****TRECHO:**
JAZIDA 03**DATA:**
nov-07**PROJETISTA:**
ENGESFT**FOLHA:**
02/04

BOLETIM DE CAMPO				
PROJETO: BARRAGEM PALMEIRAS				
TRECHO: JAZIDA 03				
FURO Nº	ESTACA	PROF. (m)	COORDENADAS	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA
18		0,10 1,00		SILTE ARENO ARGILOSO COM CACALHO COR CINZA
19		0,10 0,40 0,40 1,00		SILTE ARENOSO COR CINZA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA
20		0,10 0,50 0,50 0,80 0,80 1,00		SILTE ARENO ARGILOSO COR CINZA SILTE ARENOSO COM CASCALHO COR VARIEGADA SILTE ARGILOSO COR VARIEGADA
21		0,10 0,30 0,30 1,00		SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA SILTE ARENO ARGILOSO COM CASCALHO COR AMARELADA
22		0,10 1,00		SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA
23		0,10 1,00	0550781 9575794	SILTE ARENO ARGILOSO COM POUCO PEDREGULHO COR VARIEGADA
24		0,10 1,00	0550582 9575830	SILTE ARENO ARGILOSO COR AMARELADA
ORIGEM:			BOLETIM DE SONDA GEM	
BARRAGEM PALMEIRAS			TRECHO: JAZIDA 03	DATA: nov-07
			PROJETISTA: ENGESOFT	FOLHA: 03/04

ANEXO II.4 – PEDREIRA P-01

ENSAIO LOS ANGELES**BARRAGEM PALMEIRAS**

PEDREIRA : 01
 AMOSTRA : 01 (GNAISSE)

PENEIRAS		FRAÇÕES DA AMOSTRA (g)			
Passando mm	Retido mm	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
38	25	1250 ± 25	-	-	-
25	19	1250 ± 25	-	-	-
19	12,7	1250 ± 25	2500 ± 50	-	-
12,7	9,5	1250 ± 25	2500 ± 50	-	-
9,5	6,3	-	-	2500 ± 50	-
6,3	4,8	-	-	2500 ± 50	-
4,8	2,4	-	-	-	5000 ± 100
Peso Total da Amostra a Ensaio – g		5000 ± 100	5000 ± 100	5000 ± 100	5000 ± 100

GRADUAÇÃO DA AMOSTRA: Faixa – B

NÚMERO DE ESFERAS: 11

$$\text{LOS ANGELES} = \frac{5.000 - 3.810}{5.000} * 100 = 23,8\%$$

ENSAIO LOS ANGELES

BARRAGEM PALMEIRAS

PEDREIRA : 01
 AMOSTRA : 02 (GNAISSE)

PENEIRAS		FRAÇÕES DA AMOSTRA (g)			
Passando mm	Retido mm	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
38	25	1250 ± 25	-	-	-
25	19	1250 ± 25	-	-	-
19	12,7	1250 ± 25	2500 ± 50	-	-
12,7	9,5	1250 ± 25	2500 ± 50	-	-
9,5	6,3	-	-	2500 ± 50	-
6,3	4,8	-	-	2500 ± 50	-
4,8	2,4	-	-	-	5000 ± 100
Peso Total da Amostra a Ensaiair – g		5000 ± 100	5000 ± 100	5000 ± 100	5000 ± 100

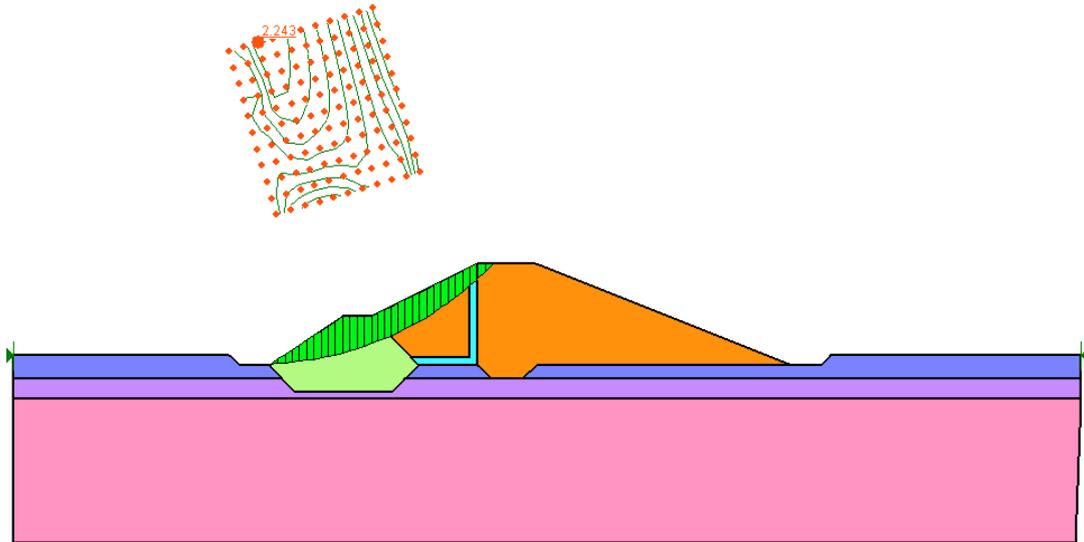
GRADUAÇÃO DA AMOSTRA: Faixa – B

NÚMERO DE ESFERAS: 11

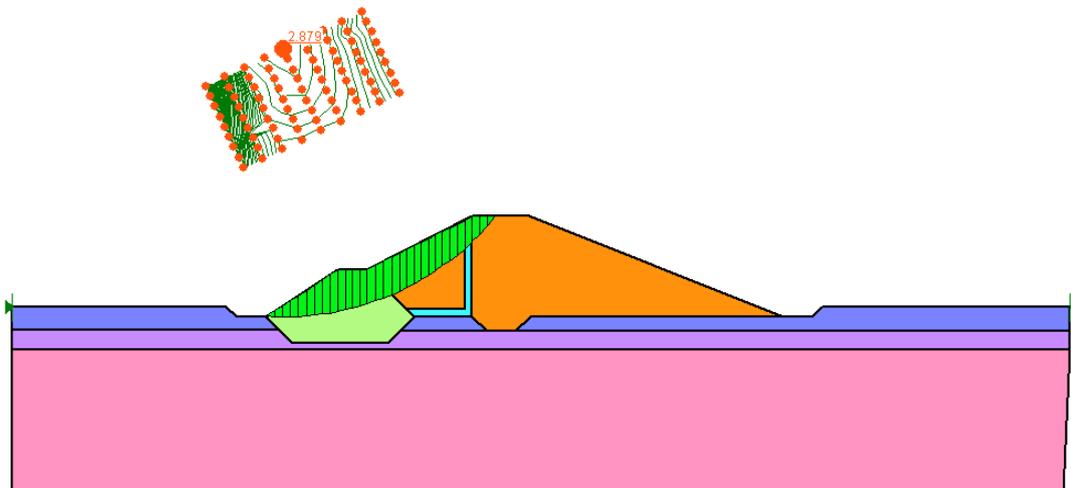
$$\text{LOS ANGELES} = \frac{5.000 - 3.628}{5.000} * 100 = 27,4\%$$

ANEXO III – FIGURAS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

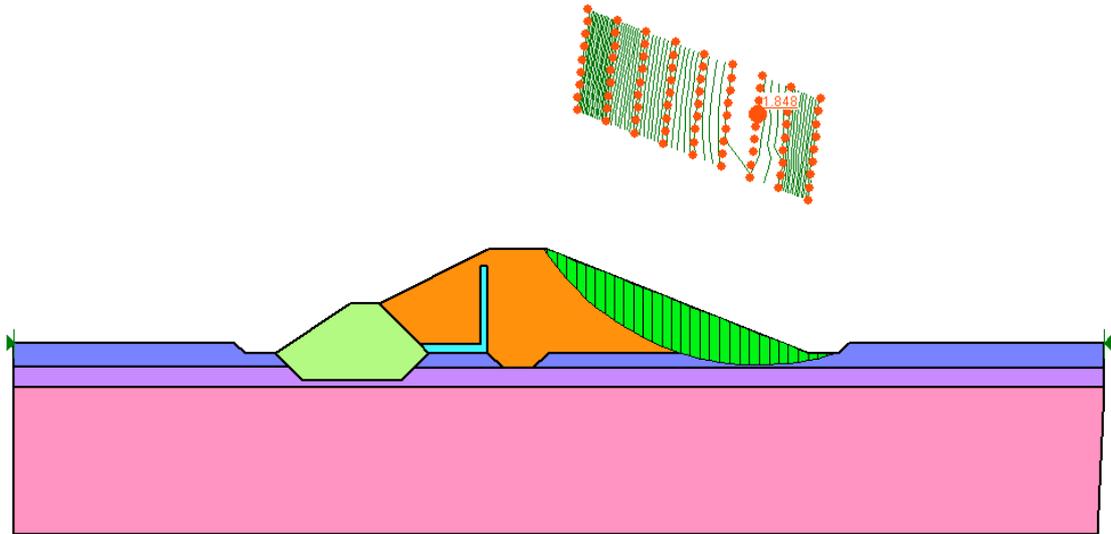
ANÁLISE DO TALUDE DE JUSANTE EM CONDIÇÕES DINÂMICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO



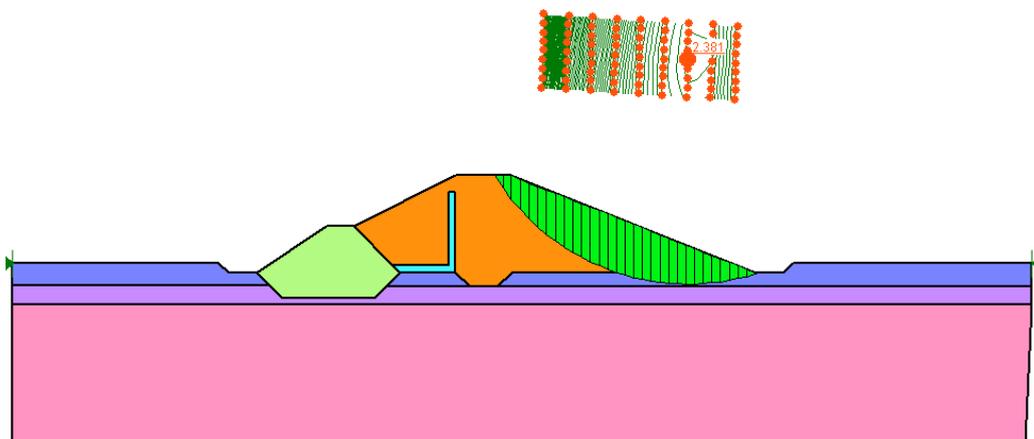
ANÁLISE DO TALUDE DE JUSANTE EM CONDIÇÕES ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO



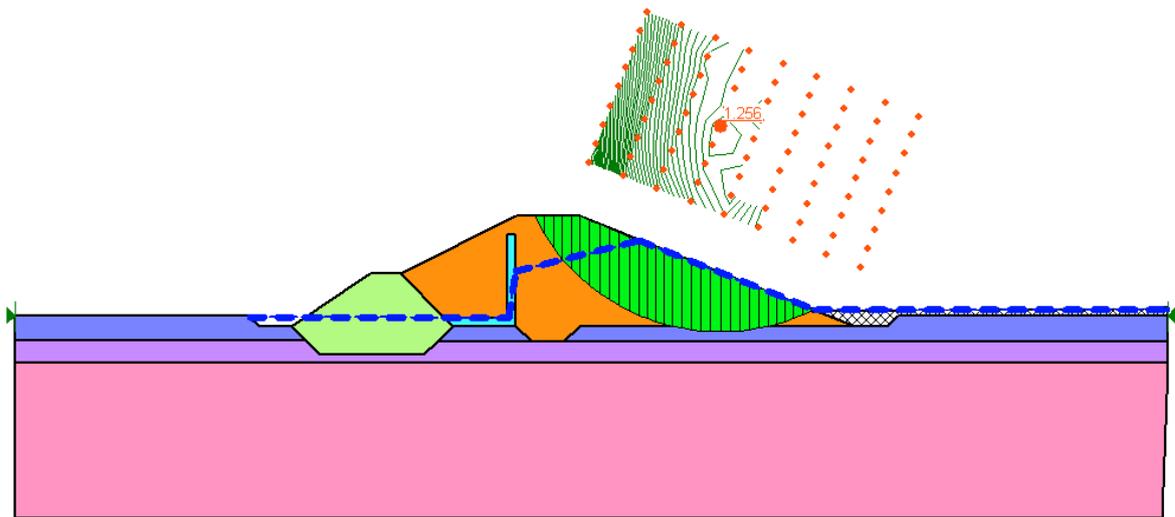
ANÁLISE DO TALUDE DE MONTANTE EM CONDIÇÕES DINÂMICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO



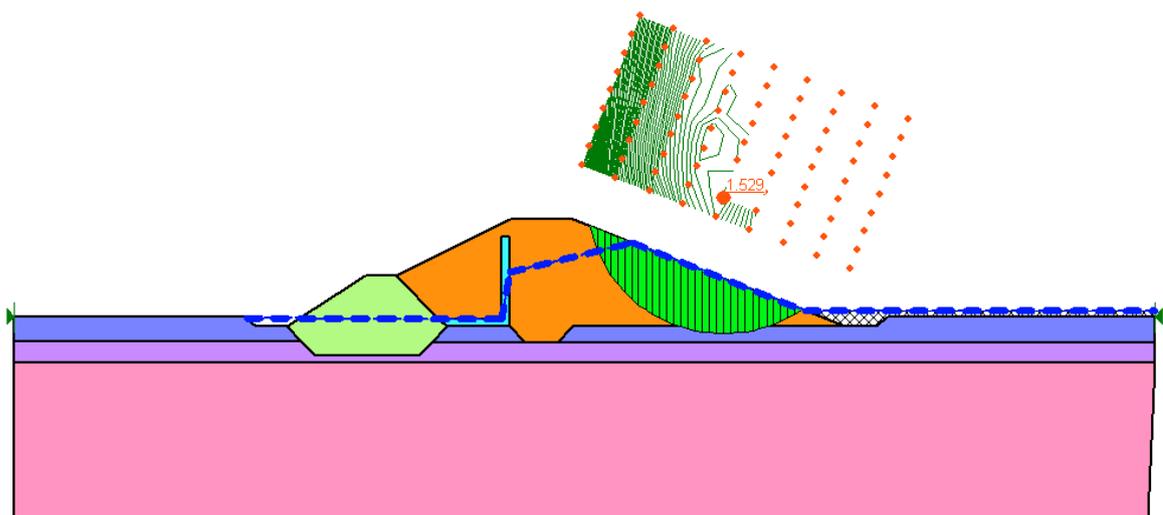
ANÁLISE DO TALUDE DE MONTANTE EM CONDIÇÕES ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO

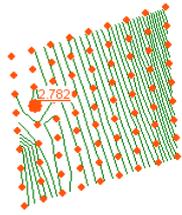


ANÁLISE DO TALUDE DE MONTANTE EM CONDIÇÕES DINÂMICA
REBAIXAMENTO RÁPIDO

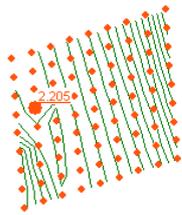
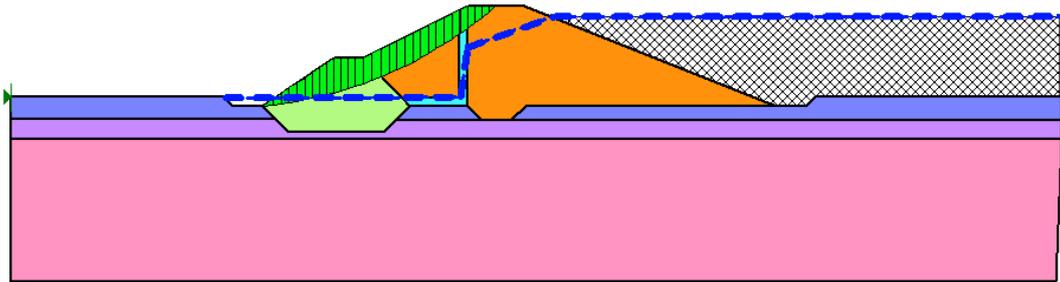


ANÁLISE DO TALUDE DE MONTANTE EM CONDIÇÕES ESTÁTICA
REBAIXAMENTO RÁPIDO

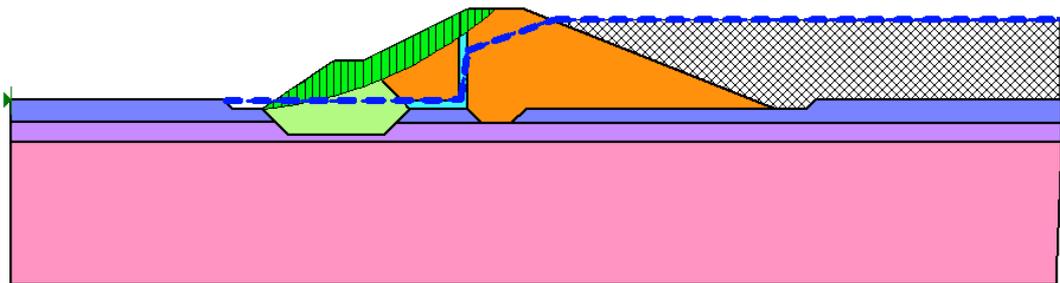




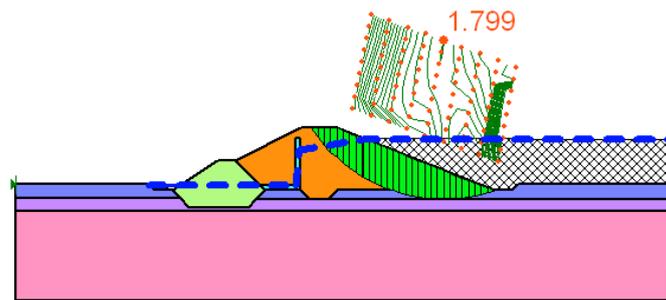
ANÁLISE DO TALUDE DE JUSANTE EM CONDIÇÕES ESTÁTICA
RESERVATÓRIO EM OPERAÇÃO



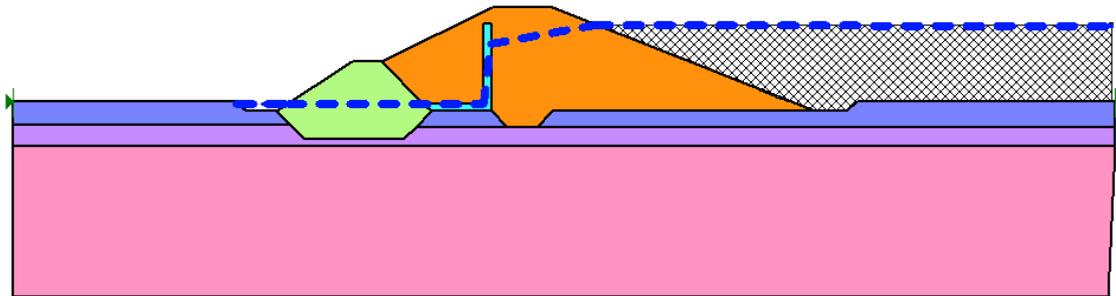
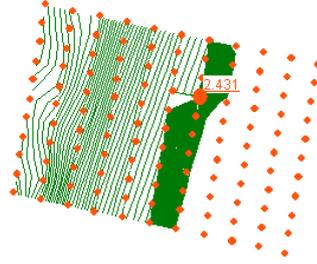
ANÁLISE DO TALUDE DE JUSANTE EM CONDIÇÕES DINÂMICA
RESERVATÓRIO EM OPERAÇÃO



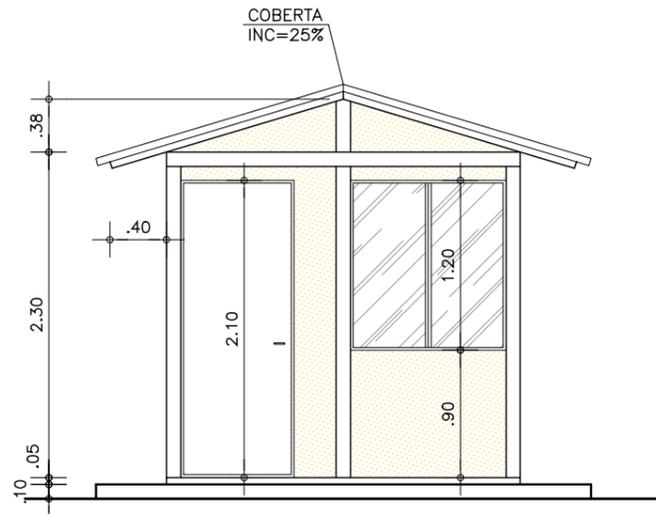
ANÁLISE DO TALUDE DE MONTANTE EM CONDIÇÕES DINÂMICA RESERVATÓRIO EM OPERAÇÃO



ANÁLISE DO TALUDE DE JUSANTE EM CONDIÇÕES ESTÁTICA
RESERVATÓRIO EM OPERAÇÃO



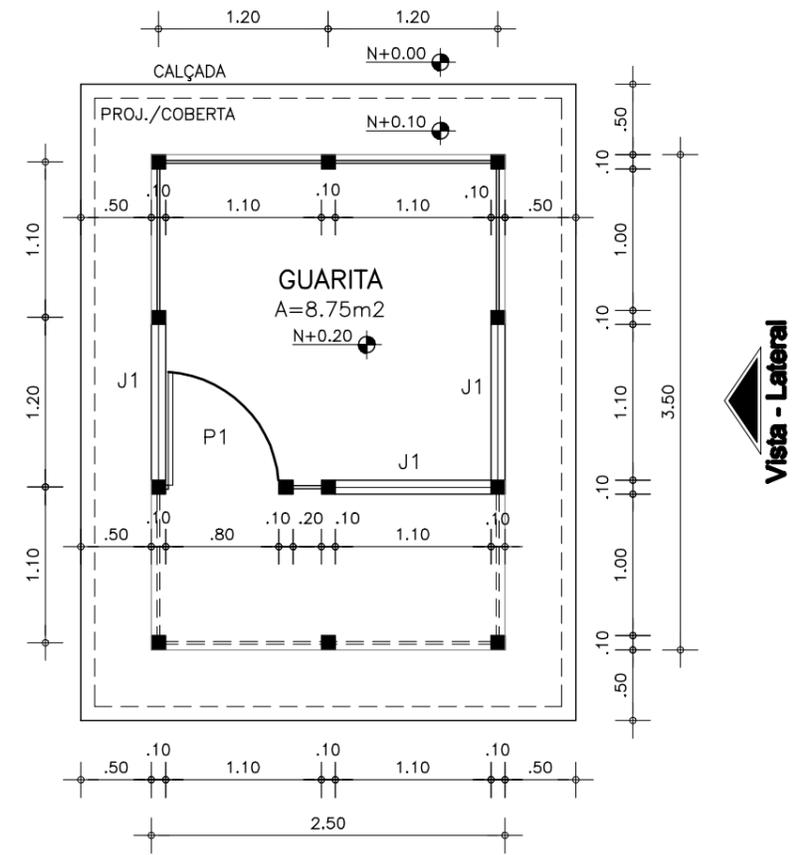
ANEXO IV – DESENHOS DO CANTEIRO DE OBRAS



VISTA FRONTAL
Escala: 1/50

OBSERVAÇÕES

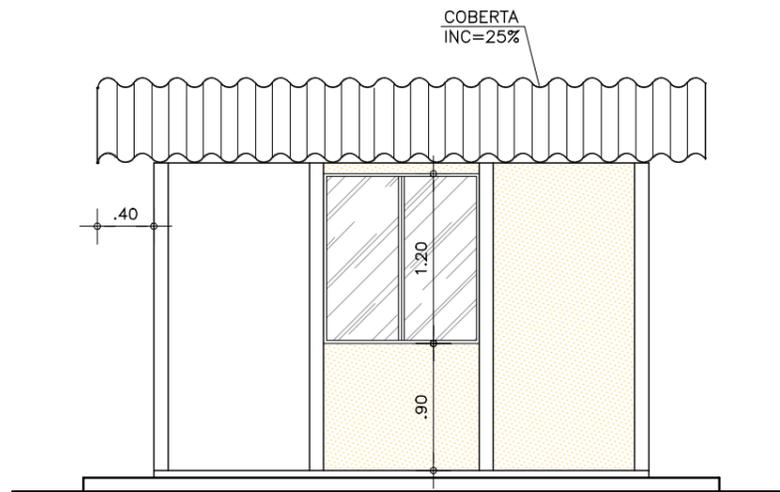
PORTA-P1 (0.80x2.10m) =.....01un
 JANELA-J1 (1.10x1.20m) =.....03un
 PISO GERAL =.....8.75m²
 PAREDE EXTERNA =.....14.75m²
 PÉ DIREITO =.....2.30m
 ÁREA/CALÇADA =.....7.00m²
 ÁREA/COBERTA =.....14.20m²
 ÁREA TOTAL =.....8.75m²



PLANTA BAIXA
Escala: 1/50

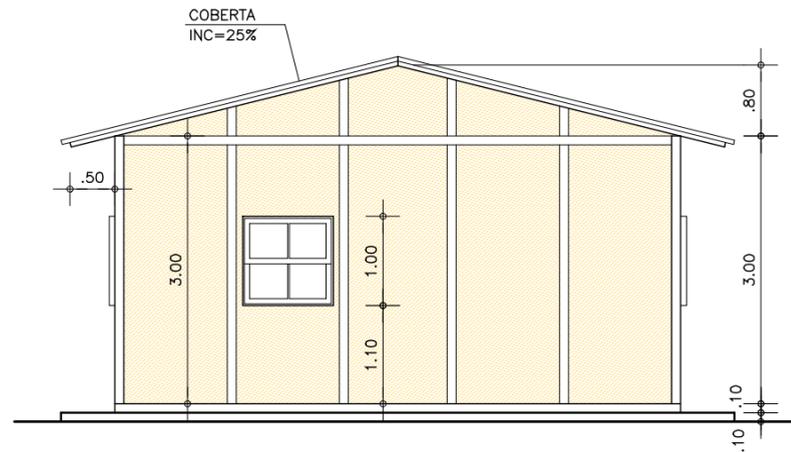
Vista - Frontal

Vista - Lateral



VISTA LATERAL
Escala: 1/50

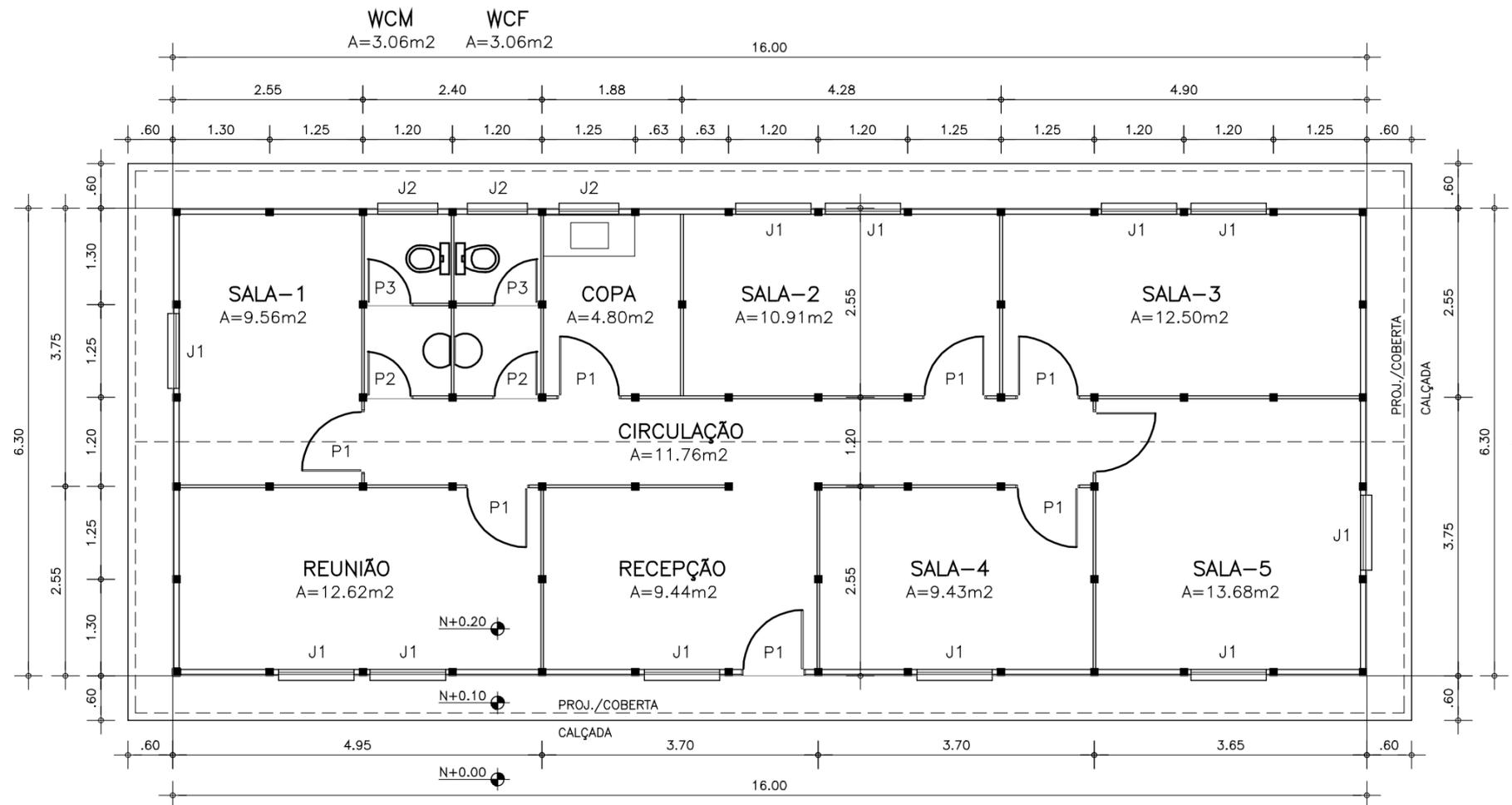
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - GUARITA				
PROJETO:				
				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
BP_01_CAN_Guarita.dwg	Indicada	BP_01-15	REV. FEV/09	



VISTA LATERAL
Escala: 1/75

OBSERVAÇÕES

- BACIA C/DESC-ACOPLADA = ...02un
- PIA/LAVARÓRIO =02un
- KIT-PEÇAS P/BANHEIRO =02un
- PORTA-P1 (0.80x2.10m) =07un
- PORTA-P2 (0.60x2.10m) =02un
- PORTA-P3 (0.60x1.80m) =02un
- JANELA-J1 (1.00x1.00m) =11un
- JANELA-J2 (0.60x0.80m) =03un
- PISO GERAL =100.80m²
- PAREDE INTERNA =145.50m²
- PAREDE EXTERNA =138.75m²
- FORRO =97.35m²
- PÉ DIREITO =3.00m
- ÁREA/CALÇADA =28.20m²
- ÁREA/COBERTA =124.10m²
- ÁREA TOTAL =100.80m²



PLANTA BAIXA
Escala: 1/75

Vista - Frontal

Vista - Lateral



VISTA FRONTAL
Escala: 1/75

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DAS CIDADES
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

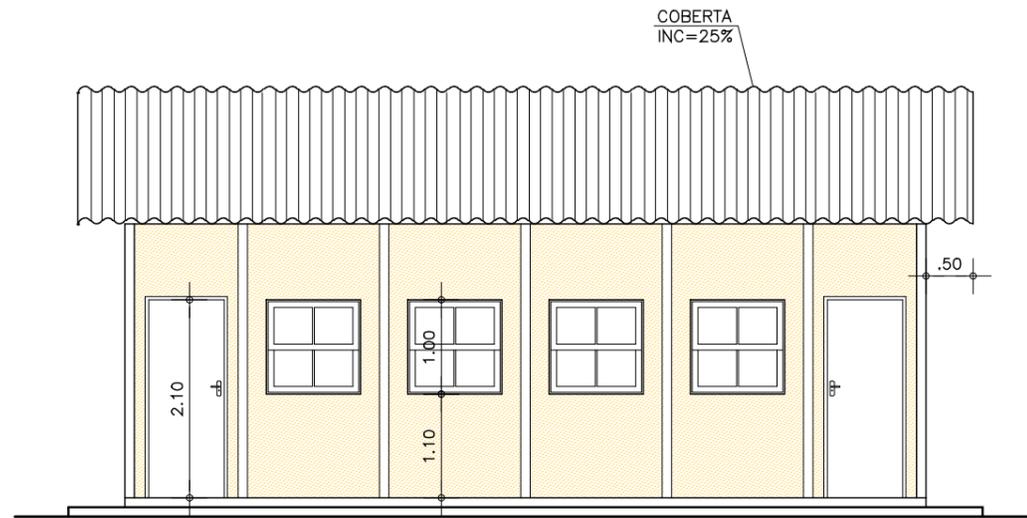
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS
SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS
CANTEIRO DE OBRAS - ESCRITÓRIO DA CONSTRUTORA

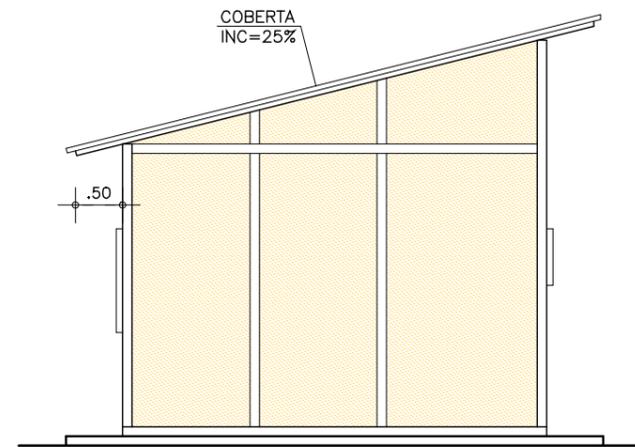
PROJETO:



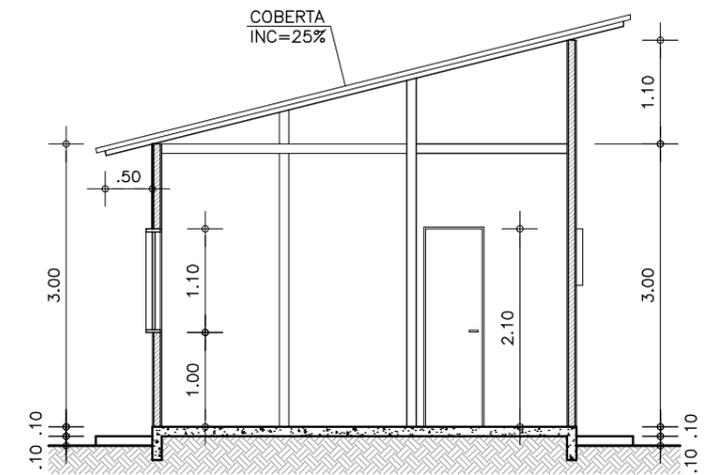
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_02_CAN_Escritório da Construtora.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_02-15	DATA: DEZ/2008
---	--------------------	----------------------	-------------------



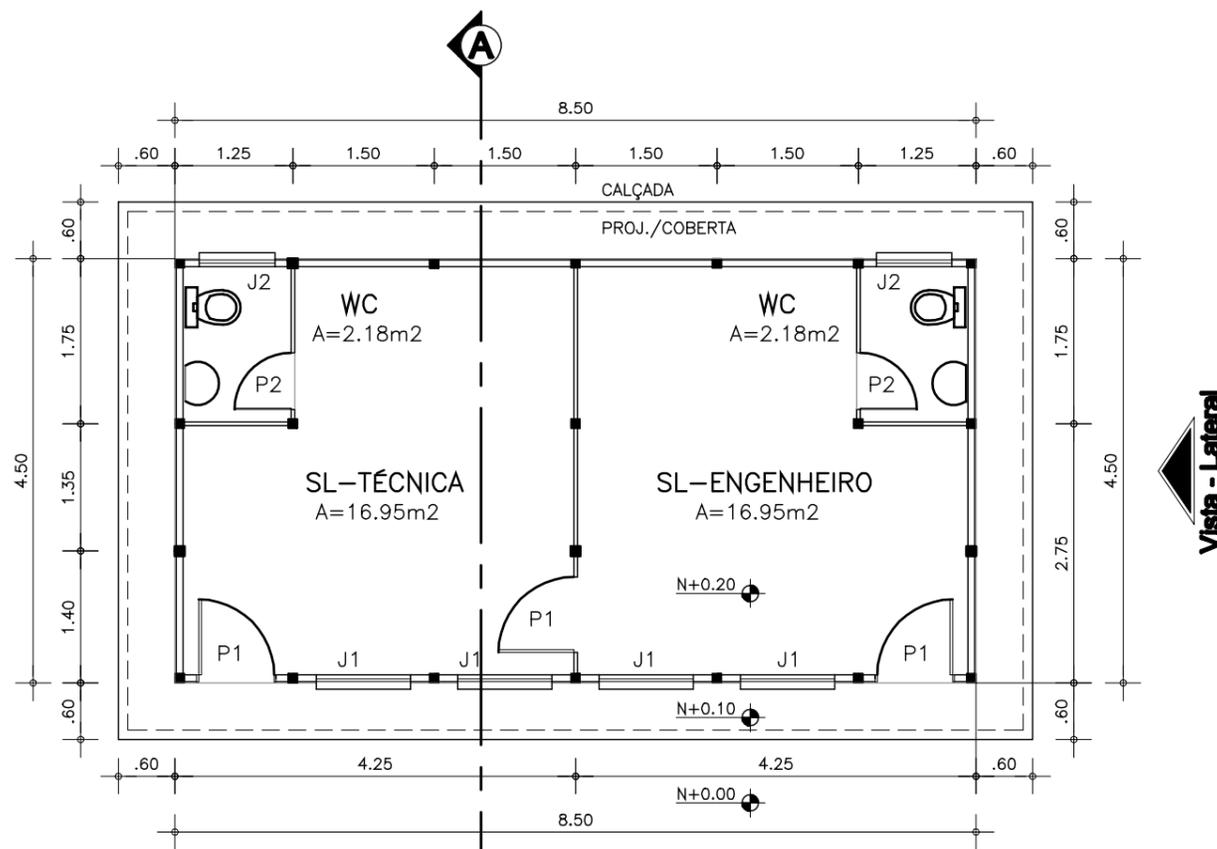
VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75



VISTA LATERAL
Escala: — 1/75



CORTE - AA
Escala: — 1/75



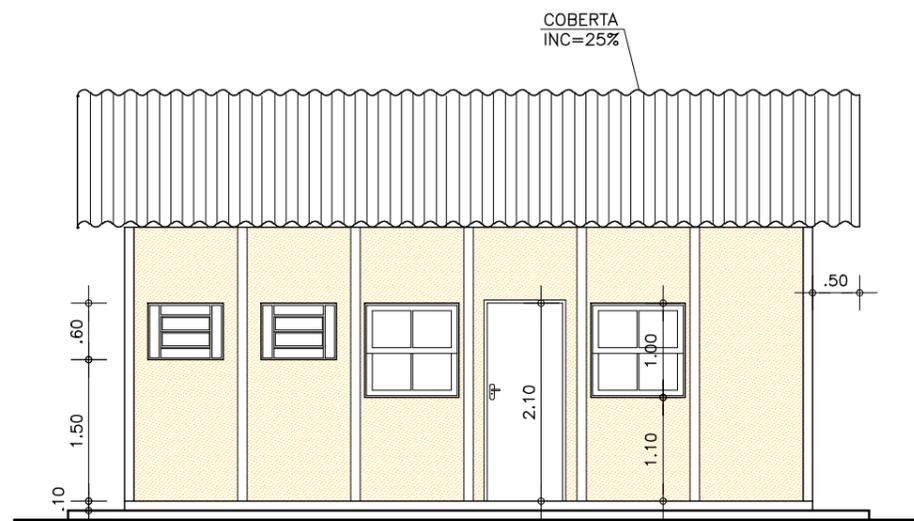
PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

Vista - Frontal

OBSERVAÇÕES

BACIA C/DESC-ACOPLADA = ...02un	PAREDE INTERNA =.....33.15m2
PIA/LAVARÓRIO =.....02un	PAREDE EXTERNA =.....83.05m2
KIT-PEÇAS P/BANHEIRO =.....02un	FORRO =.....36.00m2
PORTA-P1 (0.80x2.10m) =.....03un	PÉ DIREITO =.....3.00m
PORTA-P2 (0.60x2.10m) =.....02un	ÁREA/CALÇADA =.....17.05m2
JANELA-J1 (1.00x1.00m) =.....04un	ÁREA/COBERTA =.....52.25m2
JANELA-J2 (0.60x0.80m) =.....02un	ÁREA TOTAL =.....38.25m2
PISO GERAL =.....38.25m2	

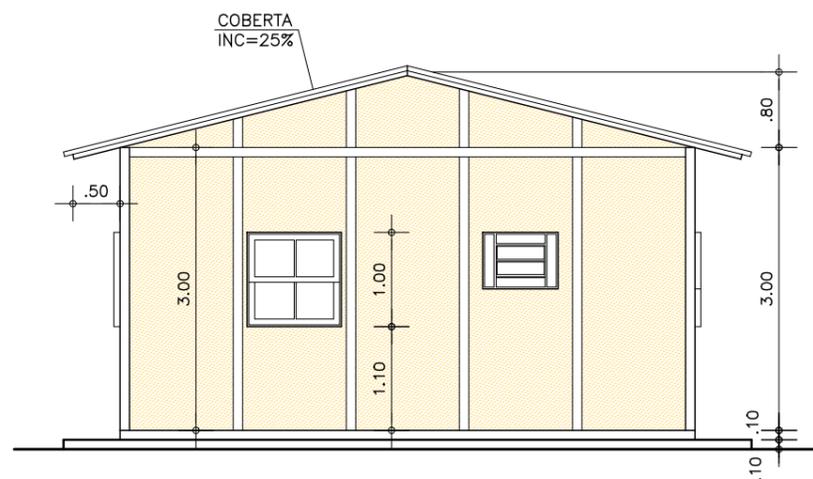
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - ESCRITÓRIO DA FISCALIZAÇÃO				
PROJETO:				
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_03_CAN_Escritório da Fiscalização.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_03-15	DATA: REV. FEV/09	



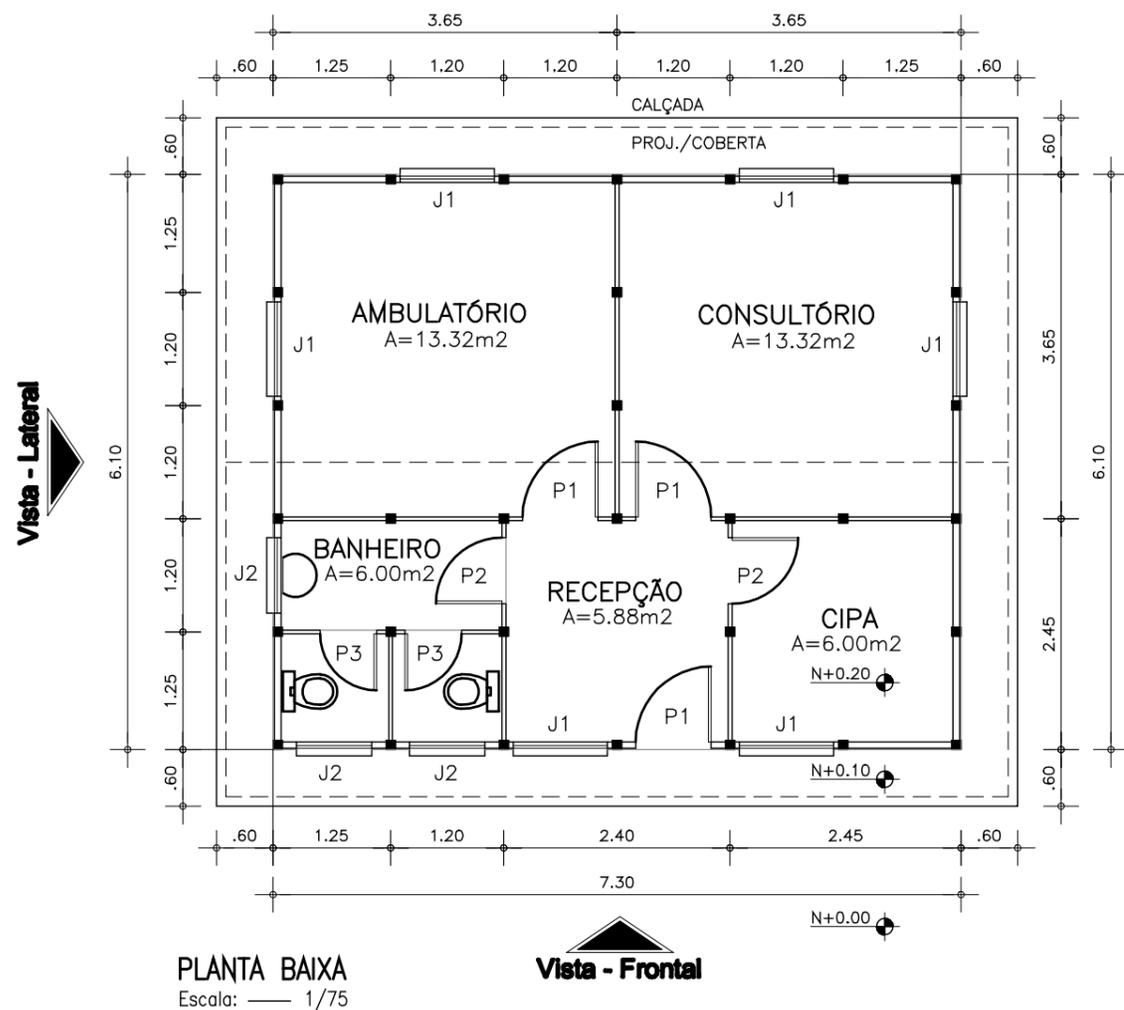
VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75

OBSERVAÇÕES

BACIA C/DESC-ACOPLADA = ...02un	PISO GERAL =.....44.53m ²
PIA/LAVARÓRIO =.....01un	PAREDE INTERNA =.....57.60m ²
KIT-PEÇAS P/BANHEIRO =.....02un	PAREDE EXTERNA =.....85.05m ²
PORTA-P1 (0.80x2.10m) =.....03un	FORRO =.....25.30m ²
PORTA-P2 (0.70x2.10m) =.....02un	PÉ DIREITO =.....3.00m
PORTA-P3 (0.60x1.80m) =.....02un	ÁREA/CALÇADA =.....17.52m ²
JANELA-J1 (1.00x1.00m) =.....06un	ÁREA/COBERTA =.....58.93m ²
JANELA-J2 (0.60x0.80m) =.....03un	ÁREA TOTAL =.....44.53m ²

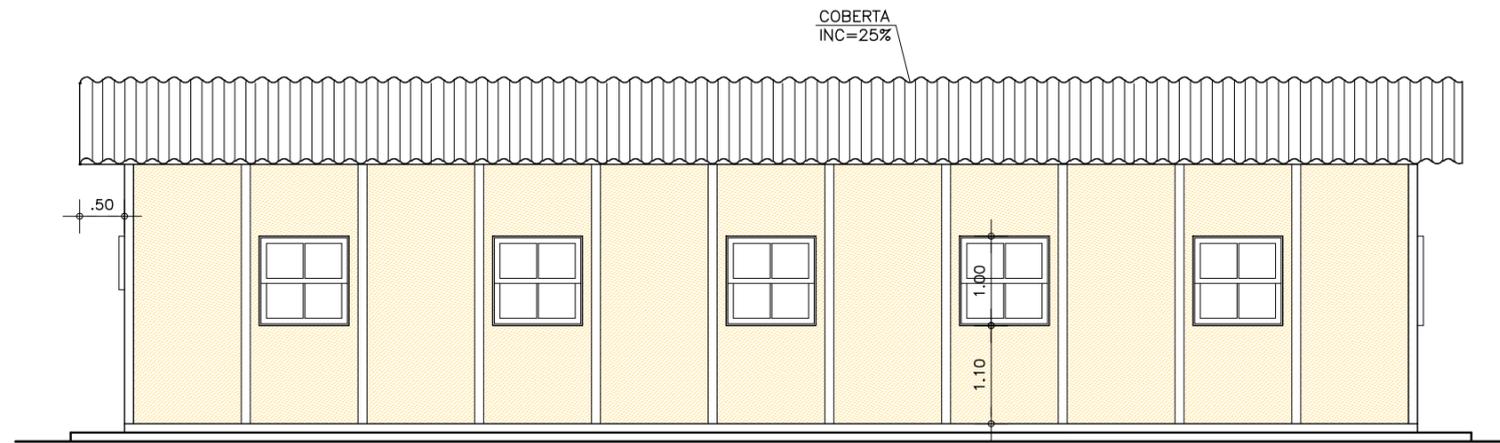


VISTA LATERAL
Escala: — 1/75

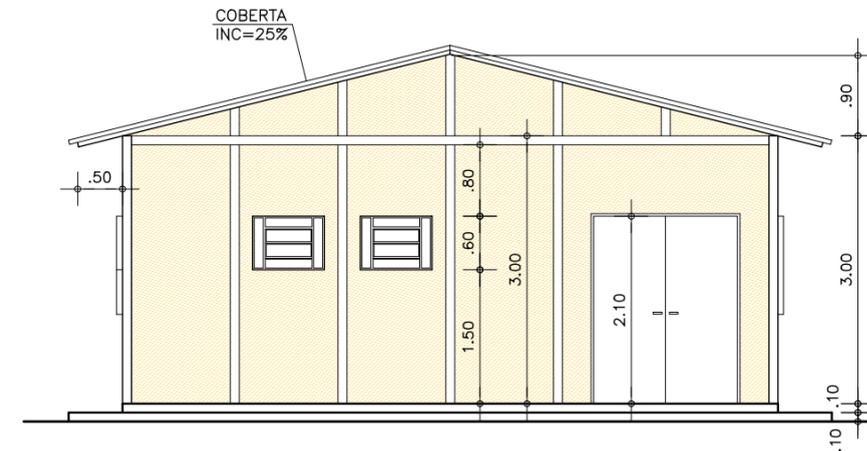


PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

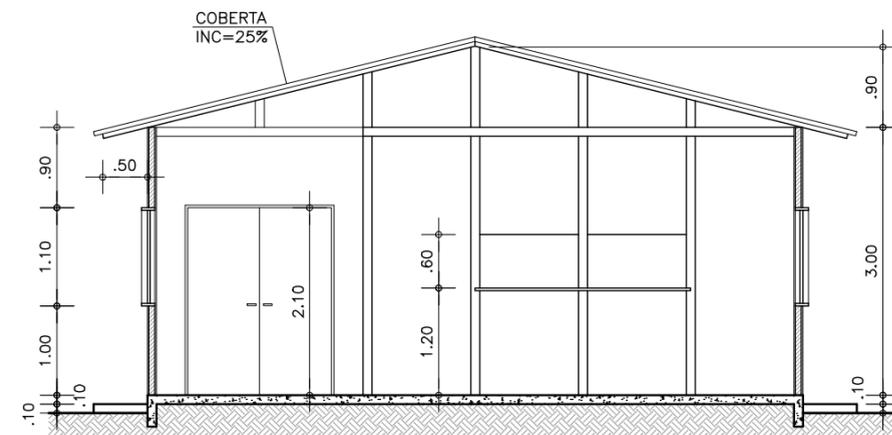
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - CIPA / AMBULATÓRIO				
PROJETO: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  Engesoft - Engenharia e Consultoria S/S </div>				
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_04_CAN_Cipa - Ambulatório.dwg		ESCALA Indicada	DESENHO: BP_04-15	DATA: REV. FEV/09



VISTA FRONTAL
Escala: 1/75



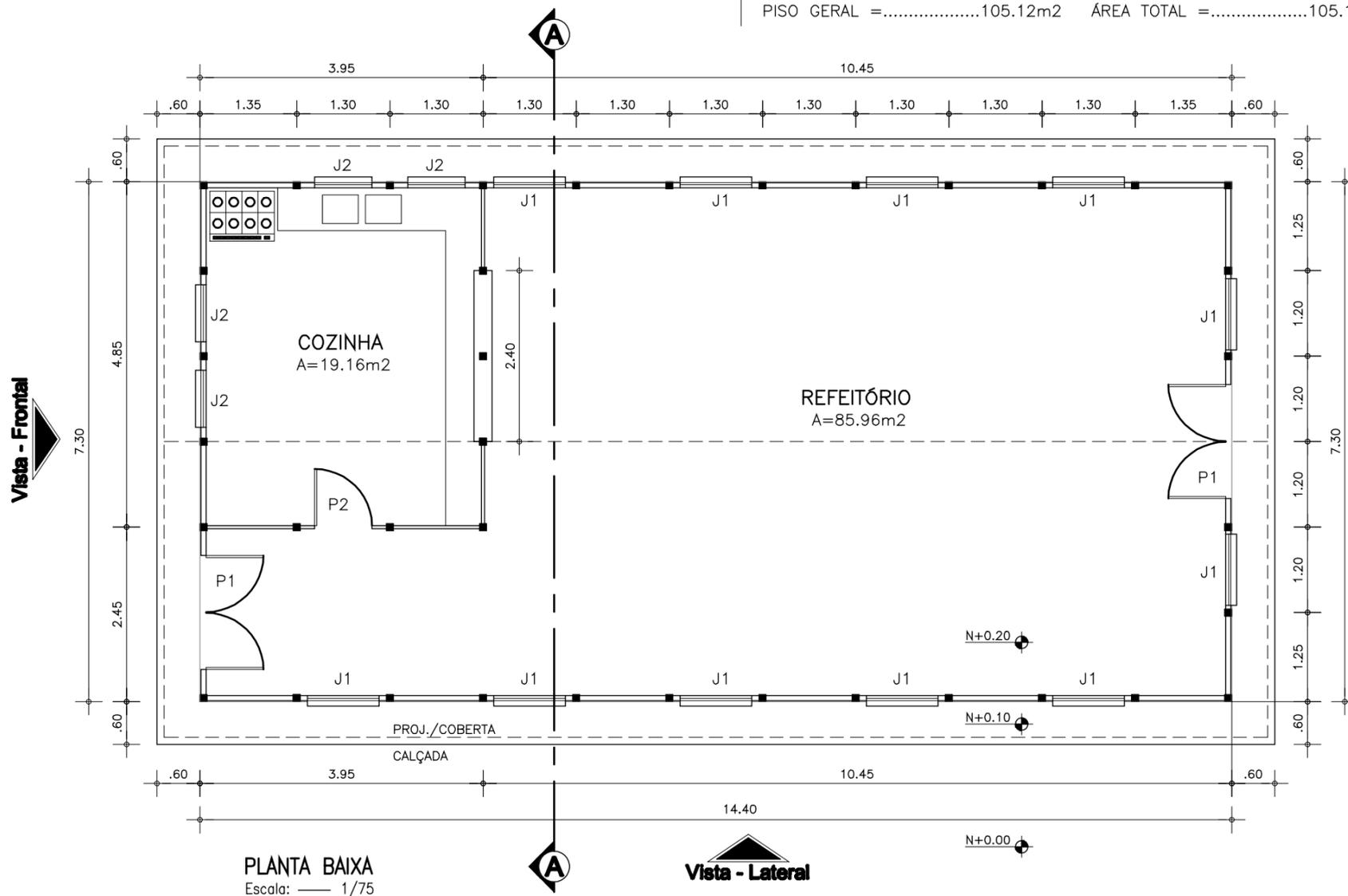
VISTA LATERAL
Escala: 1/75



CORTE - AA
Escala: 1/75

OBSERVAÇÕES

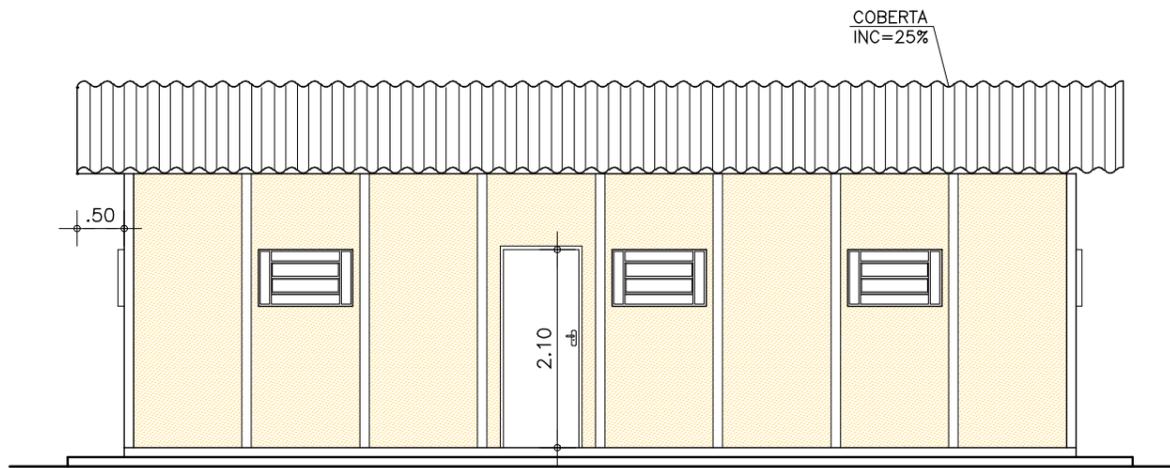
PIA-COZINHA/KIT-PEÇAS =02un PAREDE INTERNA =26.10m2
 PORTA-P1 (1.60x2.10m) =02un PAREDE EXTERNA =136.85m2
 PORTA-P2 (0.80x2.10m) =01un PÉ DIREITO =3.00m
 JANELA-J1 (1.00x1.00m) =11un ÁREA/CALÇADA =27.48m2
 JANELA-J2 (0.60x0.80m) =04un ÁREA/COBERTA =127.82m2
 PISO GERAL =105.12m2 ÁREA TOTAL =105.12m2



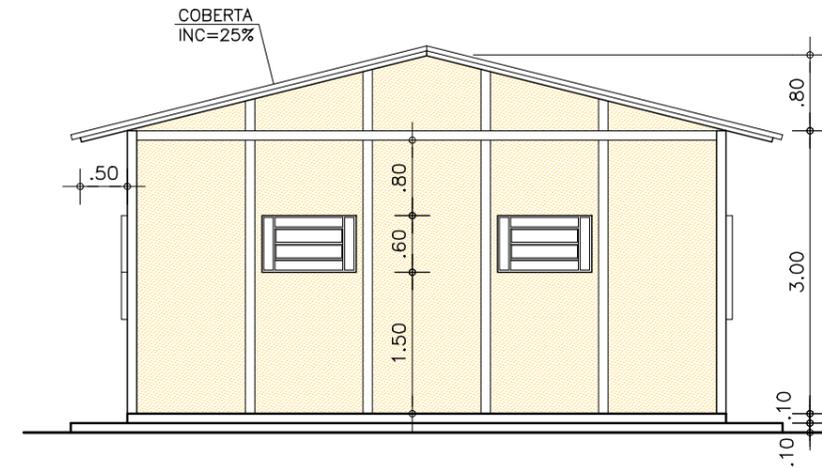
PLANTA BAIXA
Escala: 1/75

Vista - Lateral

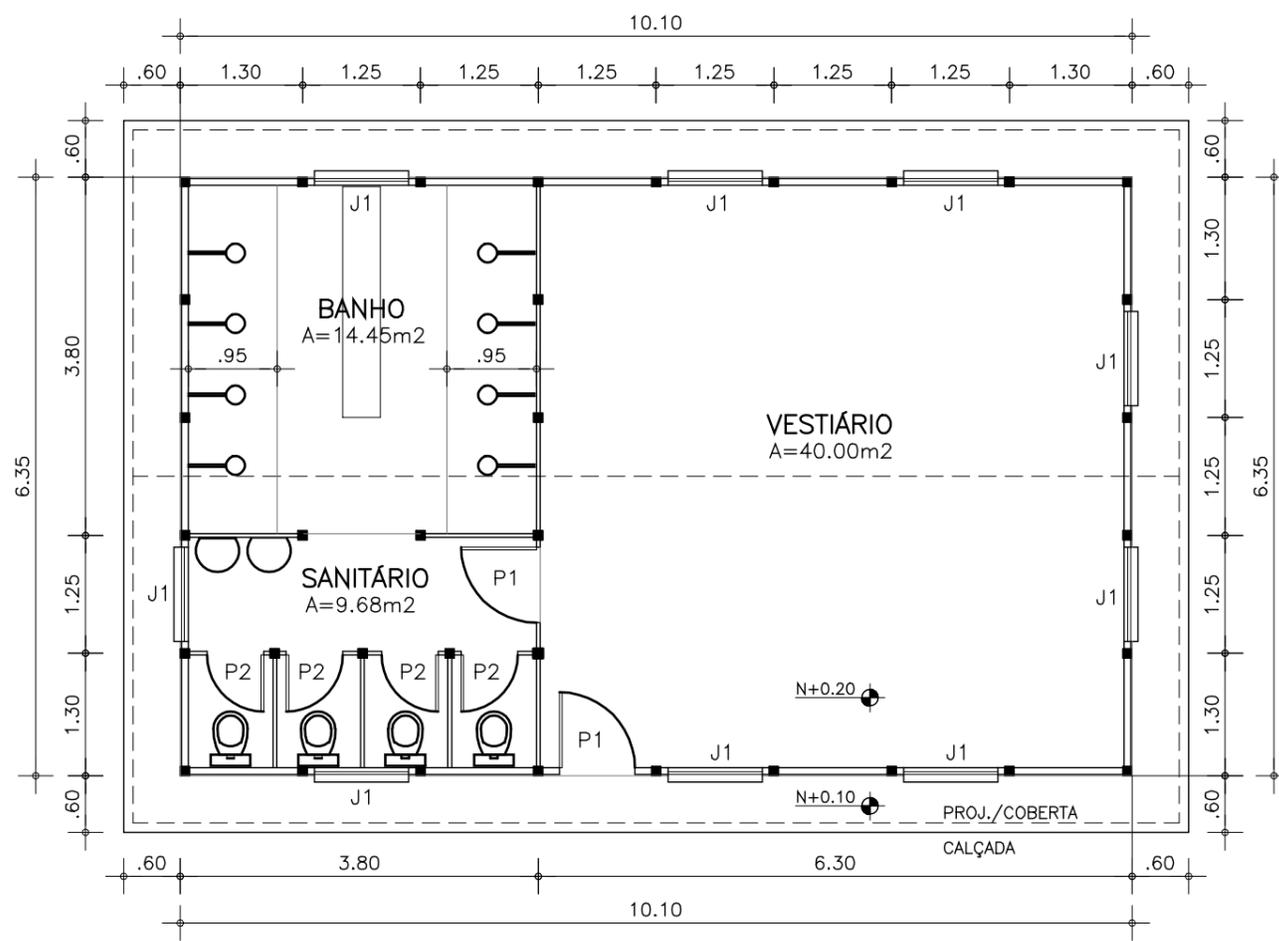
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - REFEITÓRIO				
PROJETO: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  EngeSoft - Engenharia e Consultoria S/S </div>				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
BP_05_CAN_Refeitório.dwg	Indicada	BP_05-15	REV. FEV/09	



VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75



VISTA LATERAL
Escala: — 1/75



PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

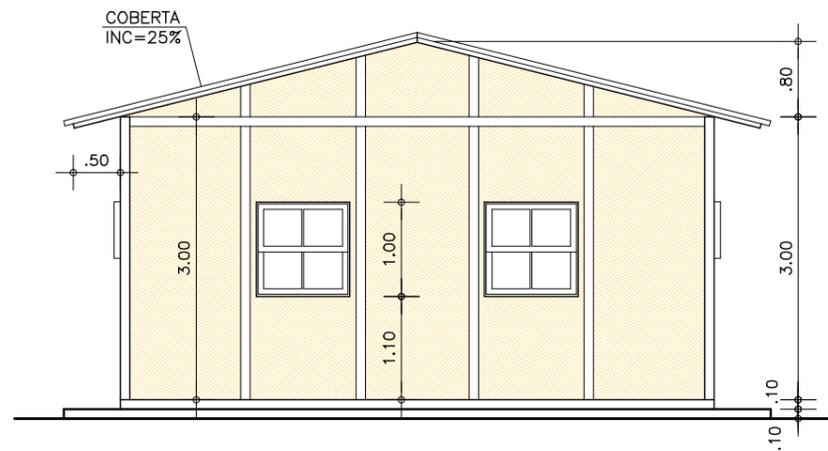
Vista - Frontal

Vista - Lateral

OBSERVAÇÕES

BACIA C/DESC-ACOPLADA = ...04un	PISO GERAL =.....64.13m2
PIA/LAVARÓRIO =.....02un	PAREDE INTERNA =.....41.40m2
KIT-PEÇAS P/BANHEIRO =.....04un	PAREDE EXTERNA =.....103.75m2
PORTA-P1 (1.60x2.10m) =.....02un	PÉ DIREITO =.....3.00m
PORTA-P2 (0.60x1.80m) =.....04un	ÁREA/CALÇADA =.....21.18m2
JANELA-J1 (1.00x0.60m) =.....09un	ÁREA/COBERTA =.....81.58m2
	ÁREA TOTAL =.....64.13m2

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - VESTIÁRIO				
PROJETO:				
				
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_06_CAN_Vestiário.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_06-15	DATA: REV. FEV/09	

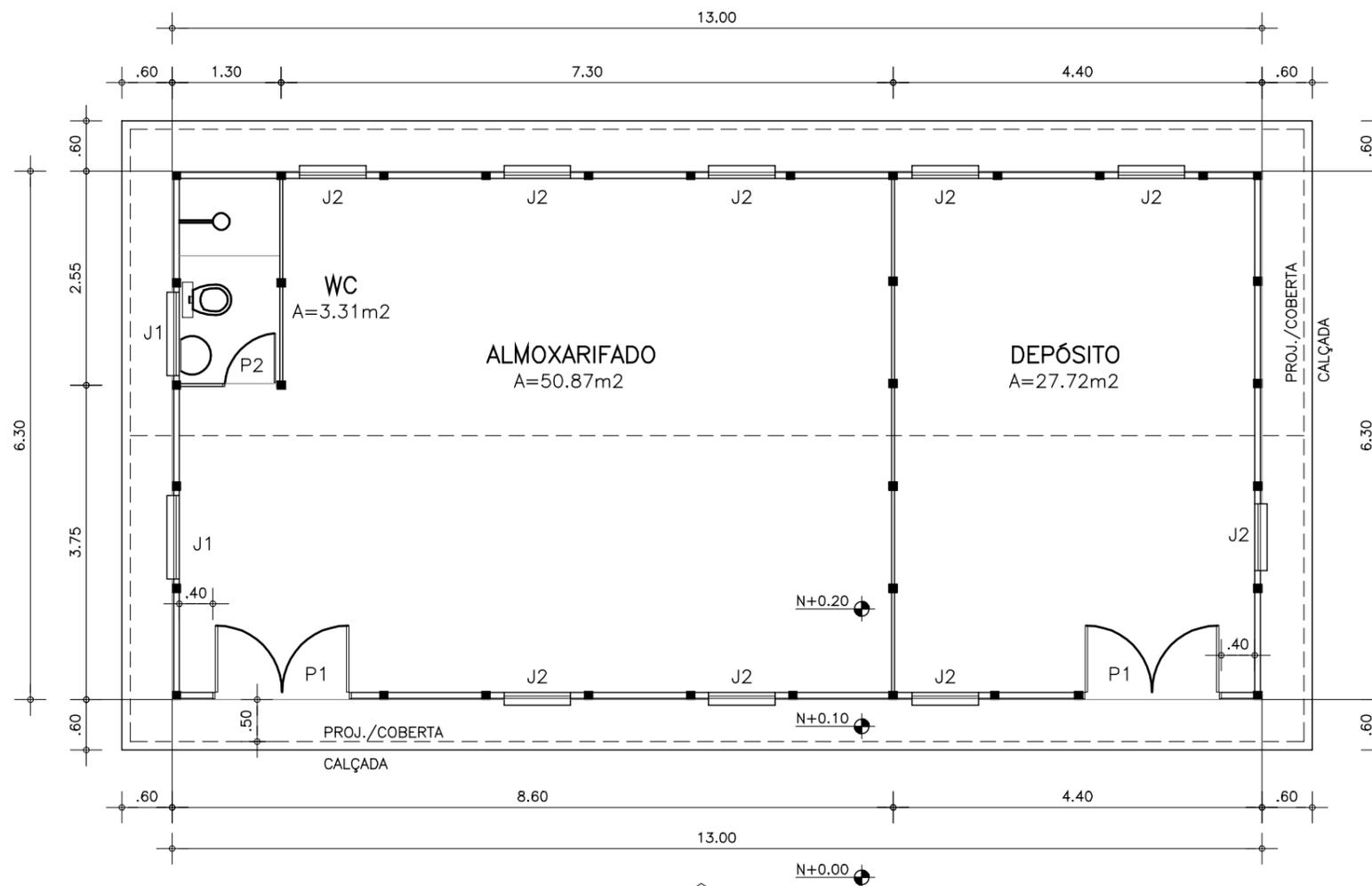


VISTA LATERAL
Escala: — 1/75

OBSERVAÇÕES

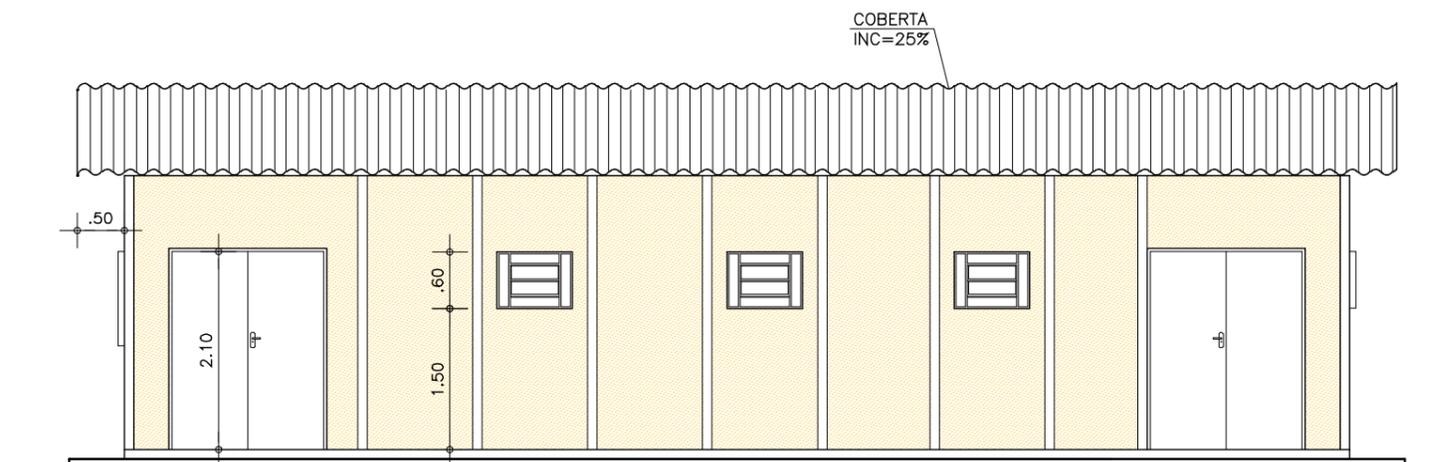
- BACIA C/DESC-ACOPLADA = ...01un
- PIA/LAVARÓRIO =01un
- KIT-PEÇAS P/BANHEIRO =01un
- PORTA-P1 (1.60x2.10m) =02un
- PORTA-P2 (0.60x2.10m) =01un
- JANELA-J1 (1.00x1.00m) =02un
- JANELA-J2 (0.60x0.80m) =09un
- PISO GERAL =81.90m²
- PAREDE INTERNA =52.75m²
- PAREDE EXTERNA =120.75m²
- PÉ DIREITO =3.00m
- ÁREA/CALÇADA =24.60m²
- ÁREA/COBERTA =102.20m²
- ÁREA TOTAL =81.90m²

Vista - Lateral



PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

Vista - Frontal



VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DAS CIDADES
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

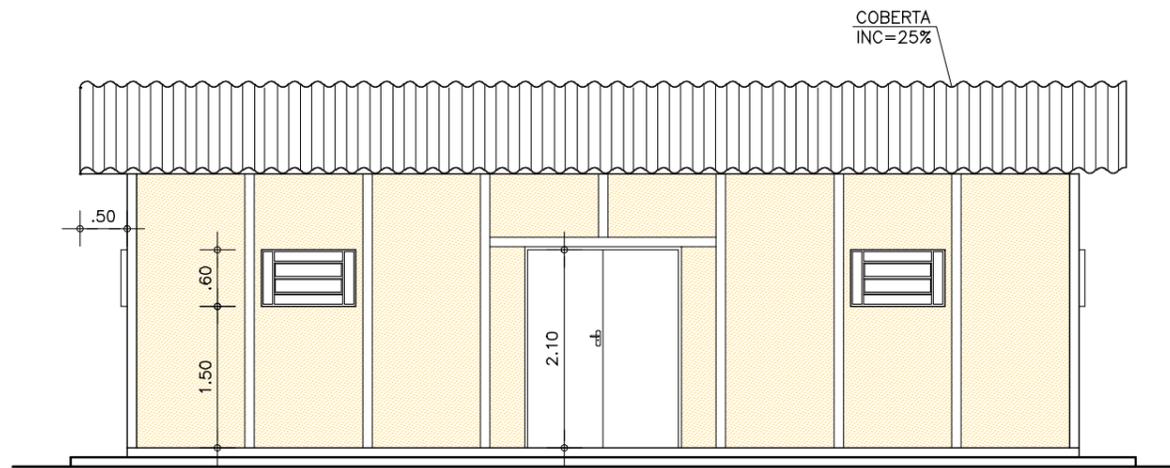
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS
SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS
CANTEIRO DE OBRAS - ALMOXARIFADO

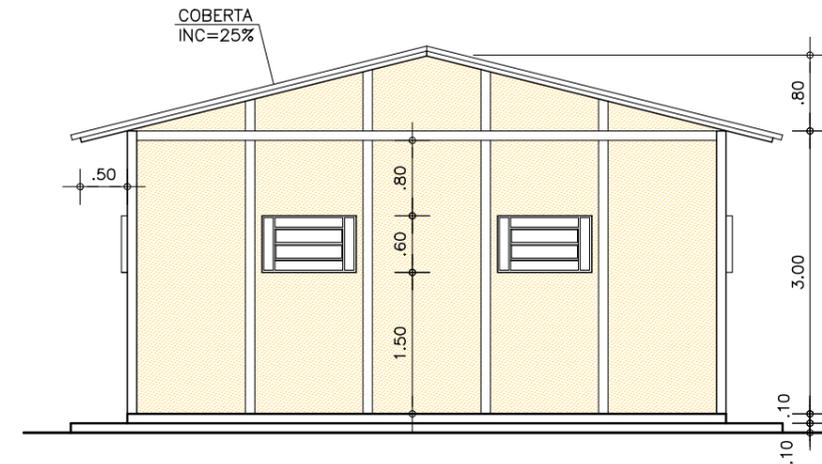
PROJETO:



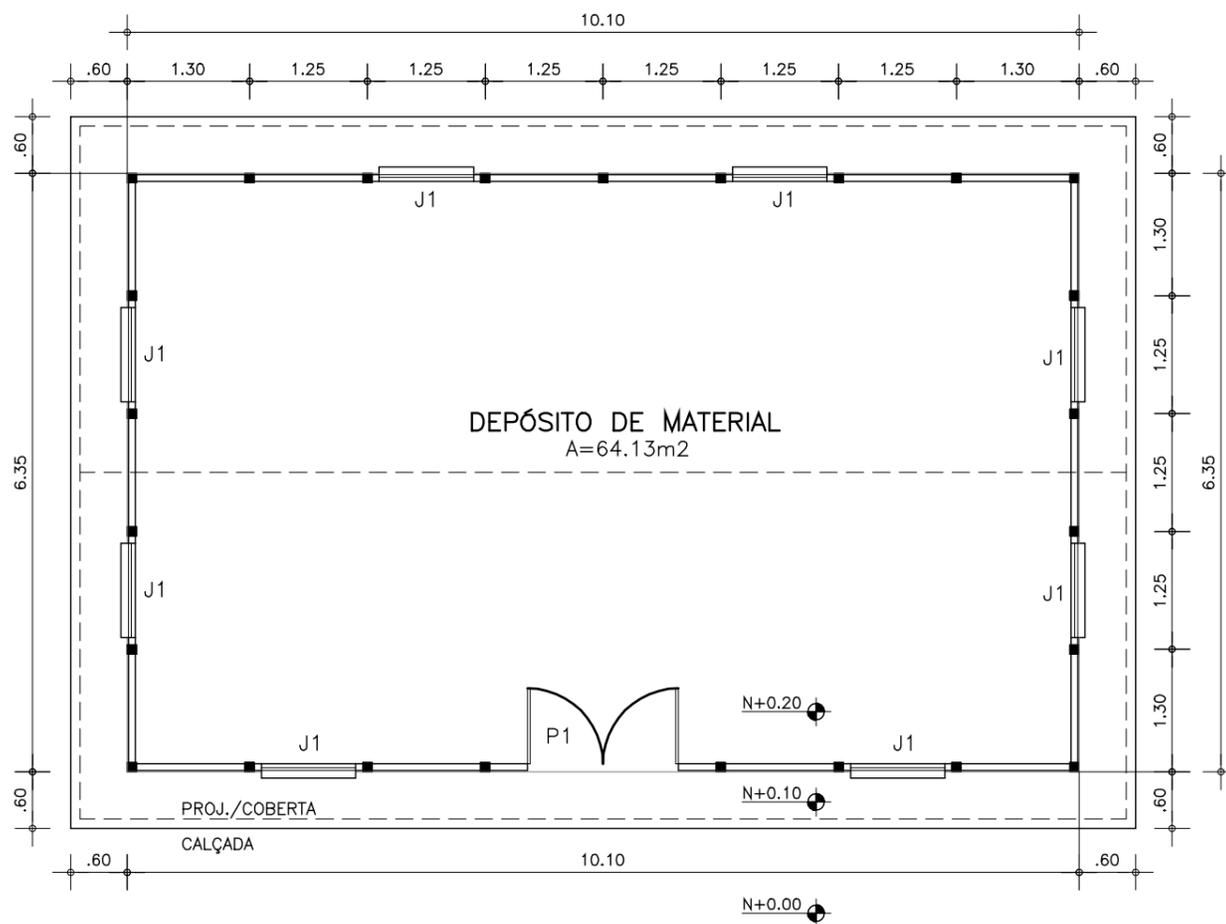
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_07_CAN_Almojarifado.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_07-15	DATA: REV. FEV/09
---	--------------------	----------------------	----------------------



VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75



VISTA LATERAL
Escala: — 1/75



PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

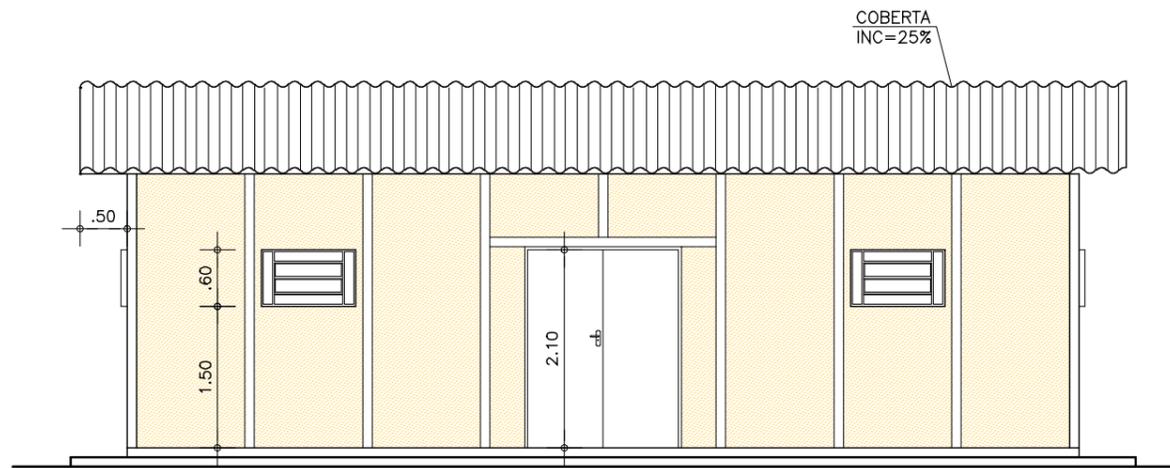
Vista - Frontal

Vista - Lateral

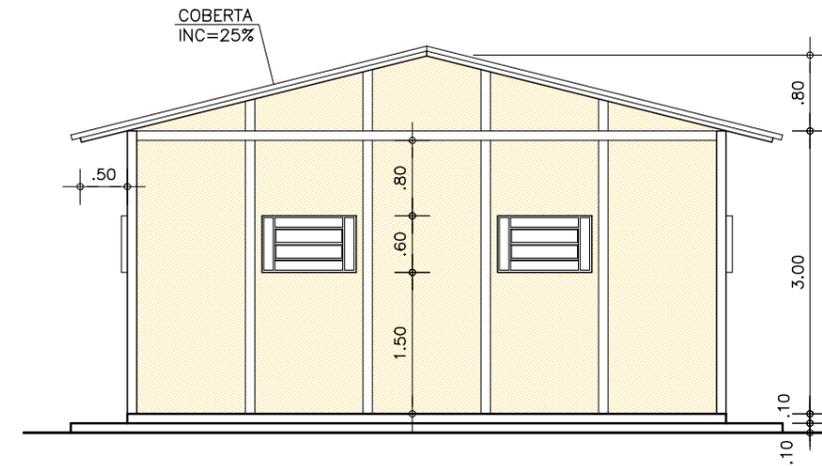
OBSERVAÇÕES

PORTA—P1 (1.60x2.10m) =.....01un
 JANELA—J1 (1.00x0.60m) =.....08un
 PISO GERAL =.....64.13m²
 PAREDE EXTERNA =.....103.75m²
 PÉ DIREITO =.....3.00m
 ÁREA/CALÇADA =.....21.18m²
 ÁREA/COBERTA =.....81.58m²
 ÁREA TOTAL =.....64.13m²

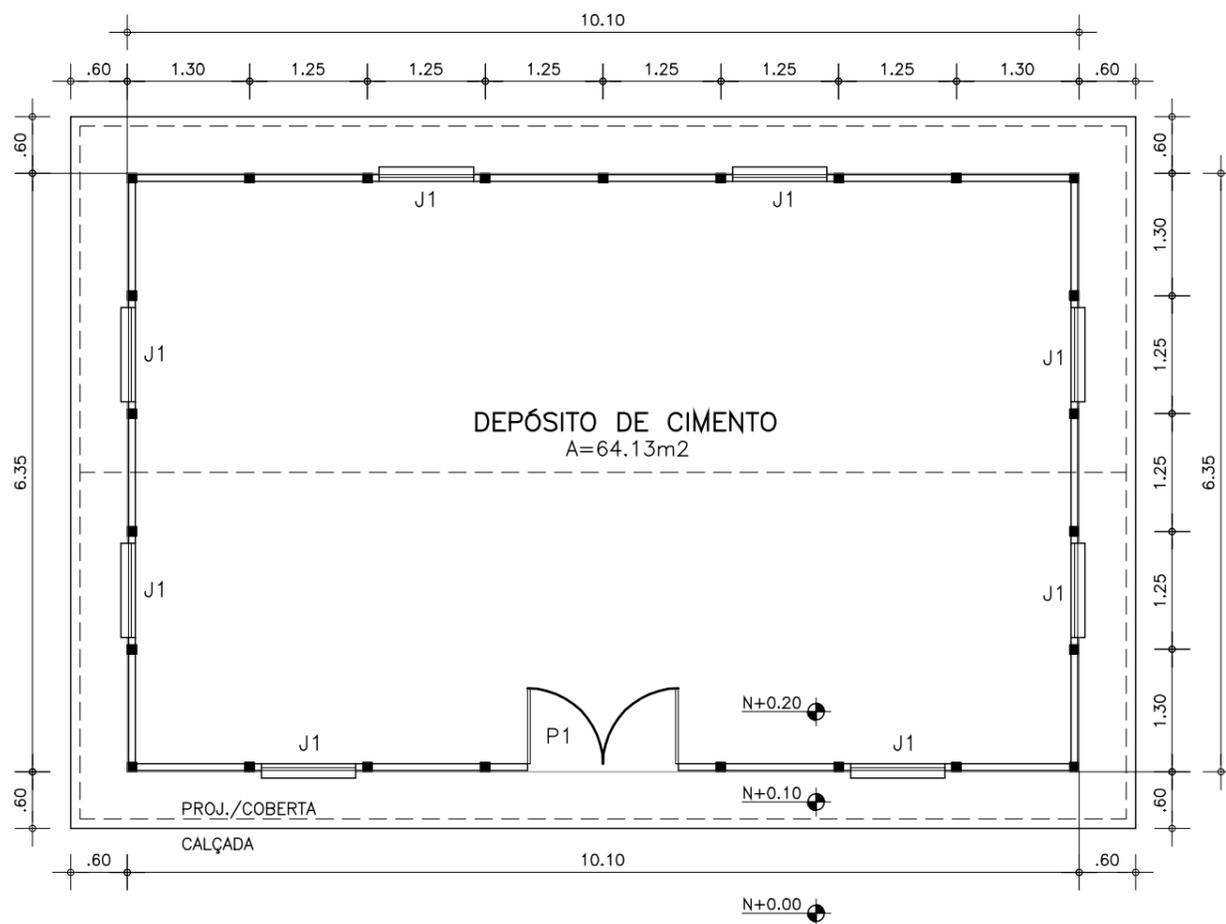
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - DEPÓSITO DE MATERIAL				
PROJETO:				
				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
BP_08_CAN_Dep—Materia.dwg	Indicada	BP_08—15	REV. FEV/09	



VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75



VISTA LATERAL
Escala: — 1/75



PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

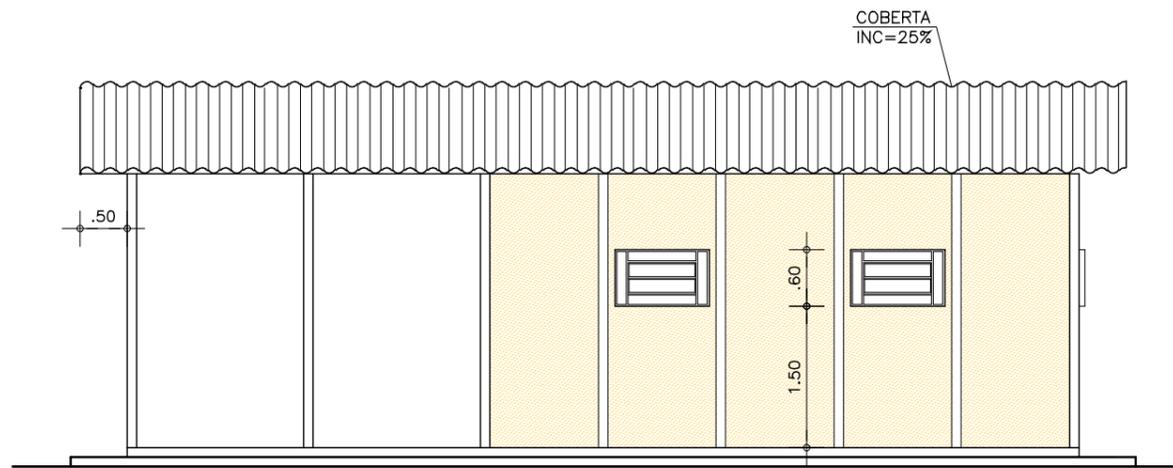
Vista - Frontal

Vista - Lateral

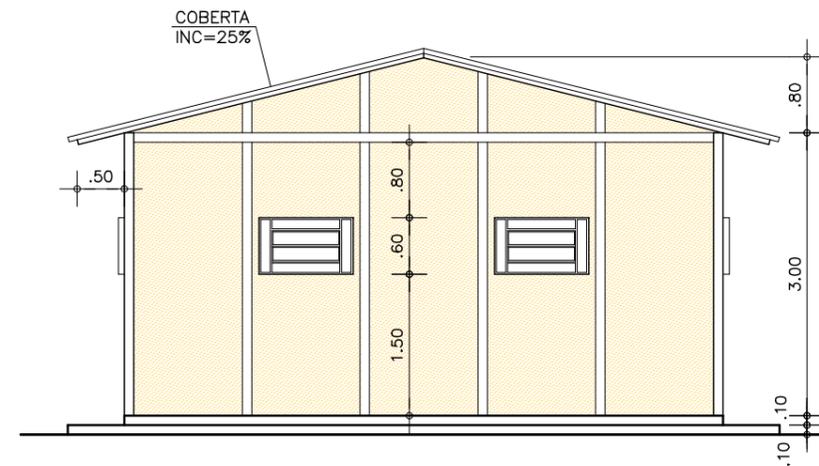
OBSERVAÇÕES

PORTA—P1 (1.60x2.10m) =.....01un
 JANELA—J1 (1.00x0.60m) =.....08un
 PISO GERAL =.....64.13m²
 PAREDE EXTERNA =.....103.75m²
 PÉ DIREITO =.....3.00m
 ÁREA/CALÇADA =.....21.18m²
 ÁREA/COBERTA =.....81.58m²
 ÁREA TOTAL =.....64.13m²

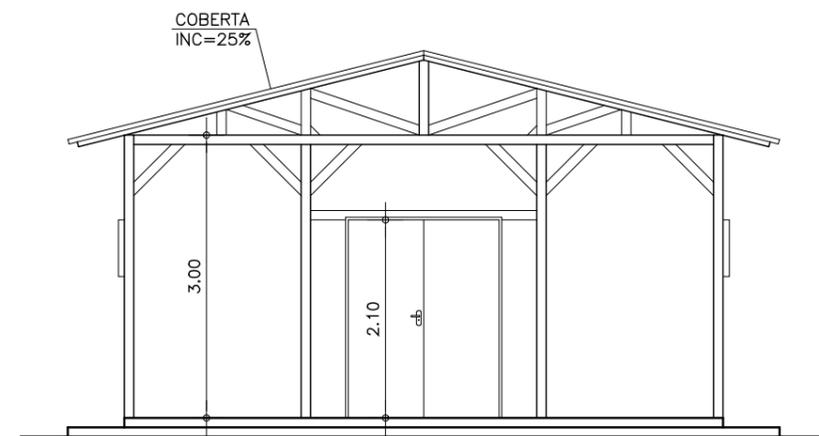
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - DEPÓSITO DE CIMENTO				
PROJETO: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  Engesoft - Engenharia e Consultoria S/S </div>				
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_09_CAN_Dep-Cimento.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_09-15	DATA: REV. FEV/09	



VISTA LATERAL
Escala: — 1/75



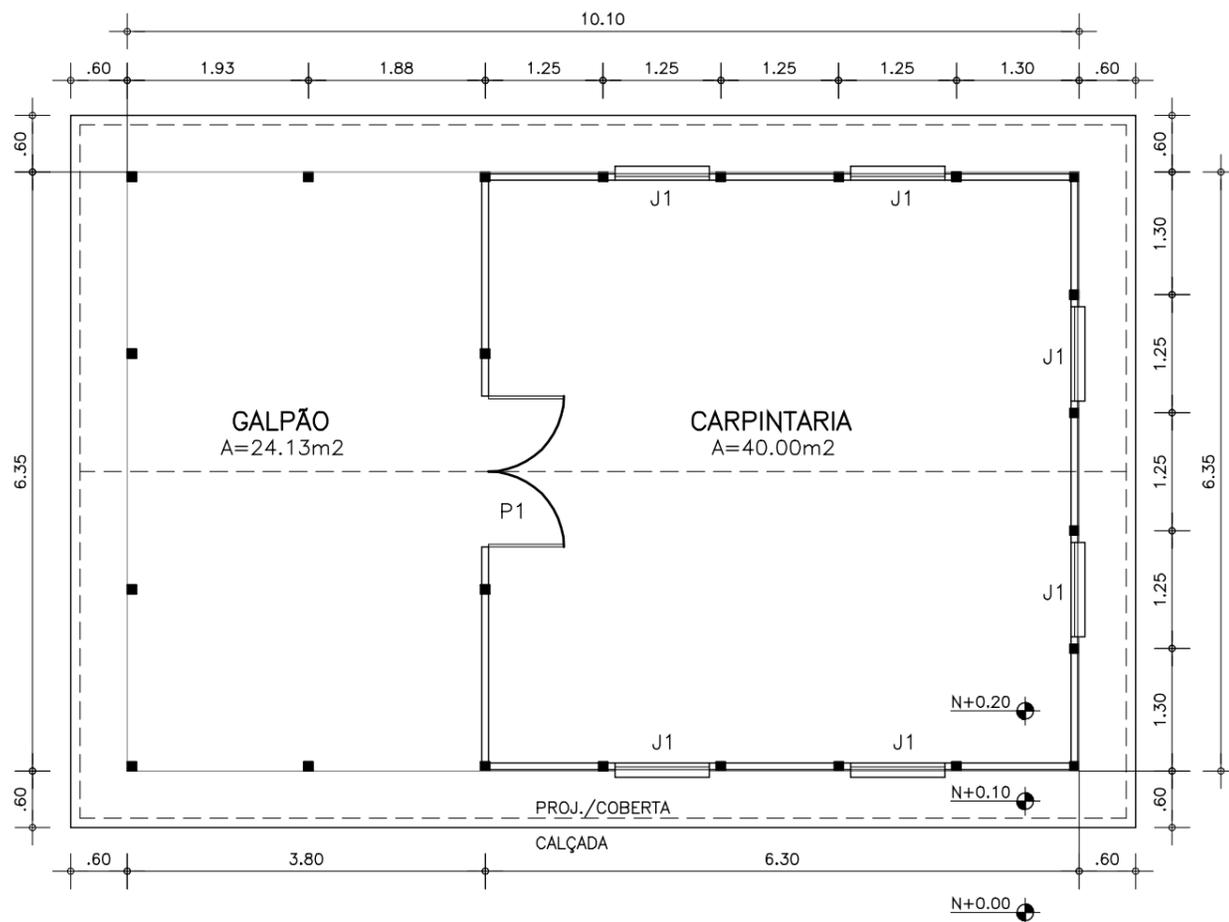
VISTA FUNDO
Escala: — 1/75



VISTA FRONTAL
Escala: — 1/75

OBSERVAÇÕES

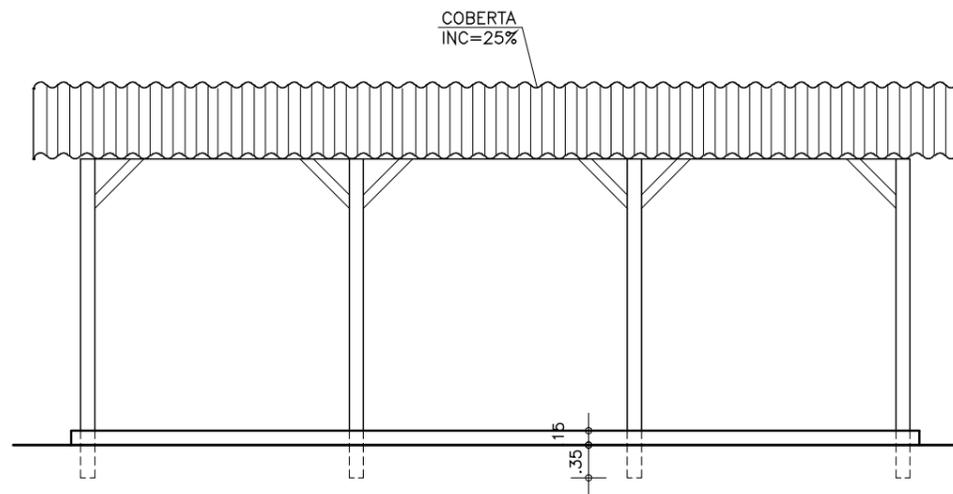
PORTA-P1 (1.60x2.10m) =.....01un
 JANELA-J1 (1.00x0.60m) =.....06un
 PISO GERAL =.....64.13m²
 PAREDE EXTERNA =.....81.25m²
 PÉ DIREITO =.....3.00m
 ÁREA/CALÇADA =.....21.18m²
 ÁREA/COBERTA =.....81.58m²
 ÁREA TOTAL =.....64.13m²



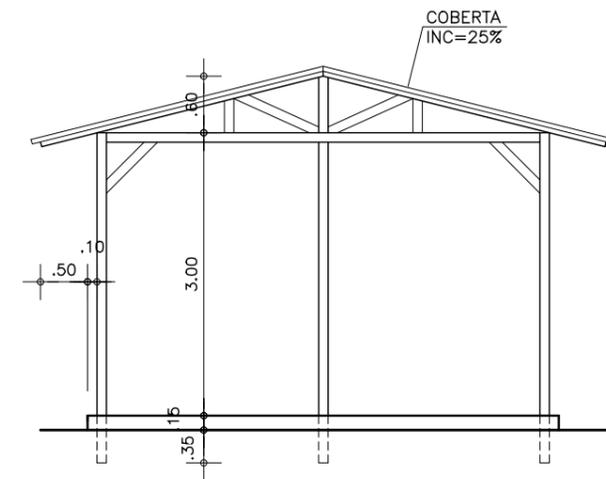
PLANTA BAIXA
Escala: — 1/75

Vista - Lateral

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - GALPÃO - CARPINTARIA				
PROJETO:				
 EngeSoft - Engenharia e Consultoria S/S		ESCALA	DESENHO:	DATA:
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_10_CAN_Galpão- Carpintaria.dwg		Indicada	BM_10-15P	REV. FEV/09



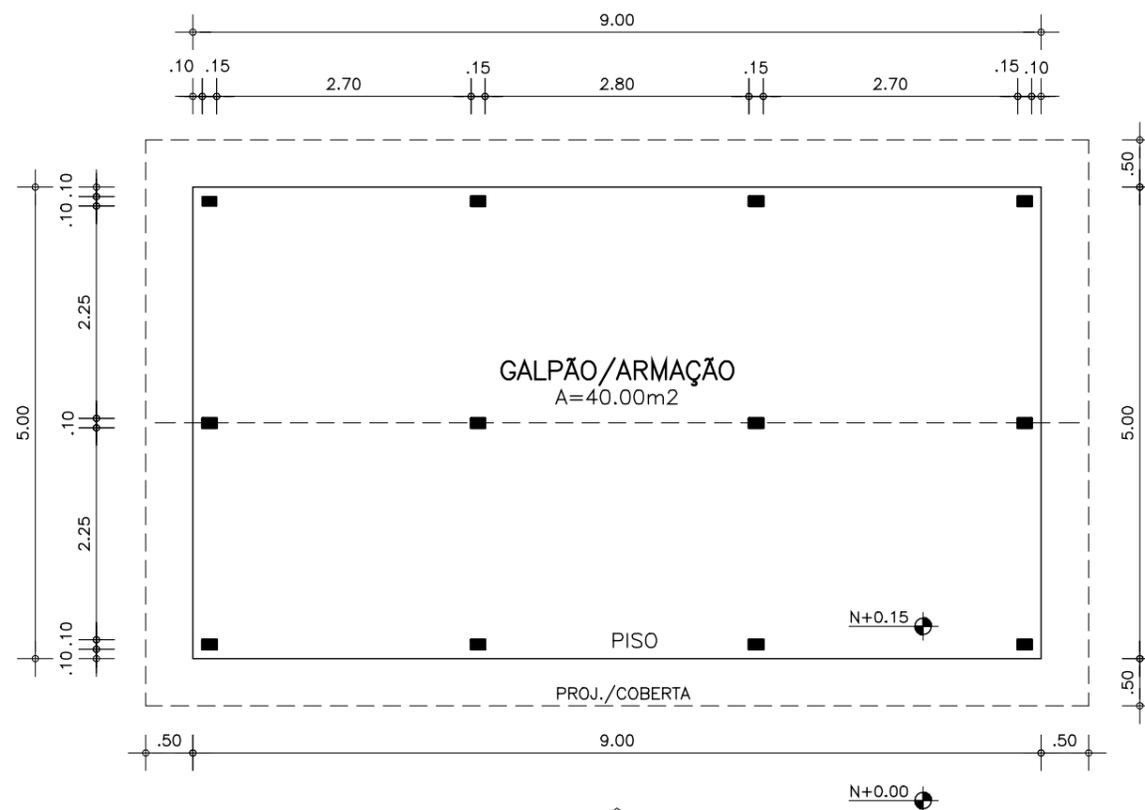
VISTA LATERAL
Escala: 1/75



VISTA FRONTAL
Escala: 1/75

OBSERVAÇÕES

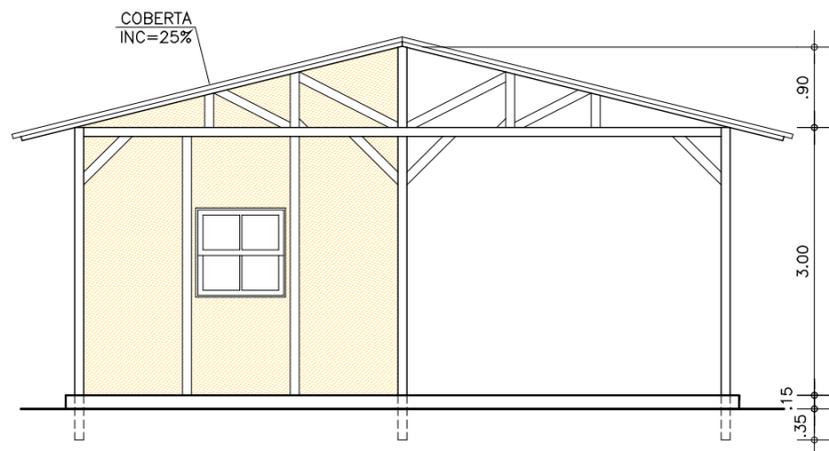
PISO GERAL =.....45.00m²
 PILARES- 15x10cm =.....42.00m
 LINHA- 10x5cm =.....40.00m
 PÉ DIREITO =.....3.00m
 ÁREA/COBERTA =.....60.00m²
 ÁREA TOTAL =.....45.00m²



PLANTA BAIXA
Escala: 1/75



REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - GALPÃO - ARMAÇÃO				
PROJETO: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  - Engenharia e Consultoria S/S </div>				
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_11_CAN_Galpão- Armação.dwg		ESCALA Indicada	DESENHO: BP_11-15	DATA: REV. FEV/09

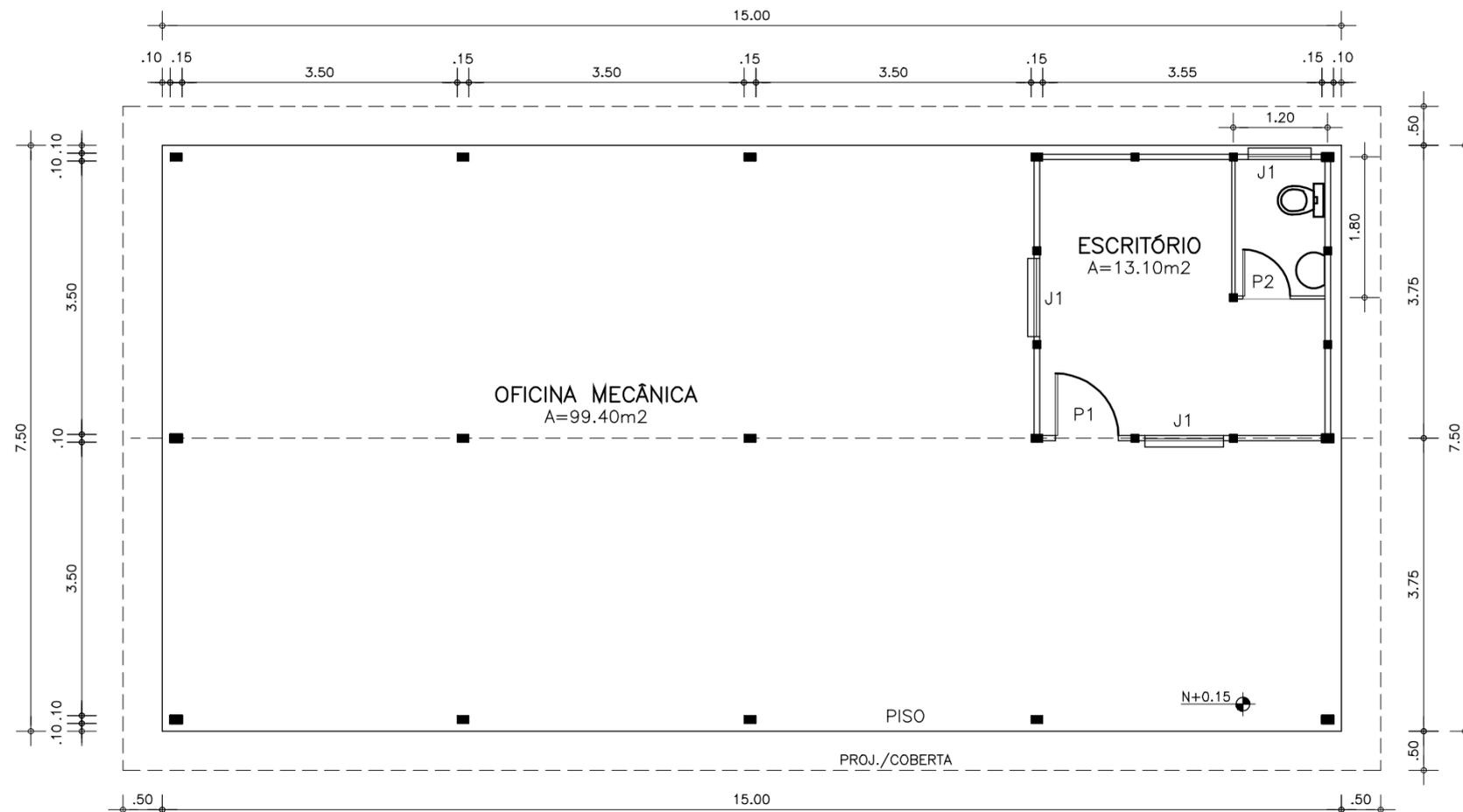


VISTA LATERAL
Escala: 1/75

OBSERVAÇÕES

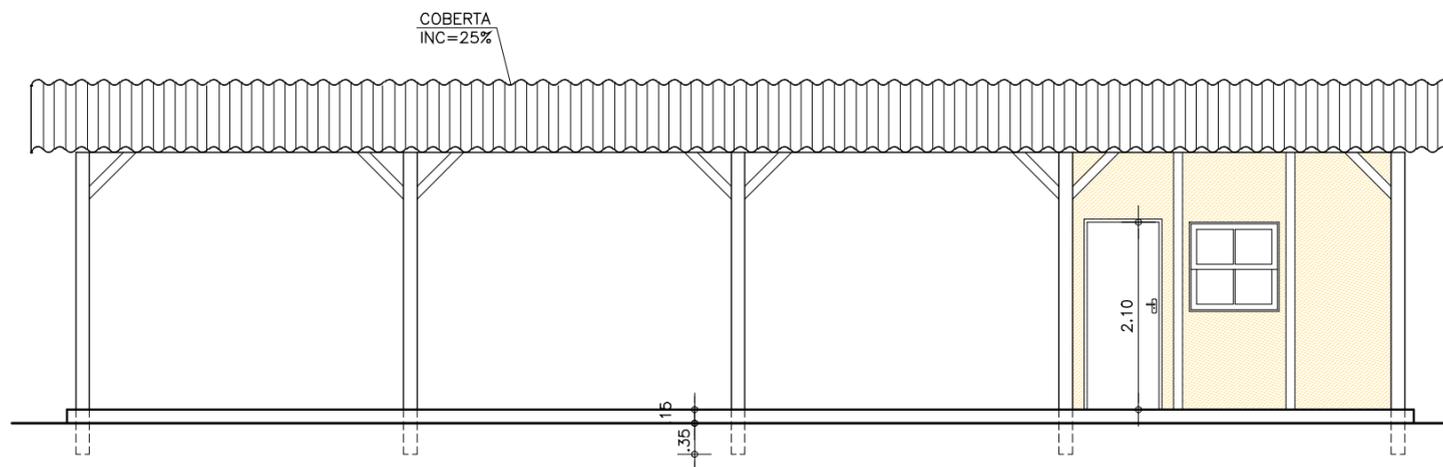
BACIA C/DESC-ACOPLADA = ...01un	LINHA-10x5cm =.....90.00m
PIA/LAVARÓRIO =.....01un	PISO GERAL =.....112.50m ²
KIT-PEÇAS P/BANHEIRO =.....01un	PAREDE INTERNA =.....8.70m ²
PORTA-P1 (0.80x2.10m) =.....01un	PAREDE EXTERNA =.....52.15m ²
PORTA-P2 (0.60x2.10m) =.....01un	PÉ DIREITO =.....3.00m
JANELA-J1 (1.00x1.00m) =.....02un	ÁREA/COBERTA =.....136.00m ²
PILARES-15x10cm =.....52.50m	ÁREA TOTAL =.....112.50m ²

Vista - Lateral



PLANTA BAIXA
Escala: 1/75

Vista - Frontal



VISTA FRONTAL
Escala: 1/75

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DAS CIDADES
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

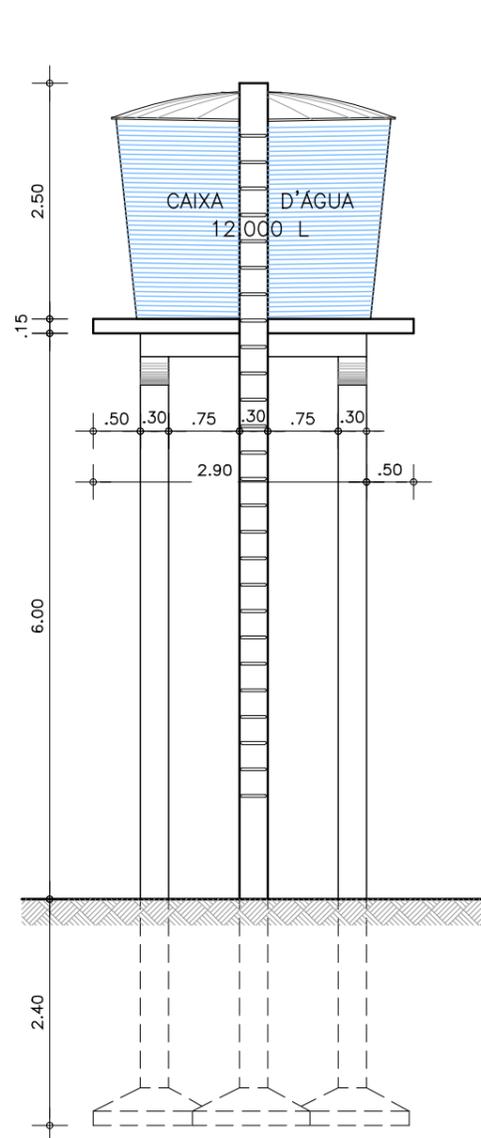
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS
SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS
CANTEIRO DE OBRAS - OFICINA MECÂNICA

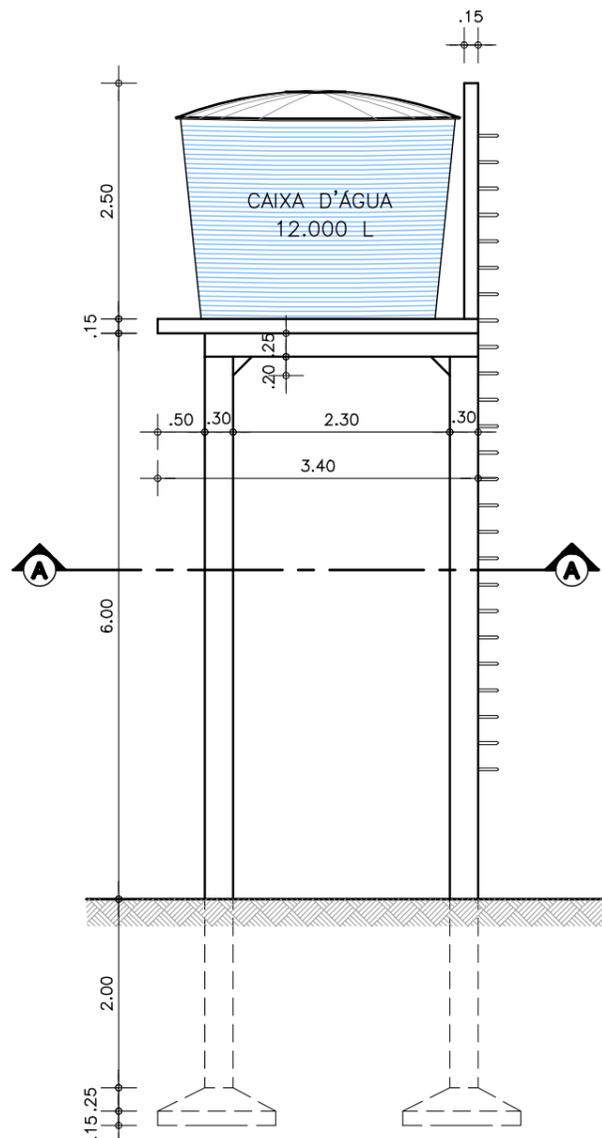
PROJETO:



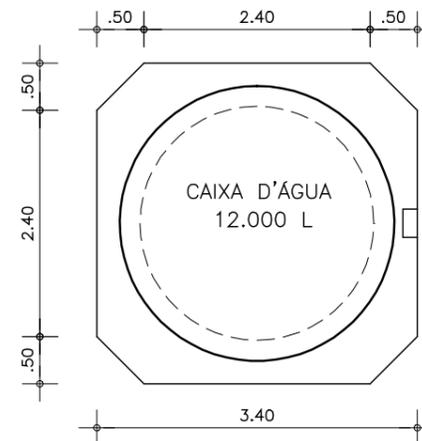
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_12_CAN_Oficina Mecânica.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_12-15	DATA: REV. FEV/09
--	--------------------	----------------------	----------------------



VISTA FRONTAL
Escala: 1/75

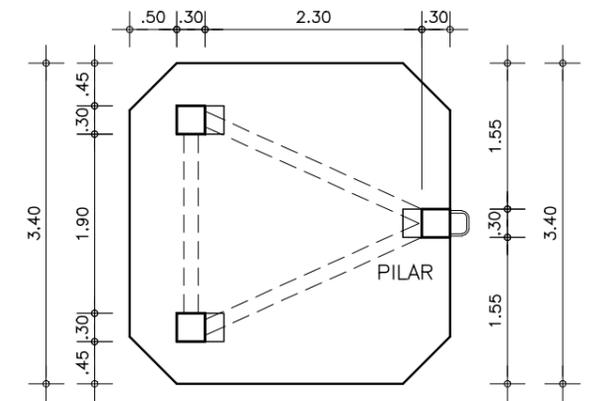


VISTA LATERAL
Escala: 1/75



Vista - Lateral

PLANTA - SUPERIOR
Escala: 1/75



CORTE - A A
Escala: 1/75

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DAS CIDADES
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

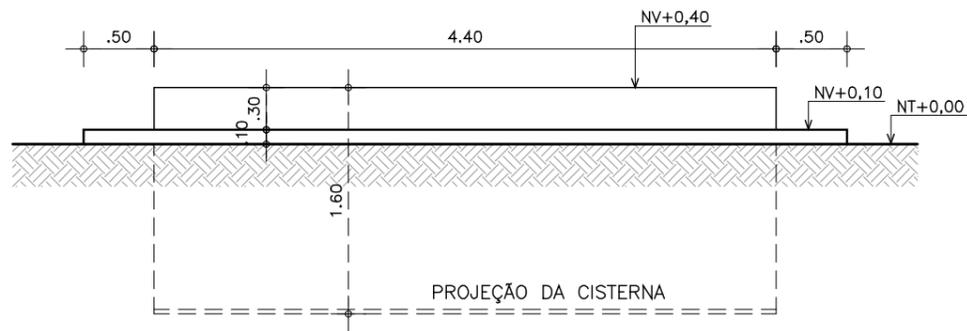
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS
SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS
CANTEIRO DE OBRAS - CAIXA D'ÁGUA 12.000L

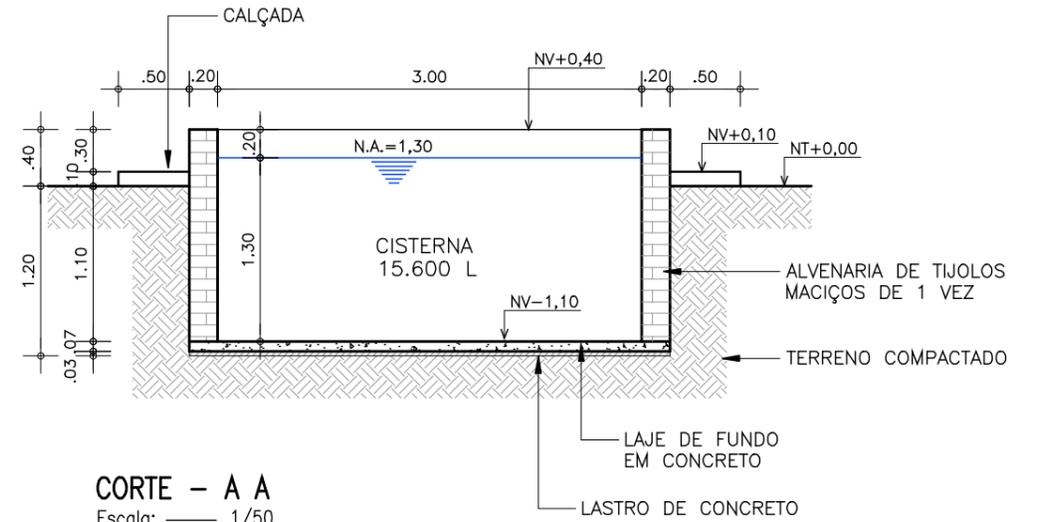
PROJETO:



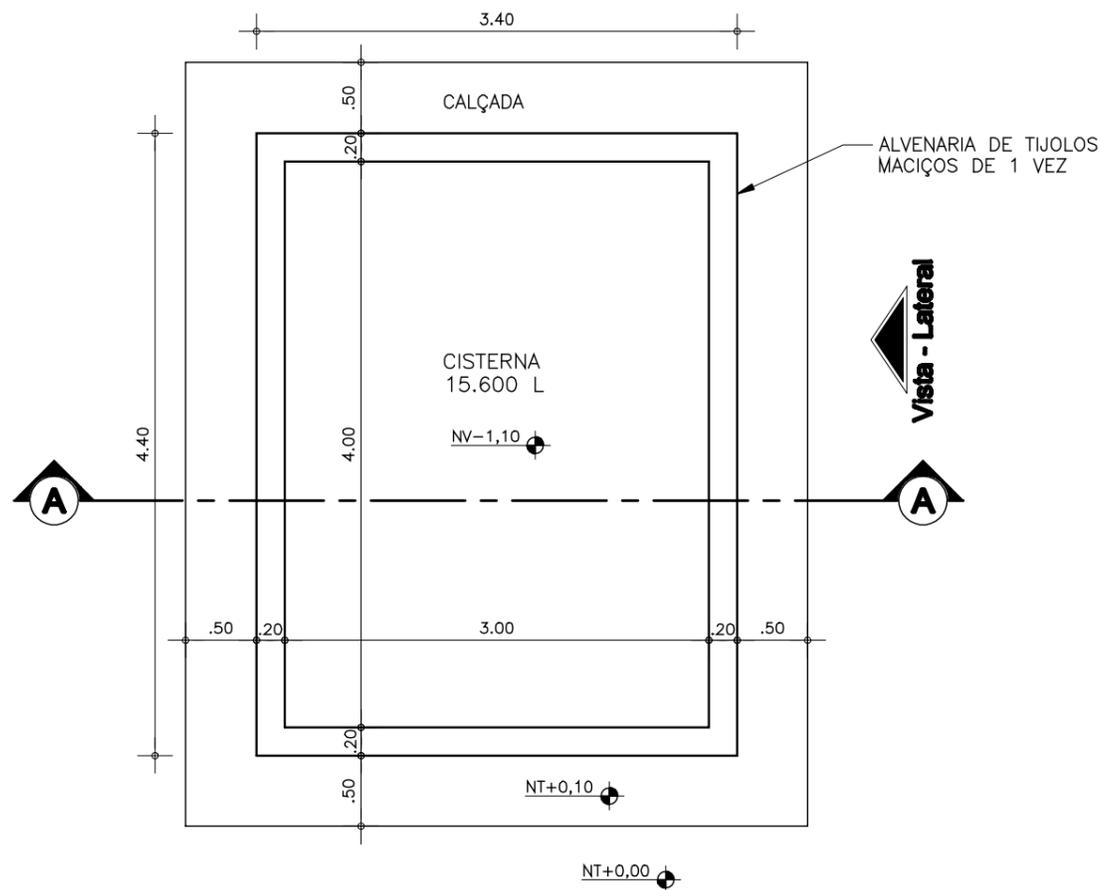
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_13_CAN_Caixa D'água.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_13-15	DATA: REV. FEV/09
---	--------------------	----------------------	----------------------



VISTA LATERAL
Escala: 1/50



CORTE - A A
Escala: 1/50



PLANTA BAIXA
Escala: 1/50

OBSERVAÇÕES

LASTRO DE CONCRETO = ... (14.96m² x 0.03cm) = 0.45m³
 LAJE DE CONCRETO = ... (14.96m² x 0.07cm) = 1.05m³
 PAREDE DE ALVENARIA = ... (14.80m x 1.20m) = 17.76m²
 NÍVEL DE ÁGUA = 1.30m
 ÁREA/CALÇADA = 8.80m²
 VOLUME = 15.600L
 ÁREA TOTAL = 14.96m²

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DAS CIDADES
INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ

ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS
SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO
E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS
CANTEIRO DE OBRAS - CISTERNA

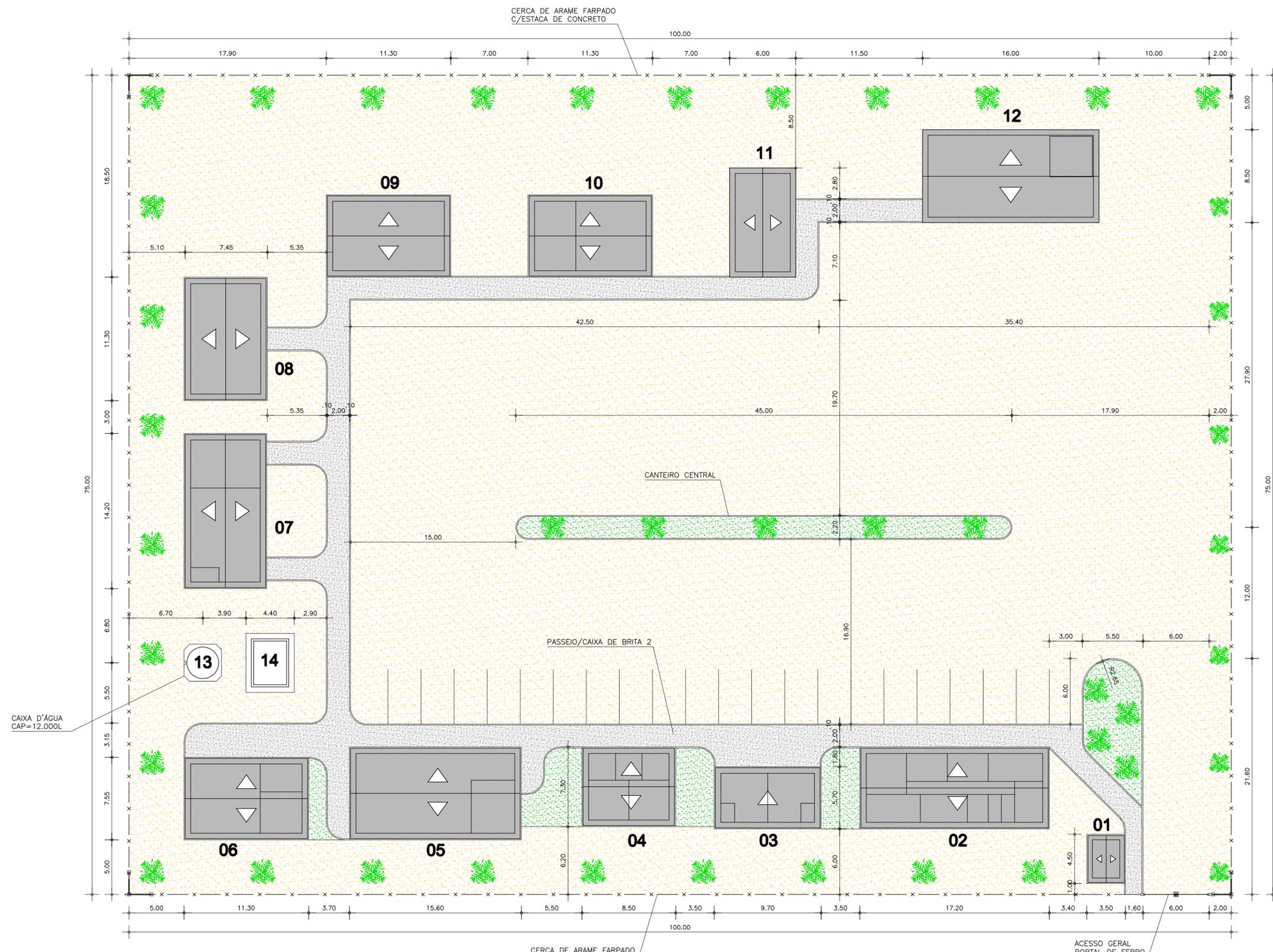
PROJETO:



ARQUIVO MAGNÉTICO BP_14_CAN_Cisterna.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_14-15	DATA: REV. FEV/09
---	--------------------	----------------------	----------------------

CERCA DE ARAME FARPADO
C/ESTACA DE CONCRETO

100.00



LEGENDA DE MATERIAL

- 01 - MEIO FIO / PRÉ-MOLDADO (10x30cm) = 418,00m
- 02 - PASSEIO / CAIXA DE BRITA (Nº 2) = 25,00m3
- 03 - CERCA DE ARAME FARPADO COM ESTACA DE CONCRETO = 344,00m
- 04 - PORTÃO DE FERRO (6,00x2,00m) = 12,00m2

LEGENDA DE ÁREAS

- 01 - GUARITA - 8,75m2
 - 02 - ESCRITÓRIO DA CONSTRUTORA - 100,80m2
 - 03 - ESCRITÓRIO DA FISCALIZAÇÃO - 38,25m2
 - 04 - CIPA / AMBULATÓRIO - 44,53m2
 - 05 - REFEITÓRIO - 105,12m2
 - 06 - VESTIÁRIO / SANITÁRIO - 64,13m2
 - 07 - ALMOXARIFADO - 81,90m2
 - 08 - DEPÓSITO DE MATERIAL - 64,13m2
 - 09 - DEPÓSITO DE CIMENTO - 64,13m2
 - 10 - GALPÃO - CARPINTARIA - 64,13m2
 - 11 - GALPÃO - ARMAÇÃO - 40,00m2
 - 12 - OFICINA MECÂNICA - 112,50m2
 - 13 - CAIXA D'ÁGUA - 12.000L
 - 14 - CISTERNA - 14,98m2
- LAY-OUT GERAL DO CANTEIRO - 7.500,00m2

CAIXA D'ÁGUA
CAP=12.000L

PASSEIO/CAIXA DE BRITA 2

CANTEIRO CENTRAL

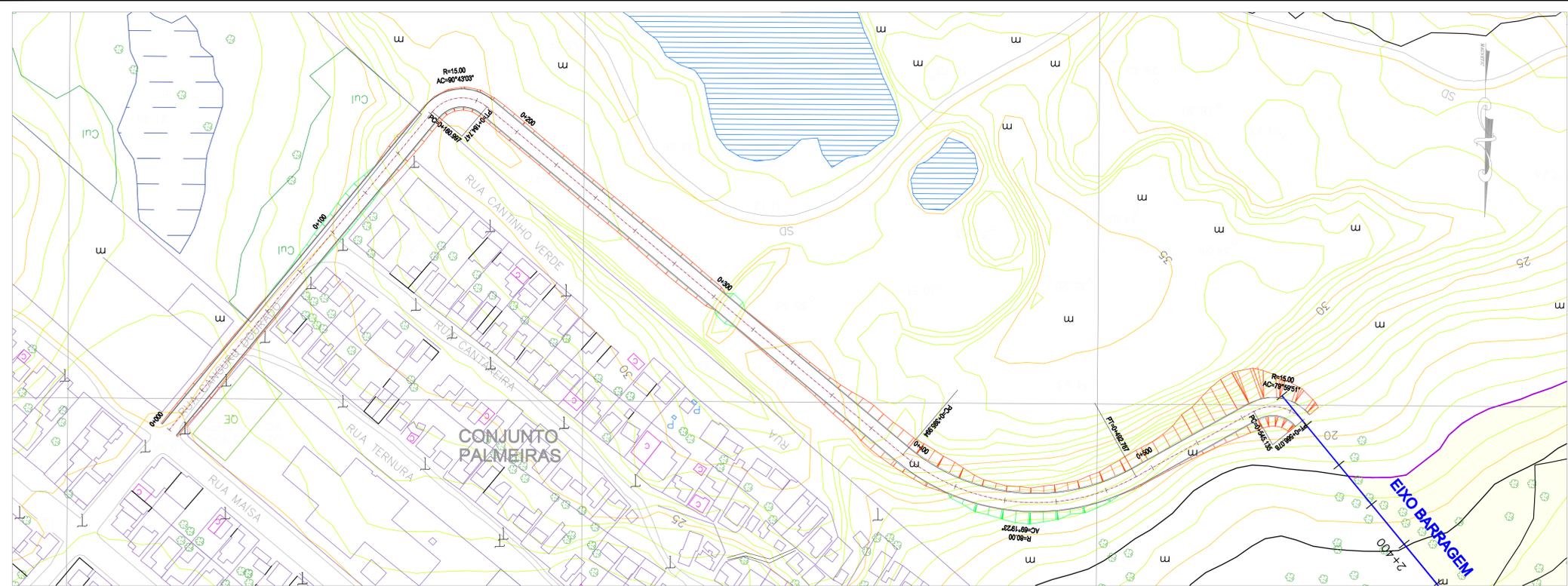
CERCA DE ARAME FARPADO
C/ESTACA DE CONCRETO

ACESSO GERAL
PORTAL DE FERRO

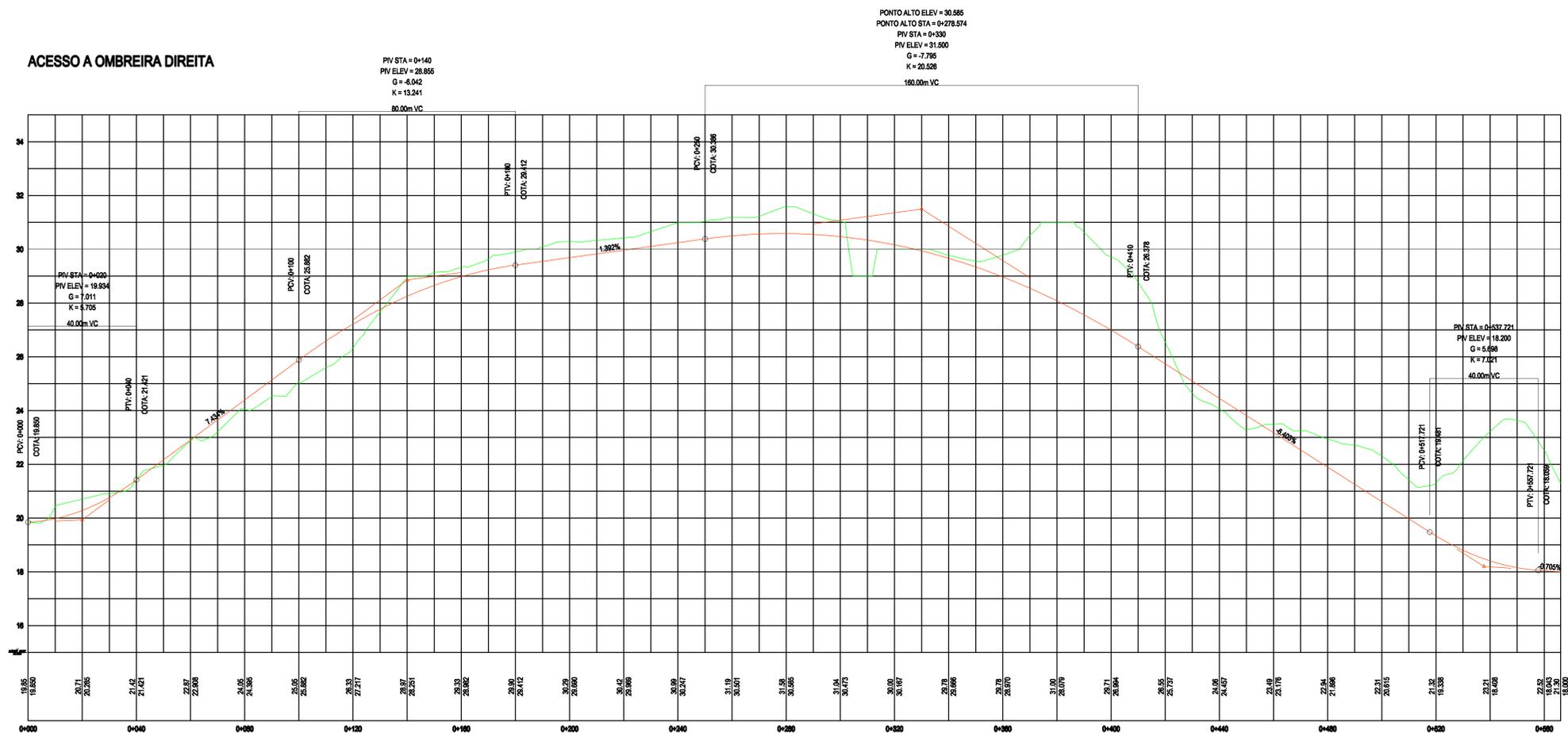
CANTEIRO DE OBRAS (LAY-OUT)
Escala: 1/250

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS CANTEIRO DE OBRAS - LAY-OUT				
PROJETO:				
 Engesoft - Engenharia e Consultoria S/S				
ARQUIVO MAGNÉTICO BP_15-15_CAN_LAY-OUT.dwg	ESCALA Indicada	DESENHO: BP_15-15	DATA: REV. FEV/09	

ANEXO V – DESENHOS DO SISTEMA VIÁRIO COMPLEMENTAR

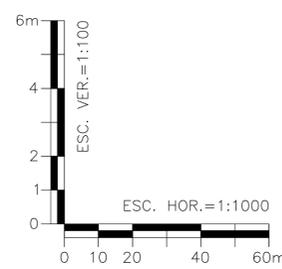


ACESSO A OMBREIRA DIREITA

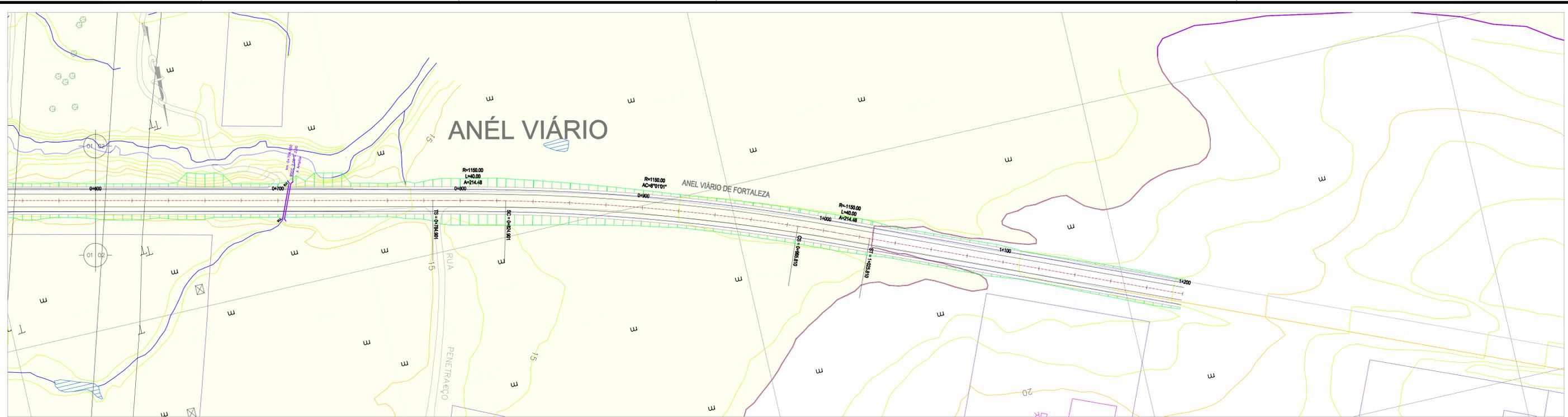


LEGENDA	
EM PLANTA	EM PERFIL
0+000	— Grade Final de Projeto
— Eixo de Projeto	— Terreno Natural
— Bordo de Pista	
— Bordo de Terraplenagem	
— Talude de Corte	
— Talude de Aterro	
— Eixo da Barragem Palmeiras	
— Bacia Hidráulica	

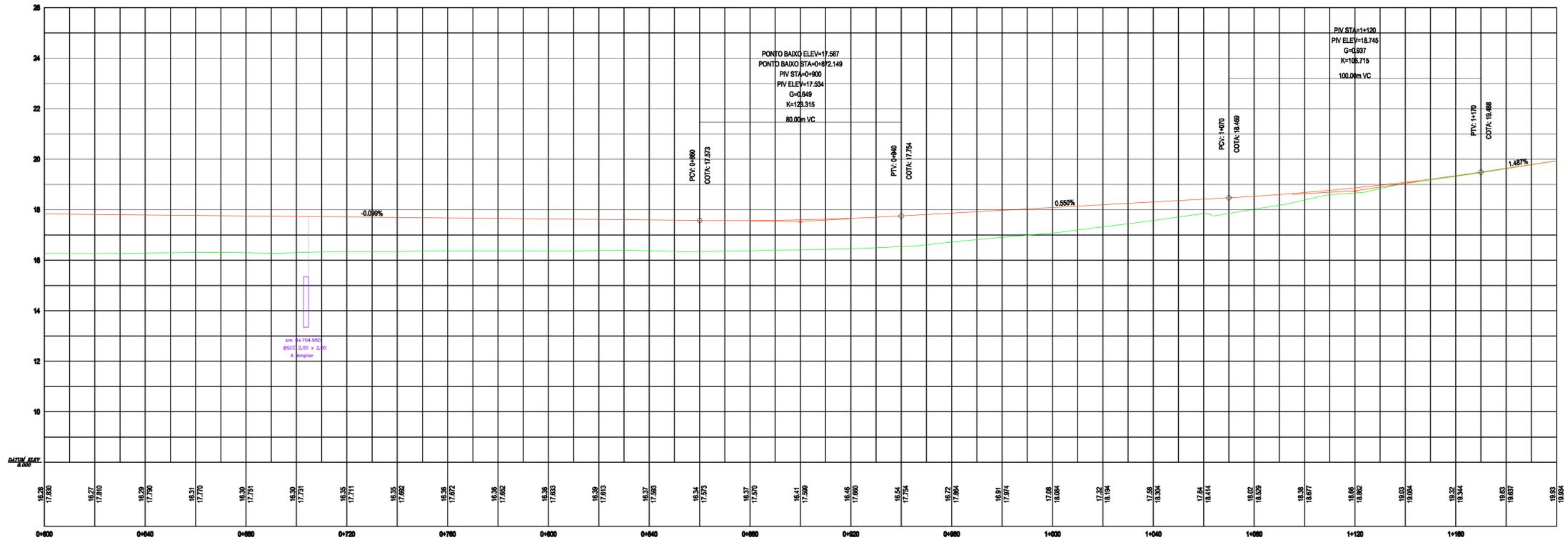
ESCALA GRÁFICA



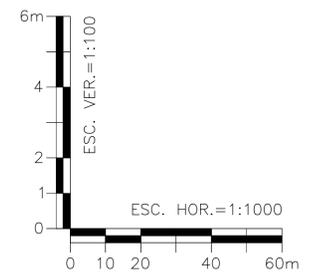
REV. N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS ESTRADA DE ACESSO A OMBREIRA DIREITA - PLANTA E PERFIL				
PROJETO: <div style="float: right; text-align: right;"> Engenharia e Consultoria S/S </div>				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA H: 1: 1000 V: 1: 100	DESENHO:	DATA:	
ViasComplementares.dwg		01/07	REV. FEV/09	



ANÉL VIÁRIO



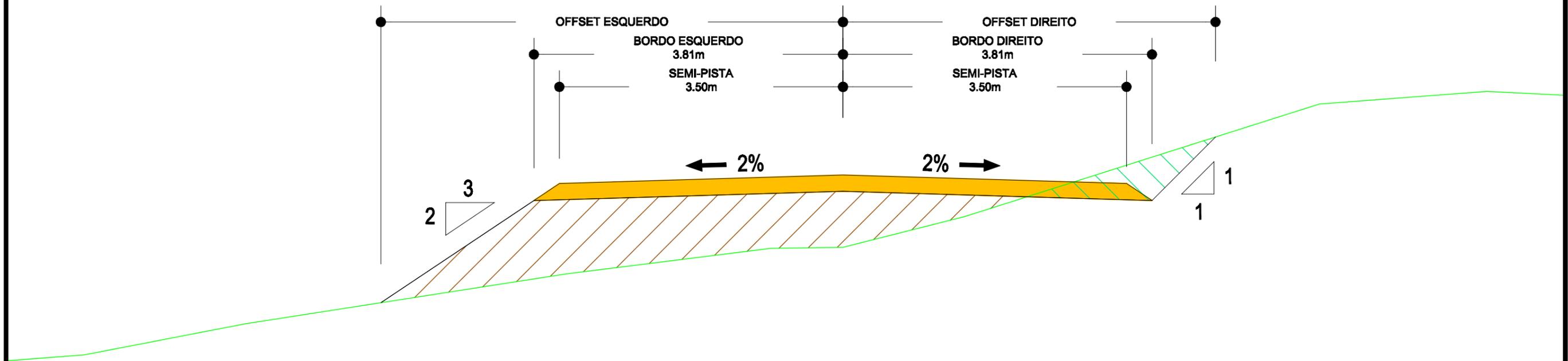
ESCALA GRÁFICA



LEGENDA	
EM PLANTA	EM PERFIL
0+000	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—

REV. N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS ANÉL VIÁRIO - km 0+600 ao km 1+200 - PLANTA E PERFIL				
PROJETO: Engesoft - Engenharia e Consultoria S/S				
ARQUIVO MAGNÉTICO ViasComplementares.dwg		ESCALA H: 1:1000 V: 1:100	DESENHO: 03/07	DATA: REV. FEV/09

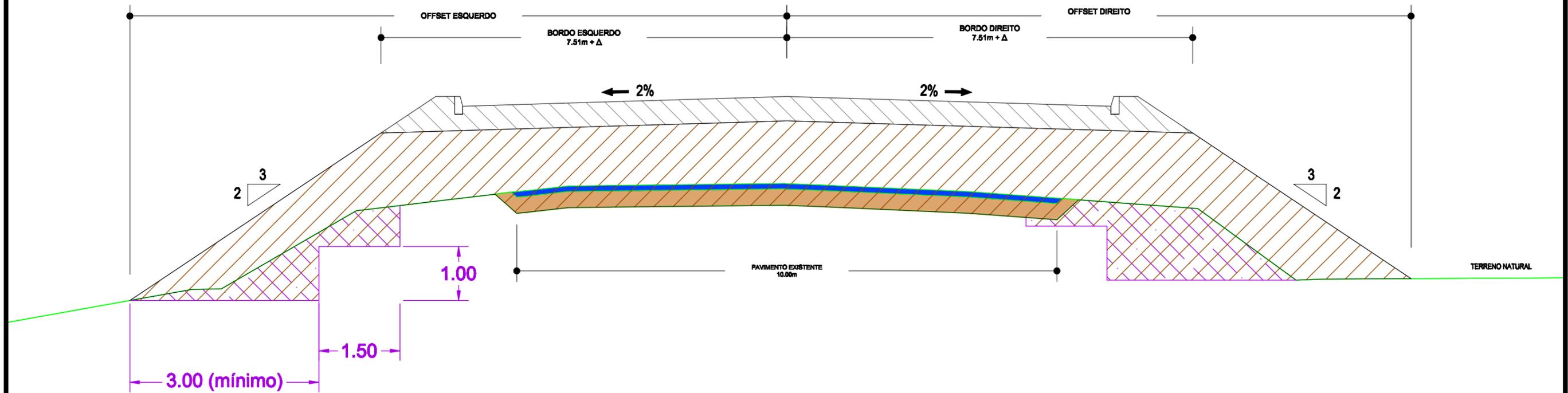
SEÇÃO TIPO DE TERRAPLENAGEM ACESSO A OMBREIRA DIREITA



- REVESTIMENTO PRIMÁRIO - 20cm
- CORTE
- ATERRO

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS SEÇÃO TIPO DE TERRAPLENAGEM - ACESSOS				
PROJETO: EngSoft - Engenharia e Consultoria S/S				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
Seção-Pavimentação.dwg	1: 50	04/07	Rev. Fev/09	

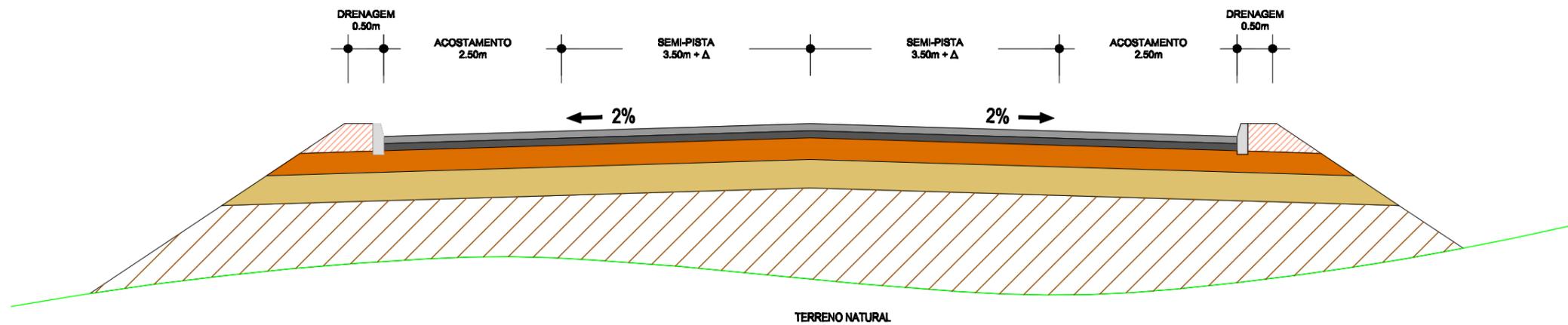
SEÇÃO TIPO DE TERRAPLENAGEM ANEL VIÁRIO



- PAVIMENTO NOVO**
- TERRAPLENO**
- ESCALONAMENTO DE TALUDE**
- MATERIAL BETUMINO EXISTENTE A REMOVER - 10cm**
- PAVIMENTO EXISTENTE A REMOVER - 30cm (ESTOQUE E REUTILIZAÇÃO)**

REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO - ANEL VIÁRIO				
PROJETO: EngSoft - Engenharia e Consultoria S/S				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
Seção-Pavimentação.dwg	1: 75	05/07	Rev. Fev/09	

SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO ANEL VIÁRIO

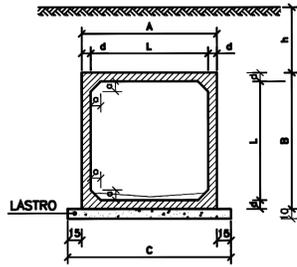


- CBUQ - 5cm
- BINDER - 5cm
- BASE - 15cm
- SUB-BASE - 20cm
- TERRAPLENO
- MATERIAL DE ENCHIMENTO

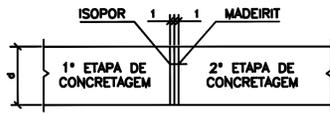
REV N°	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS SEÇÃO TIPO DE PAVIMENTAÇÃO - ANEL VIÁRIO				
PROJETO: EngSoft - Engenharia e Consultoria S/S				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
Seção-Pavimentação.dwg	1: 2.500	06/07	DEZ/2008	

TABELA DAS DIMENSÕES E DE QUANTITATIVOS DE MATERIAIS

SEÇÃO L = 160			100 ≤ h ≤ 250		
fs ≥ 10 MPa			0,10		
MEDIDAS	UNID.	S	SIMPLES		
A	cm	180			
B	cm	180			
C	cm	210			
a	cm	10			
b	cm	---			
d	cm	15			
LASTRO	m²	0,21			
FORMA	m²	8,10			
CONCRETO	m³	1,01			
REVESTIMENTO	m²	0,08			



DETALHE DA JUNTA DE DILATAÇÃO



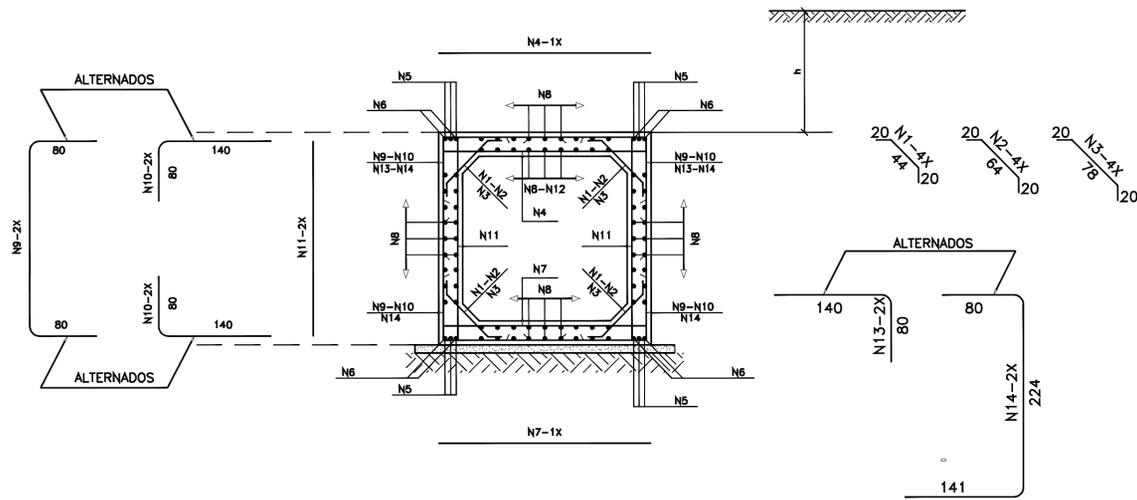
NOTAS:

- 1 - Concreto com fck ≥ 15 MPa.
 - 2 - Lastro concreto magro.
 - 3 - Revestimento: argamassa de cimento e areia (1:3).
 - 4 - Fazer junta de dilatação a cada 10,00m.
 - 5 - Veículo classe 45.
- Nomeclatura : h - Altura do aterro sobre a galeria .
fs - Tensão admissível no solo a galeria .
- 6 - Após a concretagem da 2ª etapa, deve-se retirar os madeirites da junta de dilatação.

100 ≤ h ≤ 250					
fs ≥ 0,10 MPa					
Nº	Ø	Q	COMP.	ESP.	
1	6,3	20	84	c/20	
2	---	---	---	---	
3	---	---	---	---	
4	10,0	8	225	c/13	
5	---	---	---	---	
6	16,0	8	CORR.	---	
7	10,0	9	225	c/11	
8	6,3	72	CORR.	c/20	
9	10,0	6	385	c/34	
10	10,0	12	220	c/34	
11	6,3	10	225	c/20	
12	---	---	---	---	
13	---	---	---	---	
14	---	---	---	---	

RESUMO		
Ø	Kg/m	PESO (Kg)
6,3	0,252	29
10,0	0,624	55
16,0	1,570	14
TOTAL		98Kg

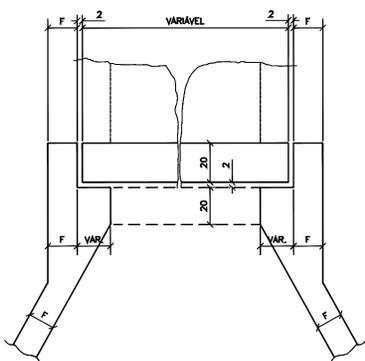
SEÇÃO TRANSVERSAL



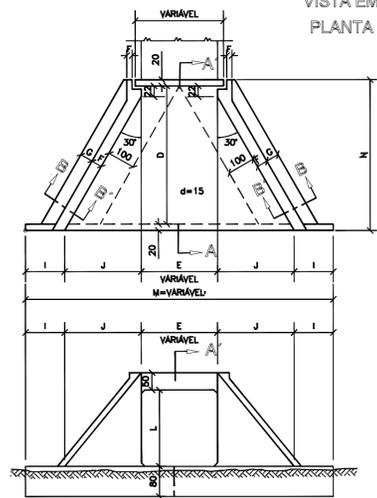
DIMENSIONAMENTO DE BUEIRO CELULAR	
km	0 + 704,00
TIPO	BSC 2 X 2
MO	1,54 m
Comprimento a Construir Jusante (gal)	1,54 m
Comprimento a Construir Total (g)	3,07 m
Cota do Greide (Qg)	17,73 m
Cota da Calçada (Qc)	13,34 m
Cota de Montante (Qm)	13,34 m
Cota de Jusante (Qj)	13,34 m
Declividade	0,01%
Largura da Plataforma (L)	13,85 m
Lado Montante	LE
Altura de Aterro	2,24 m
Valor do Ângulo Escoroso	10,00°
Comprimento (Cm)	10,29 m
Comprimento (Cj)	10,29 m
H = Qg - Qc	4,39 m

TABELA DE QUANTIDADES E SERVIÇOS PARA DUAS CABECEIRAS

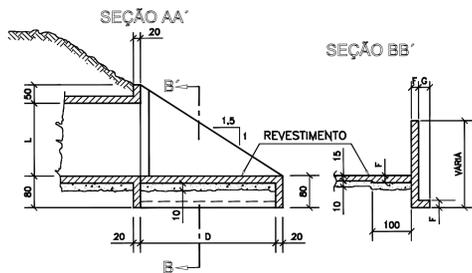
DETALHE DA VISTA EM PLANTA



VISTA EM PLANTA



VISTA EM ELEVÇÃO



NOTAS:

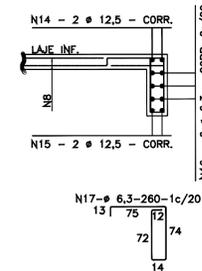
- 1 - O desenho das cabeceiras se aplica a todos os tipos de bueiros celulares normais estando representado o bueiro de 2,00x2,00m, na escala de 1:100 e detalhe na escala 1:20.
- 2 - As quantidades de serviço da tabela são para duas cabeceiras completas, estando computados portanto alas (4x), laje de piso de entre-alas (2x), viga de topo definida pelo comprimento m (2x), viga de topo superior do corpo do bueiro (2x) e viga topo inferior do corpo do bueiro (2x).
- 3 - O lastro sob a laje de entre-alas é de concreto magro na espessura de 10cm.
- 4 - O revestimento sobre a laje de entre-alas é de cimento e areia (1:3), alisado e de espessura média de 3cm.
- 5 - Concreto fck ≥ 15MPa.
- 6 - Veículo classe 45.
- 7 - Nomeclatura: fs-tensão admissível do solo sob a galeria.

SERVIÇO	UNID.	BUEIRO
		2,00 x 2,00 m
LASTRO	m³	6,30
FORMAS	m²	113,00
CONCRETO	m³	17,86
REVESTIMENTO	m²	0,87

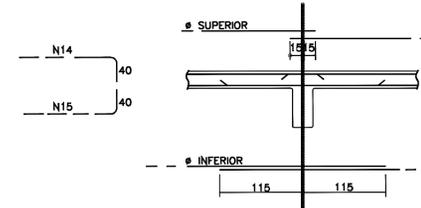
TAMANHO DOS BUEIROS	
MEDIDAS	2,00 x 2,00 m
	fs ≥ 0,09 MPa
D	355
E	200
F	20
G	30
I	100
J	204
L	200
M	808
N	395

RESUMO	
Ø	α = 15°
6,3	580
8,0	495
10,0	130
12,5	210
16,0	-
20,0	-
TOTAL	1.415Kg

SEÇÃO DA VIGA DE TOPO DA LAJE INFERIOR (2X)



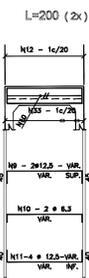
LIGAÇÃO DOS BUEIROS COM AS CABECEIRAS (LAJE INFERIOR)



NOTAS:

- 1 - AS QUANTIDADES DAS ARMADURAS SERÃO DETERMINADAS PELAS MEDIDAS REAIS DA FORMA PARA CADA TIPO DE BUEIRO.
- 2 - A TABELA ESTÁ COMPUTADA PARA DUAS CABECEIRAS.
- 3 - VER RESUMOS NO DESENHO 6.42
- 4 - VER NOTAS E COMPLEMENTOS DESTA NO DESENHO 6.23

VIGA DE TOPO LAJE SUPERIOR



VIGA DE TOPO LAJE INFERIOR

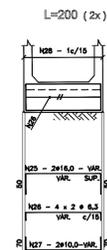
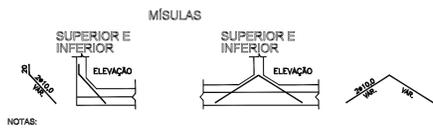


TABELA							
Nº	Ø	Q	COMP.	Nº	Ø	Q	COMP.
1	12,5	4	VAR.	18	6,3	16	VAR.
2	6,3	4	VAR.	19	12,5	4	VAR.
3	16,0	8	VAR.	20	8,0	-	190
4	8,0	-	130	21	16,0	6	VAR.
5	12,5	4	VAR.	22	6,3	16	VAR.
6	6,3	4	VAR.	23	12,5	4	VAR.
7	16,0	6	VAR.	24	8,0	-	190
8	8,0	-	130	25	16,0	4	VAR.
9	12,5	4	VAR.	26	6,3	16	VAR.
10	6,3	4	VAR.	27	10,0	-	VAR.
11	12,5	8	VAR.	28	6,3	-	190
12	8,0	-	130	29	12,5	4	VAR.
13	12,5	4	VAR.	30	6,3	16	VAR.
14	6,3	4	VAR.	31	10,0	4	VAR.
15	12,5	6	VAR.	32	6,3	-	190
16	8,0	-	130	33	8,0	-	VAR.
17	20,0	8	VAR.				



NOTAS:

- 1 - VER RESUMOS NO DESENHO 6.42
- 2 - TABELA PARA DUAS CABECEIRAS
- 3 - VER NOTAS E COMPLEMENTOS DESTA NO DESENHO 6.23

REV. Nº	DISCRIMINAÇÃO	VISTO	APROV.	DATA
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DAS CIDADES INSTITUTO AGROPOLOS DO CEARÁ				
ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS E RELATÓRIO DE IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DOS RIOS MARANGUAPINHO E COCÓ PARA O PROMURB-MARANGUAPINHO				
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM PALMEIRAS PROJETO DE OAC - km 0+704 (ANEL VIÁRIO) - BSC 2,0x2,0m				
PROJETO:				
ARQUIVO MAGNÉTICO	ESCALA	DESENHO:	DATA:	
BUEIROS.dwg	SEM ESCALA	07/07	REV. FEV/09	



Engesoft Engenharia e Consultoria S/S
Av. Pe. Antônio Tomás, 2420 – 10º Andar – Aldeota – CEP 60140-160
PABX 3261-4890 – Fax: 3268-1972
Fortaleza – Ceará – Brasil