

PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA-CE
 PROJETO EXECUTIVO DO AÇUDE TERRA VERMELHA



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - OBRAS E SERVIÇOS

OBRA: EXECUÇÃO DE OBRAS E SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO DO AÇUDE TERRA VERMELHA, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE AURORA, NO ESTADO DO CEARÁ.

OBJETIVO

A presente especificação tem por finalidade estabelecer critérios, normas e procedimentos a serem seguidos no processo de condução das obras e serviços de construção do açude Terra Vermelha, situado no município de Aurora. Em conjunto com a planilha orçamentária, edital, contrato e demais elementos técnicos, servirão como referência e orientação quanto aos diversos aspectos construtivos da obra. Serão abordados, detalhes relacionados com a metodologia e os materiais a serem aplicados nas diferentes etapas ou itens de serviço da obra. Os conceitos ou procedimentos aqui expostos prevalecerão na hipótese de choque ou desencontro de informações apontadas em projeto. Eventuais omissões serão dirimidas pela fiscalização, sempre com amparo nos projetos, contrato, documentos oficiais diversos e ainda nas normas da ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas.

EXECUÇÃO DA OBRA

1.0 - SERVIÇOS PRELIMINARES

Esta seção trata dos serviços preliminares que deverão ser executados pela Empreiteira e que são necessários à realização das obras. Estes serviços incluem, sem se limitar, o fornecimento de toda mão-de-obra e todos os materiais e equipamentos relativos à instalação da empreiteira e à construção do acampamento e canteiro de serviço de acordo com os documentos contratuais, inclusive a mobilização e desmobilização dos equipamentos.

1.1 - MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO

A empreiteira deverá tomar todas as providências relativas à mobilização, imediatamente após a assinatura do contrato e correspondente "NE" (Nota de Empenho), de forma a poder dar início efetivo e concluir a obra dentro do prazo contratual.

No final da obra, a empreiteira deverá remover todas as instalações do acampamento e canteiro de serviço, equipamentos, construções provisórias, detritos e restos de materiais de modo a entregar as áreas utilizadas, totalmente limpas.

Luiz Manoel Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 12115-D

Luiz Manoel Leal Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA 1668275549

1.2 – PLACA DA OBRA

A presente especificação refere-se aos serviços a serem executados pela empreiteira, quanto à confecção, transporte e instalação da placa indicativa dos serviços e deverá ser afixada em local a ser definido pela fiscalização.

A placa da obra deverá ser metálica, devidamente tratada e pintada. As estruturas de sustentação deverão ser construídas de modo a mantê-las fixas e a resistir à ação das intempéries. Deverá ser executadas em madeira de lei e receber tratamento preservativo na base, com óleo de creosoto, conforme as especificações padrão do Ministério da Integração Nacional.

1.3 – CANTEIRO DA OBRA

O canteiro da obra será construído a partir do projeto preparado pela empreiteira, desde que aprovado pela fiscalização, o qual, por sua vez, será baseado no plano de Layout proposto pela Licitante.

O canteiro deverá ser construído pela empreiteira no local destinado para este fim, constando de galpão aberto para guarda de materiais e instalações provisórias de água. O projeto, construção, administração, durante todo o período de execução da obra, são de responsabilidade da empreiteira.

1.4 – SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS

Para o efetivo acompanhamento topográfico da obra, toda e qualquer etapa dos serviços será locada em função dos elementos contidos no projeto executivo. Ângulos e cotas serão referenciados em RN (referência de nível) em marcos de concreto previamente instalado e protegido contra movimentos de máquinas e/ou equipamentos móveis. As camadas de terraplenagem serão controladas através de nivelamento geométrico, até os limites da cota máxima ou coroamento da parede.

1.5 - ESCAVAÇÕES DA FUNDAÇÃO

Após as devidas limpezas, retirada da camada de expurgo vegetal, e locação do eixo longitudinal e seções transversais, as escavações serão realizadas segundo as dimensões do projeto. A determinação da camada impermeável do solo se deu através de sondagens a pá e picareta.

A empreiteira deverá efetuar as escavações até a camada impermeável do solo, utilizando processos adequados para cada caso, de modo a garantir a estabilidade dos taludes durante o período de execução dos serviços. Ainda de maneira a minimizar possíveis problemas concernentes à estabilidade, a empreiteira deverá atentar para as características físicas das camadas do solo escavado, precavendo-se para possíveis utilizações de suportes de proteção contra erosões de taludes.

As escavações em solos moles são aquelas executadas em material de baixa capacidade de suporte, saturado e incompatível para sua extração com o uso normal de equipamentos convencionais de terraplanagem. Essas escavações requerem o uso de equipamentos específicos para tal atividade.

Toda escavação deverá ser classificada, de acordo com a natureza do material encontrado, segundo o proposto na EME 12/ 07.

Luiz Henrique Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 13345 - D

Luiz Alberto de Sá
Engenheiro Civil
CREA: 160627/5549

O preenchimento da fundação será com material de primeira qualidade, com origem nos empréstimos a serem utilizados na construção do maciço e adotando-se a mesma metodologia de expurgo, umedecimento, revolvimento e compactação, sempre em camadas de 0,30m, devidamente controlada através de nivelamento geométrico.

1.6 – MACIÇO

O maciço será construído em função dos critérios técnicos dimensionados no projeto executivo. Os materiais a serem utilizados na obra serão oriundos de empréstimos e/ou jazidas previamente qualificados. No presente caso do açude Terra Vermelha, os empréstimos estão localizados em distância de 5 km em relação ao eixo do maciço. Os materiais, antes do seu transporte para o leito de terraplenagem serão devidamente umedecidos no próprio empréstimo. No maciço as camadas de no máximo 0,30m serão isentas de pedras, raízes e outros elementos de natureza vegetal. As camadas após o expurgo serão umedecidas até a umidade ótima, revolvidas e compactadas com rolo pé-de-carneiro. Os taludes com rampas de 2:1 terão controle topográfico e regularizado manualmente.

O maciço terá 6,48m de altura e coroamento de 3,80m. O coroamento, na cota 99,25 terá drenagem lateral de 3%, para escoamento de águas pluviais.

1.7 – SANGRADOURO

O sangradouro ficará acoplado ao maciço, junto ao muro de proteção do maciço, terá 10,00m de largura e muro vertedouro de pedra argamassada tipo creager, com soleira na cota 98,25 e medidas conforme o projeto.

Luiz Henrique do Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10325 - D

Luiz Alves do F. Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605276-8

Handwritten marks:
✓
A
A



**PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA – CE.
PROJETO DO AÇUDE TERRA VERMELHA
ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL = 884,90

RENDIMENTO SUPERFICIAL R%

$$R\% = \frac{R_{mn}}{10 H}$$

$$R_{mn} = 28,53 H - 112,95 H^2 + 351,91 H^3 + 118,74^4 - 118,74$$

$$28,53 \times 0,8849 = 25,246$$

$$112,95 \times 0,8849^2 = 88,445$$

$$351,91 \times 0,8849^3 = 243,845$$

$$118,74 \times 0,8849^4 = 72,807$$

$$25,246 - 88,445 + 243,845 - 72,807 = 107,839 (R_{mn})$$

$$\frac{107,839}{10 H} = \frac{107,839}{8,849} = R\% \mathbf{12,186}$$

VOLUME AFLUENTE ANUAL $V_a = R\% HUA$

Onde:

R% = Rendimento em percentagem

H = Altura da chuva em metros

U = Coeficiente de correção

A = Bacia hidrográfica em m² - tipo 3

$$V_a = 0,1219 \times 0,8849 \times 1,00 \times 2.039.981,77 = 220.051,43 \text{ m}^3$$

$$\text{Repleção total em dois anos} = 440.102,86 \text{ m}^3$$

DESCARGA MÁXIMA SECULAR

$$\frac{1.150 \times S}{\sqrt{LC} (120 + KLC)} \quad \frac{1.150 \times 2.04}{1,70 \times 1,00(120+0,20 \times 1,70 \times 1,00)}$$

$$\frac{2.346}{1,30 \times 120,34} \quad \frac{2.346}{156,44} \quad 15,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

SANGRADOURO

$$L = \frac{Q_s}{1,77 \times H \sqrt{H}} \quad \frac{15,00}{1,77 \times 0,90 \times 0,95} \quad 9,93\text{m (adotou-se 10,00)}$$

$$F_k = 2,00$$

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA/CE 10625 - D

Luiz Alberto de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275 -

PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA - CE.

OBRA/SERVIÇO:

PROJETO DO AÇUDE TERRA VERMELHA

LOCAL:

SÍTIO TERRA VERMELHA



COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DA TAXA DE BDI

DATA: ___/___/2015

1	(A)	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	2,40%
1.1		INSTALAÇÕES	0,20%
1.2		EQUIPAMENTOS	0,50%
1.3		MÃO DE OBRA INDIRETA	0,80%
1.4		APÓIO A MÃO DE OBRA INDIRETA	0,40%
1.5		SERVIÇOS TERCEIRIZADOS	0,30%
1.6		CONSUMOS ADMINISTRATIVOS	0,20%

2	(D)	DESPESAS FINANCEIRAS	1,84%
---	-----	----------------------	-------

3	(I)	IMPOSTOS	8,65%
3.1		COFINS	3,00%
3.2		PIS	0,65%
3.3		ISS	5,00%

4	(L)	LUCRO	5,90%
		TOTAL GERAL DO BDI ADOTADO	18,79%

CALCULO DO BDI			
ITEM	DESCRIÇÃO	FÓRMULA	VALOR (%)
1	ADMINISTRAÇÃO	A	2,40
2	DESPESAS FINANCEIRAS	$Dx(A+D)+D$	1,92
3	IMPOSTOS	$Ix(A+D)+I$	9,02
4	LUCRO	$Lx(A+D+I)+L$	6,66
	TOTAL GERAL DO BDI		20,00

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 03395 - D

Luiz Sérgio de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275-4/9

JA *AK* *UAB*

MEMORIAL DESCRITIVO

1. INTRODUÇÃO

Este documento constitui-se no **Memorial Descritivo do Projeto Executivo do Açude Terra Vermelha**, na localidade do mesmo nome, no município de Aurora, Estado do Ceará.

O Açude Terra Vermelha é um empreendimento prioritário da Prefeitura Municipal de Aurora, com destinação principal para fazer suporte no abastecimento de água humano e animal na região da obra e comunidades circunvizinhas. O Açude Terra Vermelha com sua capacidade acumulativa preencherá o vazio hídrico existente na localidade do mesmo nome e será um reservatório de grande significado para as populações referidas, trazendo um definitivo alívio no combate as estiagens, e segura reserva de produção alimentar, tais como o pescado e cultivos de frutas variadas.

O Projeto Básico, ora apresentado, está consubstanciado conforme descrito a seguir:

- Projeto Básico
Memorial Descritivo
- Projeto Básico
Especificações Técnicas

No desenvolvimento deste relatório é apresentado o resumo dos estudos básicos, que subsidiaram a elaboração do projeto, uma descrição detalhada das estruturas componentes do arranjo geral do empreendimento, as diretrizes para implantação do canteiro de obras, bem como a planilha orçamentaria, o cronograma de construção e uma relação de quantidade mínima de equipamentos necessários à execução da obra.

Este relatório apresenta, portanto, o resultado final dos estudos que culminaram no Projeto Básico do Açude Terra Vermelha. Salienta-se que durante o desenvolvimento do projeto diversas alterações foram sendo feitas relativamente aos estudos básicos. Tais alterações foram gradativamente sendo incorporados, devido ao refinamento dos estudos e/ou devido ao atendimento às sugestões do Painel de Inspeção e Segurança de Barragem da SRH (Secretaria de Recursos Hídricos).

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A localidade Terra Vermelha pertence ao município de Caririçu-Ce, localizado na região Sul do Estado, tendo o Município uma extensão territorial de 886 km² e altitude de 283,00m. A sede do Município está circunscrita nas coordenadas geográficas Lat 06^o 57' (S) – Long 38^o 58' (O).

O futuro açude Terra Vermelha está localizado na bacia do Rio Salgado, a 34 km da sede do Município. Saindo-se de Aurora pela rodovia CE-153, com 20 km no distrito de Ingazeira, entra-se a direita em estrada carroçável. Com 14 km atinge-se a localidade Sítio Terra Vermelha, local da pretensa obra. Aurora limita-se ao Norte com os municípios de Lavras da Mangabeira e Ipauimirim; ao Sul, com Barro, Milagres e Missão Velha; ao Oeste com o município de Caririçu.

Engenheiro Civil
CREA-CE/15320-D

Engenheiro Civil
CREA: 105275549

3. ESTUDO DE RECONHECIMENTO E VIABILIDADE

O município de Aurora, a exemplo dos demais municípios nordestinos carentes do suprimento de água para o consumo geral de seus habitantes, vive o drama da escassez do precioso líquido, onde os recursos hídricos são deficientes em decorrência das freqüentes e grandes estiagens, aliadas a inexistência de obras de infra-estrutura. A captação em fonte de água superficial, no município de Aurora, é a melhor solução previsível para solucionar a problemática do abastecimento de água potável, tendo em vista que os recursos hídricos de água subterrânea além de se detectar pequenas e insignificantes em poços profundos, seus conteúdos apresentam-se impróprios para o consumo humano, em virtude da incidência de fortes teores de sais minerais. O sistema de abastecimento de água potável na comunidade Terra Vermelha se faz através da captação em poços rasos (cacimbões), escavados durante o período das chuvas e uso de carros pipas, nas estiagens. A população a ser beneficiada pela construção do açude Terra Vermelha é estimada em 150 habitantes, ocupantes de 37 residências. O atual Governo Municipal, com seus poucos recursos financeiros, tem demonstrado grande empenho no sentido de encontrar meios capazes de erradicar do seio da população rural, tais dificuldades, pleiteando inclusive, suporte financeiro via Governo Federal, como no presente projeto do açude Terra Vermelha.

4. SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

Dentre os estudos básicos de maior importância para o projeto da barragem, destacam-se os de Topografia, Geologia, Hidrologia e Dimensionamento Hidráulico. Cada um desses temas foi objeto de um relatório específico, contendo descrições detalhadas dos estudos desenvolvidos. No presente Relatório de Projeto Básico foram destacados apenas os tópicos mais relevantes de cada tema, necessários ao entendimento das soluções adotadas. Maiores detalhes dos estudos básicos podem ser obtidos nos seguintes relatórios:

5. ESTUDOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

As características físicas da bacia do Rio Salgado foram determinadas com base na cartografia disponível, em escalas 1:100.000.

- Cartas de Juazeiro e Várzea Alegre, escala 1:100.000, elaborada pela SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (1972).

As características da bacia hidráulica do reservatório (relações cota-área-volume) foram calculadas a partir do Levantamento Planialtimétrico realizado na região do futuro reservatório.

Além dos mapas relacionados acima, outros em escalas menos detalhadas foram utilizados para visualização global da divisão em sub-bacias e, em destaque, da bacia hidrográfica do Rio Salgado.

Os estudos topográficos consistiram no levantamento planialtimétrico do eixo do barramento e sangradouro e no levantamento na linha d' água.

A estaca inicial (0=0) do levantamento ficou na ombreira direita, o eixo (inclusive sangradouro) foi estaqueado e materializado de 20 em 20 metros através de piquetes identificados por estacas testemunhas.

O eixo do empreendimento inicia na estaca "0" e termina na estaca 4.

O nivelamento e seccionamento foram realizados em todas as estacas do eixo. O nivelamento foi controlado por contranivelamento em todas as estacas do eixo. As seções foram estendidas para cada lado do eixo a cobrir toda a área de projeção do maciço.

O levantamento da linha d' água consistiu inicialmente na implantação de uma poligonal de contorno ao lago.

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 11325 - D

Luiz Sales de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

Esta poligonal foi levantada com as distancias horizontais medidas de forma indireta por taqueometria. Todas as estações da poligonal foram determinadas por piquetes e identificadas por estacas testemunhas. A partir da poligonal foram executadas seções transversais espaçadas de 50 em 50m.

De posse do levantamento topográfico, foram preparados os desenhos do projeto básico, que são apresentados em peças gráficas anexas.

6. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Os estudos geológico-geotécnicos levados a cabo através de sondagem a pá e picareta tiveram o objetivo de identificar as características geomecânicas da fundação da barragem, bem como levantar a disponibilidade e características dos materiais de construção.

A região onde se insere o empreendimento inclui, em sua parte mais baixa, setores de topografia predominantemente ondulada ou suavemente rampeada, que se orientam para os fundos dos vales. A fisionomia é conferida por feições de topografia aplainadas, decorrentes da pequena capacidade de incisão linear proporcionada pela rede de drenagem. As altitudes são inferiores a 200m.

À medida que as altitudes atingem cotas superiores (até 400m, ou, em raros casos, um pouco acima disso), há uma tendência generalizada para maior dissecação do relevo em feições morfológicas diversificadas. Dentre estas se incluem formas de topos convexos, lombadas, morros, esporões e feições tabuliformes. Estas áreas, com aspecto de rampas degradadas eventualmente dissecadas, constituem patamares de acesso para os níveis elevados dos maciços residuais. Em sua maior parte, representa regiões que circundam os planaltos, marcando a transição entre estes e as terras baixas.

A vegetação predominante na região é constituída pela caatinga arbustiva aberta e pela floresta caducifolia espinhosa (caatinga arbórea).

Os solos pedológicos predominantes são os litólico eutrófico e distrófico, e o podzólico vermelho-amarelo eutrófico e distrófico bruno não cálcico.

A região, onde a semi-aridez é aguda e as caatingas têm distribuição extensiva, está inserida nas Depressões Sertanejas, com altitudes de no máximo 400 m, sendo detectadas, raramente, elevações superiores.

As litologias são representadas tanto por rochas do pré-Cambriano Superior como do pré-Cambriano Indiviso. Apesar da extrema complexidade litológica, as depressões sertanejas se apresentam como vastas superfícies de aplainamento, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente essas rochas. Este fato não invalida, porém, o trabalho de erosão diferencial, que tende a colocar em destaque rochas resistentes, dissecando ou rebaixando mais intensamente os setores de litologias menos resistentes.

A topografia do sertão nem sempre tem aspecto aplainado, que tão bem caracteriza a superfície sertaneja. Nos locais em que a rede de drenagem se adensa, assumindo um padrão dentrítico, sem qualquer controle estrutural, o sulcamento linear tende a dissecar o relevo, dando ao mesmo feições onduladas.

A morfologia das depressões sertanejas se evidencia através de vastas rampas sedimentares, que partem das bases dos maciços residuais, com caimento no sentido dos fundos dos vales.

O processo evolutivo dos sedimentos está intimamente ligado às características climáticas e de vegetação das depressões sertanejas semi-áridas. A par da aguda irregularidade das precipitações pluviométricas, as amplitudes diurnas de temperatura, afora o caráter caducifólio do revestimento florístico, têm íntima associação com os processos morfogenéticos atuantes.

O clima semi-árido, além de ser o principal fator condicionante da desagregação das rochas, contribui para impor os processos de remoção dos colúvios e de deposição deste material a jusante da área fonte. O tipo de revestimento vegetal pouco contribuiu para deter ou atenuar os efeitos do escoamento difuso ou em lençol, que tem acentuado o seu papel de agente de desgaste. O material carregado seletivamente justifica o adelgaçamento dos solos, pouco espessos em toda a

Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

Engenheiro Civil
CREA: 1605275549



região, enquanto que os detritos grosseiros, impondo obstáculos à sua remoção, depositam-se em superfície, dando à mesma o aspecto de chão pedregoso. Quando este material é revestido por colúvio, se expande às áreas cujos solos apresentam linhas de seixos sotopostos aos horizontes superficiais dos solos.

Resumidamente, e em função do exposto, pode-se dizer que a região apresenta as seguintes características geomorfológicas de maior relevância: grande variação litológica; truncamento indistinto das litologias por processos de morfogênese mecânica, que tenderam a aplainar a superfície; revestimento generalizado de caatinga com capacidade mínima para diminuir a ação de desgaste dos processos de erosão; pequena espessura de manto de alteração das rochas; ocorrência freqüente de pavimentos e paleopavimentos dentrícticos; pequena capacidade de erosão linear em face da intermitência dos cursos de água, o que justifica a pequena amplitude altimétrica entre os interflúvios e os fundos de vales; presença de altos residuais nos locais de maior resistência litológica; e desenvolvimento de áreas de acumulação inundáveis à jusante das rampas sedimentares.

A área, objeto dos estudos, está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto Sertanejo, que se comporta, de um modo geral, como um patamar de acesso aos níveis mais altos, uma vez que representa um degrau intermediário entre a Depressão Sertaneja e os topos dos Planaltos e Chapadas que o circundam.

Morfologicamente caracteriza-se por uma intensa dissecação do relevo, resultando em formas predominantemente convexas e aguçadas, dispostas geralmente seguindo uma direção preferencial SO-NE e S-N. Trata-se de uma área de grandes dobramentos e falhamentos, que se refletem no relevo através de extensos alinhamentos de cristas, com escarpas íngremes e vales encaixados em "V".

O Planalto Sertanejo apresenta-se como importante centro dispersor de drenagem. Os rios que drenam este planalto possuem os cursos retilíneos, intercalados por curvas e ângulos anômalos, sendo marcados por inflexões bruscas em vários sentidos. Correm geralmente encaixados, não permitindo o desenvolvimento de planícies, salvo em pequenos trechos, principalmente nos setores em que interceptam litologias sedimentares. A maior parte do Planalto Sertanejo está incluída na categoria de "Serras Secas", submetidas às deficiências hídricas típicas do clima semi-árido.

Em termos estratigráficos, a região situa-se no Complexo Nordestino, que, em conjunto com outras áreas pré-cambrianas, encontra-se posicionado como substrato das seqüências supra cristais.

7. MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

Este item trata do estudo das fontes de obtenção, das propriedades geotécnicas e da aplicabilidade dos materiais naturais de construção às diversas partes da obra.

Dois áreas com ocorrências de solos coluvionares, com características adequadas à construção de barragens, foram identificadas em distância de 5 km. Nestas áreas, o capeamento de solo apresenta espessura média da ordem de 1,00 m de material aproveitável.

A investigação dos empréstimos foi executada apoiada nos trabalhos de mapeamento geológico, que identificaram os locais onde ocorrem os depósitos mais promissores. Nestes locais foram executados poços de investigação, distanciados a cada 50,00m.

Os solos ocorrentes, classificados segundo a USCS, correspondem a solos areno argilosos e argilosos de baixa plasticidade e pouco compressíveis. A análise das curvas de distribuição granulométrica e da carta de plasticidade revela que os solos das áreas selecionadas são razoavelmente uniformes.

No respeitante à umidade natural, esta se apresenta, em geral, inferior à umidade ótima para compactação determinada no ensaio de Proctor Normal, o que exigirá tratamento corretivo de umidificação para enquadrar os solos na faixa de umidade adequada à compactação. Salienta-se

Eng.º
CREA-CE-10537-0

Eng.º
CREA: 16052755416

que as amostras foram coletadas nos meses de março e abril, período de chuvas na região, e que nos meses de verão, a umidade natural certamente apresentará valores mais baixos.

Quanto ao tratamento corretivo de umidificação, este poderá ser executado na praça de trabalho do maciço ou na própria área de empréstimo. É conveniente aqui salientar que, o tratamento na praça de trabalho tem o inconveniente de provocar o ressecamento superficial do solo quando as operações de gradeamento se estendem por longos períodos. Tal fato propicia a formação de películas endurecidas, que dificultam o destorroamento e o umedecimento homogêneo do material.

Os ensaios de permeabilidade, em permeâmetro de carga variável, revelaram para as áreas de empréstimo, os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade:

- Empréstimo nº 1 $k = 8,53 \times 10^{-7}$
- Empréstimo nº 2 $k = 7,00 \times 10^{-7}$

Observa-se também através da permeabilidade, uma excelente uniformidade dos solos das duas áreas selecionadas como fonte de material para construção do maciço.

No respeitante à resistência ao cisalhamento, foram ensaiadas três amostras de solos compactados dos empréstimos em câmara triaxial, na condição não drenada, tanto na umidade de compactação, como na saturada. Os resultados destes ensaios forneceram valores muito baixos e

discrepantes para c' e ϕ' , considerando os diversos tipos de ensaios (Q , \bar{R} , \bar{R}_{sat}). Assim sendo, estes ensaios não foram considerados. Já os ensaios de cisalhamento direto forneceram valores bastante coerentes entre os diversos ensaios realizados. O confronto entre os valores de c' e ϕ' , obtidos nos ensaios de cisalhamento direto, com dados de ensaios pesquisados na literatura, permitiram estabelecer os valores de c' e ϕ' a serem utilizados nos estudos e análises de estabilidade da Barragem Terra Vermelha. Foram adotados então os valores de $c' = 20$ kPa e $\phi' = 28^\circ$.

Materiais Granulares

As curvas granulométricas mostram que cerca de 8 % do material é maior do que a peneira nº 4, o que acarretará o seu peneiramento para aplicação nos concretos.

8. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Neste item são apresentadas as atividades relacionadas aos estudos hidrológicos, que foram elaborados especificamente para a definição das grandezas básicas do empreendimento, incorporando as recomendações do Painel de Inspeção.

Através dos estudos hidrológicos, foram definidos elementos que permitiram concretizar as dimensões principais da obra, além de subsidiar as análises de remanso e vida útil do reservatório. **O reservatório terá uma capacidade de 440.102,86m³**

Caracterização da Bacia Hidrográfica

Empregando a base cartográfica disponível, em escala 1:100.000, elaborada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército, foi feita a delimitação da bacia hidrográfica e calculados os principais parâmetros físicos da bacia do Rio Salgado, que estão resumidos a seguir:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Área de Drenagem: | $A = 5,36 \text{ km}^2$; |
| - Comprimento do talvegue principal: | $L = 1,7 \text{ km}$; |
| - Declividade média equivalente: | $S_e = 0,00156 \text{ m/m}$; |
| - Coeficiente de compacidade: | $k_c = 1,31$ |
| - Fator de forma: | $k_f = 0,30$ |
| - Tempo de concentração: | $t_c = 28 \text{ h}$ |

Os aspectos geológicos e geomorfológicos da bacia foram analisados em detalhe, visando a caracterização hidrológica dos solos e a associação com taxas de escoamento superficial. A predominância na bacia de unidades estruturais do Complexo Cristalino condiciona a ocorrência

Eng.º Civil
CREA: 100575549 - D

Eng.º Civil
CREA: 100575549

Handwritten initials and marks.



de solos pouco permeáveis os quais, associado a um relevo moderado a forte, contribuem para a geração de hidrogramas de cheias com vazões de pico acentuadas, durante o período chuvoso.

Associando, assim, as características de relevo com os tipos de solo e de vegetação dominante na bacia (SETZER e PORTO, 1979), foram definidos valores para o parâmetro CN (número da curva índice) da metodologia do SCS – Soil Conservation Service, empregada nos estudos de modelagem hidrológica, para o cálculo da precipitação efetiva. Os valores obtidos para CN variaram de 63,2 a 63,8, para a Condição II de umidade antecedente do solo, sendo majorados para a Condição III (valores variando de 79,8 a 80,2), para aplicação nas rotinas de geração das cheias de projeto.

Caracterização Pluviométrica

A caracterização do regime fluviométrico da bacia do Rio Salgado, no local de implantação do Açude Terra Vermelha, foi elaborada com a finalidade de definir o potencial de regularização do aproveitamento, em termos de garantir descargas firmes nos meses de estiagem ou de aumentar a eficiência operacional do reservatório projetado.

A metodologia de cálculo (CAMPOS, 1996) baseou-se em simulações da operação dos reservatórios, empregando séries sintéticas de vazões afluentes. Como resultado, obteve-se a vazão regularizada para diversas alturas de acumulação (ou volume útil de regularização) no reservatório Terra Vermelha.

Além dos dados de séries de vazões afluentes, para a simulação do balanço hídrico é necessária a determinação das características da bacia hidráulica do reservatório, representadas pelas relações cota-área e cota-volume.

A região na qual está inserido o Açude Terra Vermelha, de clima semi-árido, apresenta uma estrutura temporal de ocorrência de falhas nos reservatórios que pode se estender por vários meses ou anos. Desta forma, para minorar as conseqüências de tal situação, determina-se um *Volume de Alerta* no reservatório (SRH/CE, 1992), a partir do qual apenas um percentual da vazão regularizada pode ser retirado.

Cheias de Projeto

Assim, optou-se pelo cálculo indireto das vazões de cheias, através da aplicação de modelagem matemática através da seguinte metodologia de cálculo que foi adotada:

- Estudo de chuvas máximas nas estações pluviométricas selecionadas, definindo os quantis de precipitação máxima anual, correspondentes às durações de 1 dia e 2 dias e a alguns períodos de retorno notáveis.
- Reprodução da cheia de 1974, empregando a distribuição espacial segundo Thiessen e o modelo matemático de simulação hidrológica, tendo como dados de entrada a chuva verificada e os parâmetros da curva índice do método do SCS, determinados em função das características físicas da bacia hidrográfica
- Estimativa indireta da vazão de pico da cheia de 1974, empregando o nivelamento das marcas deixadas pelo perfil de escoamento.

9. ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Parâmetro A:

A análise da estabilidade do Açude Terra Vermelha foi elaborada recorrendo ao **Método de Spencer**. Para os cálculos foi utilizado o programa computacional **Slide Versão 3.0** desenvolvido pelo Rock Engineering Group da Universidade de Toronto – Canadá, que admite a **representação de envoltórias de resistência não lineares**. O Método de Spencer é um método

Luiz Roberto de Castro
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

Luiz Roberto de Castro
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

Handwritten initials and signatures.