



PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA – CE. PROJETO DO AÇUDE BOA VISTA DE INGAZEIRA 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

$$V_a = 0,1219 \times 0,8849 \times 1,00 \times 1.674.055,39 = 180.579,20 \text{ m}^3$$

$$\text{Repleção total em dois anos} = 361.158,40 \text{ m}^3$$

DESCARGA MÁXIMA SECULAR

$$\frac{1.150 \times S}{\sqrt{LC} (120 + KLC)} \quad \frac{1.150 \times 1,67}{1,90 \times 1,00(120 + 0,20 \times 1,90 \times 1,00)}$$

$$\frac{1.920,5}{1,38 \times 120,38} = \frac{1.920,5}{166,12} = 11,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

SANGRADOURO

$$L = \frac{Q_s}{1,77 \times H \sqrt{H}} = \frac{11,56}{1,77 \times 0,80 \times 0,89} = 9,17 \text{m (adotou-se } 10,00 \text{m)}$$

$$F_k = 2,00$$

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10625 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549



OBRA/SERVIÇO: Projeto do Açude Boa Vista de Ingazeira

MUNICÍPIO: Aurora - Ce.

ETAPA: Serviços Topográficos

NIVELAMENTO: Eixo do Maciço e sangradouro

DATA: ___/06/2015

ESTACA	P. REFERENCIA	VIZADAS		COTAS	OBS.
		MAIS	MENOS		
RN	110,595	0,015		110,580	
0			0,595	110,000	
Mudança			3,891	106,704	
"	106,709	0,005			
1			2,814	103,895	
1 + 8,50			5,559	101,15	
Mudança			3,198	103,511	
"	103,536	0,025			
2			3,536	100,000	
Mudança			0,012	103,524	
"	107,644	4,120			
3 + 7,00			1,734	105,910	
3 + 15,00			1,094	106,550	
Mudança			0,112	107,532	
"	111,782	4,250			
4 + 10,00			3,782	108,000	
5 + 10,00			0,277	111,505	
					Estaqueamento de 20 em 20 metros

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10025 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

JH
AF
WAG.



PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA - CE.

OBRA/SERVIÇO:

PROJETO DO AÇUDE BOA VISTA DE INGAZEIRA

LOCAL:

SÍTIO BOA VISTA DE INGAZEIRA

COMPOSI O ANALÍTICA DA TAXA DE BDI

DATA: ___/___/20

1	(A)	ADMINISTRA�O LOCAL	2,40%
1.1		INSTALA�OES	0,20%
1.2		EQUIPAMENTOS	0,50%
1.3		M�O DE OBRA INDIRETA	0,80%
1.4		AP�IO A M�O DE OBRA INDITRETA	0,40%
1.5		SERVI�OS 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	DESCRI�O	F�RMULA	VALOR (%)
1	ADMINISTRA�O	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 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

U. Meyer



MEMORIAL DESCRITIVO

1. INTRODUÇÃO

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

O Açude Boa Vista de Ingazeira 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 Boa Vista de Ingazeira 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 Boa Vista de Ingazeira. 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 Boa Vista de Ingazeira pertence ao município de Aurora-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 Boa Vista de Ingazeira está localizado na bacia do Rio Salgado, a 25 km da sede do Município. Saindo-se de Aurora pela rodovia CE-153, com 20 km chega-se ao distrito de Ingazeira. Dalí, com 5 km atinge-se a localidade Sítio Boa Vista de Ingazeira. local da pretensa obra. Aurora limita-se ao Norte com os municípios de Lavras da Mangabeira e Ipaumirim; ao Sul com, com Barro, Milagres e Missão Velha; ao Leste com o Estado da Paraíba; ao Oeste com o município de Caririáçu.

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

Luiz Henrique do Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 100325 - D

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 Boa Vista de Ingazeira 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 Boa Vista de Ingazeira é estimada em 180 habitantes, ocupantes de 45 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 Boa Vista de Ingazeira.

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+10,00.

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.

Esta poligonal foi levantada com as distâncias horizontais medidas de forma indireta por taqueometria. Todas as estações da poligonal foram determinadas por piquetes e identificadas

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

Luiz Roberto Leal
Engenheiro Civil
CREA: 10525-1/D

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 caducifólia 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 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

Erizete...
ENGENHEIRA CIVIL
CREA: 10525-D

Guilherme...
ENGENHEIRO CIVIL
CREA: 1605275549

[Handwritten signature]



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 dentríticos; 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.

Duas áreas com ocorrências de solos coluvionares, com características adequadas à construção de barragens, foram identificadas em distância local. 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 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.

Eng.º *Euzébio de Castro*
CREA-CE/105-D

Eng.º *Guilherme de Siqueira*
CREA: 1605275549

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 Cajuí. 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 361.158,40m³**

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: $A = 1,67$ km²;
- Comprimento do talvegue principal: $L = 1,9$ km;
- Declividade média equivalente: $S_e = 0,00156$ m/m;
- Coeficiente de compacidade: $k_c = 1,31$
- Fator de forma: $k_f = 0,30$
- Tempo de concentração: $t_c = 28$ 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 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.

[Handwritten signatures and initials]

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 Climatológica

O clima do Estado do Ceará e, particularmente, da bacia do Rio Salgado, pode ser caracterizado pelas massas de ar que predominam na região. Segundo NIMER (1979), na maior parte do tempo, entre os meses de julho a dezembro, o Estado fica influenciado pela massa Equatorial atlântica (mEa), de características estáveis. A partir de janeiro, a mEa começa a se deslocar, pelo avanço da Convergência Intertropical (CIT) em direção ao Hemisfério Sul, permitindo a instabilidade da atmosfera e a conseqüente indução de precipitações.

A mEa é constituída pelos ventos alísios de direção predominante SE, formados pelo anticiclone semifixo do Atlântico Sul, que apresenta uma extensa abrangência, desde a costa oeste da África até o litoral e a Região Sudeste brasileira. O anticiclone é dominado pela subsidência do ar quente e seco das latitudes tropicais, assegurando pressões atmosféricas elevadas e inversão térmica em baixa altitude. Todas essas características são condicionantes de tempo estável, impedindo a ascensão das massas de ar úmidas e a formação de precipitações. Nos períodos de domínio da mEa, pode ocorrer alguma instabilidade atmosférica apenas na orla do litoral brasileiro e nas regiões de relevo mais acentuado.

A CIT é formada pela faixa de convergência dos ventos alísios dos Hemisférios Norte e Sul, circundando todo o globo terrestre, mais ou menos em torno do Equador. O encontro dos ventos alísios causa uma grande descontinuidade térmica, de natureza frontogenética, com ascensão permanente das massas de ar e formação de uma extensa faixa de baixas pressões atmosféricas, condicionando a ocorrência de altos índices pluviométricos.

A partir do mês de janeiro, o intenso resfriamento do Hemisfério Norte impulsiona a CIT para o Sul, iniciando o processo de instabilidade atmosférica no Estado do Ceará. Entretanto, é no período de março a maio que o anticiclone do Atlântico Sul desloca-se mais para leste, permitindo o maior avanço da CIT sobre o Estado, quando então tem lugar a estação chuvosa na bacia do Rio Salgado.

Com base na marcha sazonal das variáveis precipitações e temperatura, o clima da região de interesse pode ser classificado como tropical quente e semi-árido, com ocorrência de 7 a 8 meses secos no ano. A precipitação média anual na bacia é da ordem de 884,90 mm, sendo a temperatura média de 24°C, com extremos absolutos máximos e mínimos de 38°C e 12°C, respectivamente. Do total anual precipitado, um percentual de 65% estão concentrados em apenas 3 meses consecutivos, de fevereiro a abril. O período seco abrange o período de maio a dezembro.

Caracterização Pluviométrica

A caracterização do regime fluviométrico da bacia do Rio Salgado, no local de implantação do Açude Boa Vista de Ingazeira, 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 Boa Vista de Ingazeira.

Eng. Civil
CREA-CE Nº 55.35-D

Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

[Handwritten signatures]

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 Boa Vista de Ingazeira, 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 Boa Vista de Ingazeira 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 de equilíbrio limite por corte ao longo da superfície de deslizamento. Trata-se de método das lamelas - a massa delimitada pela superfície de deslizamento é subdividida em um número de fatias variável, que é função da geometria da massa deslizante e dos diferentes tipos de materiais que a constituem. O fator de segurança ao deslizamento de um determinado talude é calculado através de processo numérico iterativo que satisfaz à todas as condições de equilíbrio. Adotou-se este método, por ser considerado, na literatura, como o mais rigoroso.

No respeitante às superfícies de deslizamento, a sua definição foi feita por busca automática, pelo programa Slide. Define-se uma malha onde será feita a procura do círculo mais desfavorável, malha esta que é "varrida" por incrementos segundo os eixos dos "x" e "y" pré-estabelecidos, sendo também variável o raio do círculo. Foram sempre analisados círculos superficiais, intermediários e profundos.

No que respeita à consideração das pressões neutras o programa permite o recurso a hipóteses alternativas, tendo sido no caso em estudo, recorrido as seguintes:

- Parâmetro B:

Esta hipótese foi utilizada no estudo da fase de construção tendo o parâmetro B sido caracterizado em função dos materiais constantes da seção transversal. A pressão neutra em um dado ponto foi tomada igual ao produto $n = B \sigma_v$, onde σ_v é a tensão vertical neste ponto. O parâmetro de pressão neutra $B = 0,10$ foi estimado a partir da análise dos ensaios de

caracterização geotécnica dos solos dos empréstimos. Com base neste critério foi estabelecida a malha de pontos de pressão neutra para entrada no programa computacional.

- Rede de Fluxo:

Hipótese utilizada para a fase de operação, tendo sido a malha de pontos de pressão neutra calculada a partir das linhas equipotenciais obtidas na análise de percolação.

A barragem foi dimensionada considerando-se as condições de carregamento clássicas nas análises de estabilidade de barragens, que são, para a obra em tela, final de período construtivo e período de funcionamento.

Para as seções mais desfavoráveis foram analisadas as seguintes situações da vida da obra:

- Fase de Construção - talude de jusante;
- Fase de Operação - talude de jusante;

a) Características geotécnicas dos materiais

Apresentam-se em seguida as propriedades geotécnicas dos materiais constituintes do corpo da barragem, cuja definição teve em conta a caracterização geotécnica anexa.

Assim foram definidas as seguintes propriedades:

- Aterro compactado

peso específico $\gamma = 19,7 \text{ kN/m}^3$;

coesão $c' = 20 \text{ kPa}$;

ângulo de atrito interno $\phi' = 28^\circ$.

Envoltória de resistência de Mohr-Coulomb: $\tau = 20 + \sigma \text{tg}28^\circ$.

b) Análise dos resultados obtidos

Apresentam-se nas Tabelas nº 5.2 e 5.3 os fatores de segurança que traduzem a estabilidade global do corpo da barragem para as seções analisadas.

TABELA 5.2

**ESTABILIDADE DOS TALUDES DA BARRAGEM – SEÇÃO NO LEITO DO RIACHO
FATORES DE SEGURANÇA**

SITUAÇÃO ANALISADA	FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS	CRITÉRIOS DE SEGURANÇA (*)
Fase de Construção Talude Montante	1,417	1,3
Fase de Operação Talude Jusante	1,647	1,5

(*) Cruz, 1996.

Luiz Roberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275

TABELA 5.3

ESTABILIDADE DOS TALUDES DA BARRAGEM – SEÇÃO NAS OMBREIRAS

**FATORES DE SEGURANÇA**

SITUAÇÃO ANALISADA	FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS	CRITÉRIOS DE SEGURANÇA (*)
Fase de Construção Talude Jusante	1,601	1,3
Fase de Operação Talude Jusante	1,751	1,5

Os fatores de segurança mínimos obtidos para as diferentes fases de vida da obra garantem a sua adequada estabilidade sendo superiores aos valores exigidos pelo critério, constantes nas Tabelas 5.2 e 5.3.

Nas Figuras 5.10 e 5.11 são apresentados os círculos de ruptura obtidos e respectivos fatores de segurança mínimos, para seção homogênea do solo.

Luiz Humberto Lca.
Engenheiro Civil
CREA-CE 10625 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

[Handwritten signatures]

10. ORÇAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS

No orçamento das obras do açude Boa Vista de Ingazeira em forma de planilha, anexo, estão discriminados os serviços, os quantitativos, os preços unitários e totais de cada item.

Os volumes constantes dos quantitativos previstos para cada serviço foram obtidos nas seções dos desenhos de projeto para os materiais compactados ou espalhados, e nos cortes para os volumes de escavação.

Os preços unitários dos serviços referentes às obras civis foram obtidos a partir da Tabela da SEINFRA..

11. CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

O programa de construção do Açude Boa Vista de Ingazeira é apresentado no Cronograma de Implantação anexo. O cronograma mostra o empreendimento em suas fases principais de construção e fornecimentos.

Os estudos elaborados para definição dos prazos de execução, concluíram pela adoção de um período de 02 meses para execução da obra.

Procurou-se, no desenvolvimento do programa de construção do Açude Boa Vista de Ingazeira, adequá-lo às características hidrológicas do semi-árido brasileiro, que impõem ao riacho objeto dessa obra, um regime intermitente. Tipicamente o riacho sem denominação oficial permanece seco durante a maior parte do ano, com escoamento praticamente entre os meses de fevereiro a março.

Esta peculiaridade do riacho permite que a execução da obra seja levada a cabo sem a necessidade de construção de estruturas de desvio, fato este, que se reveste de importância no respeitante à redução do orçamento global da obra. Assim sendo, o programa de construção deverá respeitar rigorosamente o regime hidrológico da região.

Tendo em vista estas condições, a construção da barragem deverá ser executada na seguinte seqüência:

- Execução do vertedouro;
- Execução da barragem no trecho das ombreiras direita e esquerda;
- Execução da barragem na zona baixa do eixo e leito do rio, após o período de chuvas.

12. EQUIPAMENTO MÍNIMO

Para cumprimento do cronograma de implantação previsto no item 8 deste relatório, será necessário alocar a quantidade mínima de equipamentos indicada na lista a seguir.

ITEM	EQUIPAMENTO	QUANT. MÍNIMA
1	Trator de esteiras tipo CAT-D8 ou similar	1
2	Carregadeira frontal tipo CAT-966 ou similar	1
3	Caminhão basculante M. Benz, cap. 18 t ou similar	2
4	Motoniveladora tipo FIAT-FG70 ou similar	1
5	Caminhão pipa cap. 10.000l	1
6	Rolo compactador pé de carneiro, auto-propelido, tipo CA-25 ou similar	1
7	Compactador manual	1
8	Grade de disco - 24"	1

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10665 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

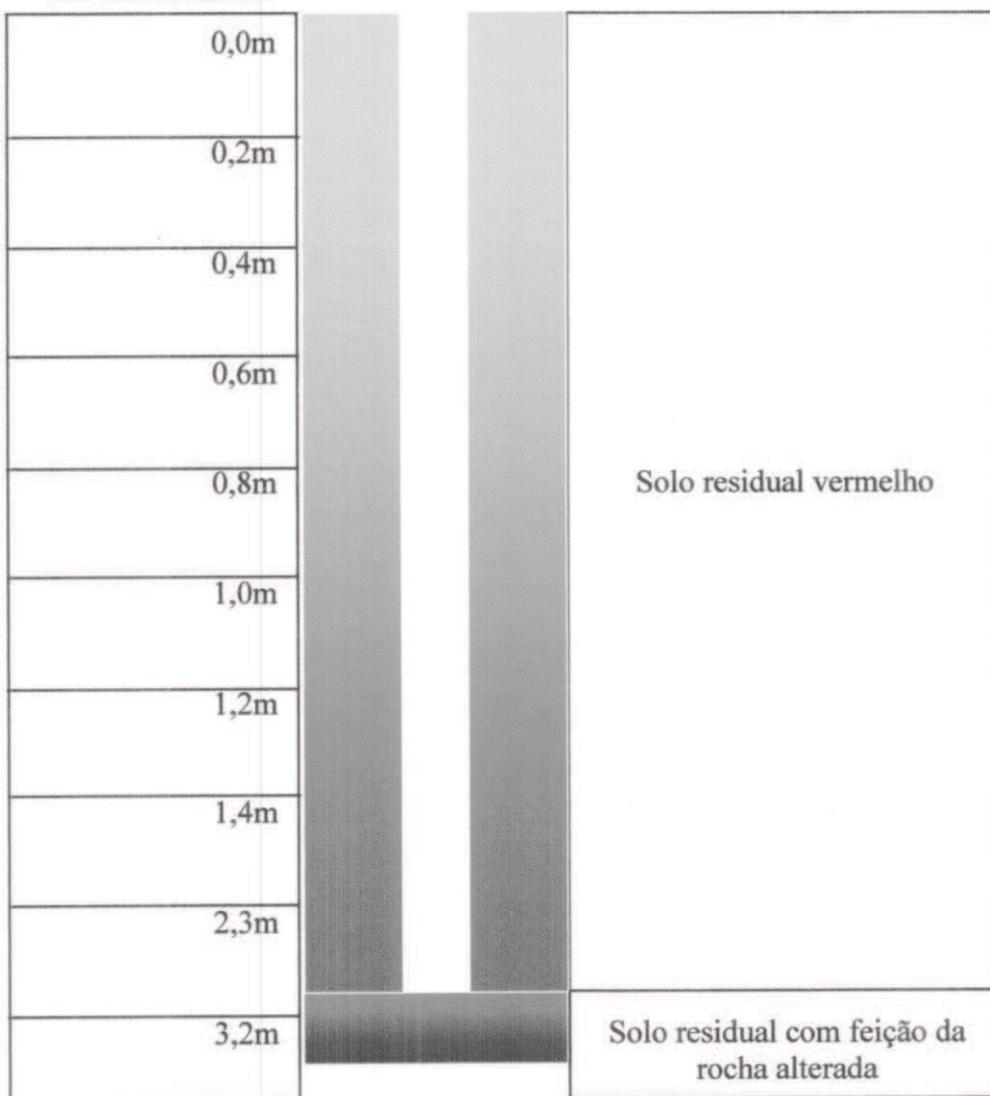
AÇUDE BOA VISTA DE INGAZEIRA, AURORA-CE
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM – PÁ E PICARETA



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora		Distrito:
Localidade: Boa Vista de Ingazeira		Distância p/ Sede: 25 km
Sondagem N° 02	Profundidade: 3,20	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 1+ 8,00		
Data Início: Out/2014		Data Término: Out/2014

ESCALA DE PROFUNDIDADE

DESCRIÇÃO LITOLÓGICA



Luiz Humberto Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

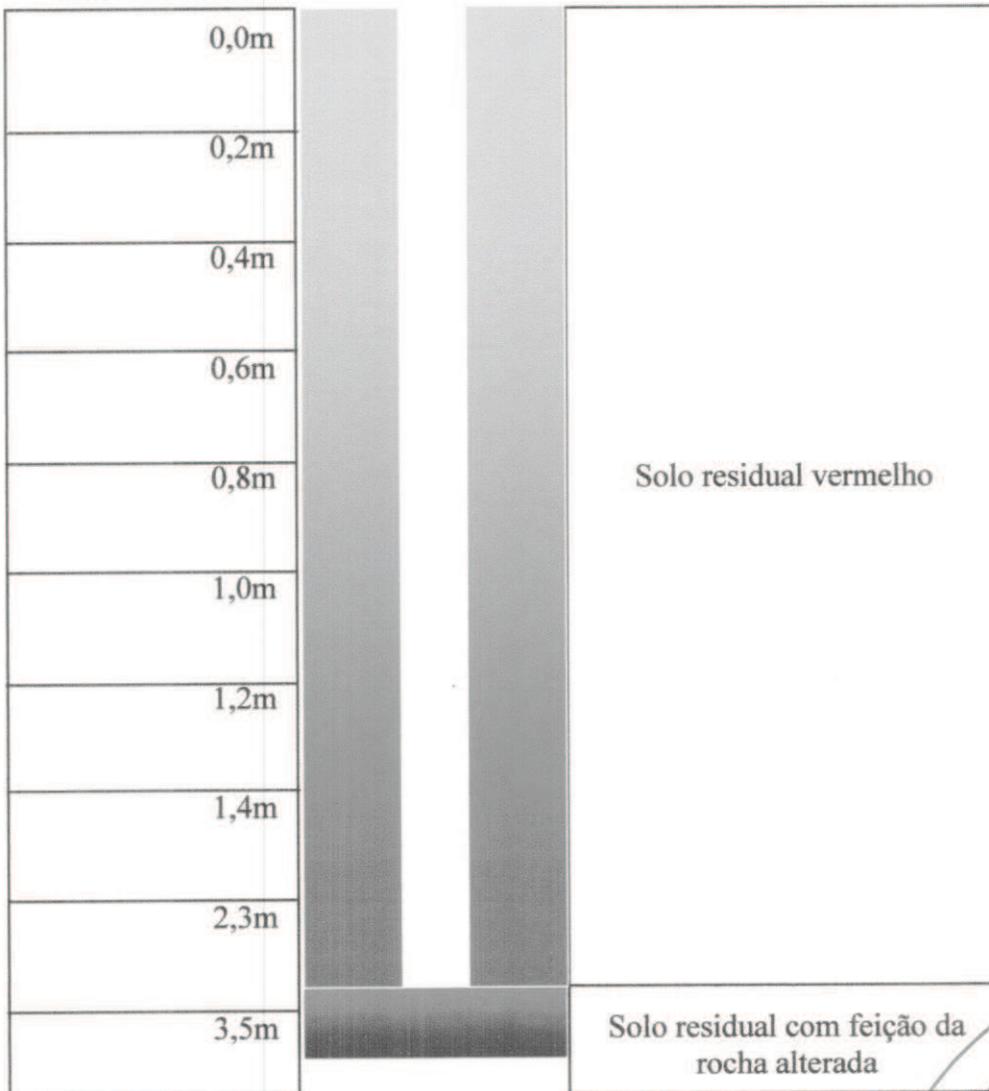
AÇUDE BOA VISTA DE INGAZEIRA, AURORA-CE.
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM – PÁ E PICARETA



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora	Distrito:	
Localidade: Boa Vista de Ingazeira	Distância p/ Sede: 25 km	
Sondagem N° 03	Profundidade: 3,50	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 2 - RIACHO		
Data Início: Mai/2015	Data Término: Mai/2015	

ESCALA DE PROFUNDIDADE

DESCRIÇÃO LITOLÓGICA



Luiz Fernando Leal
 Engenheiro Civil
 CREA-CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
 Engenheiro Civil
 CREA: 1605275549

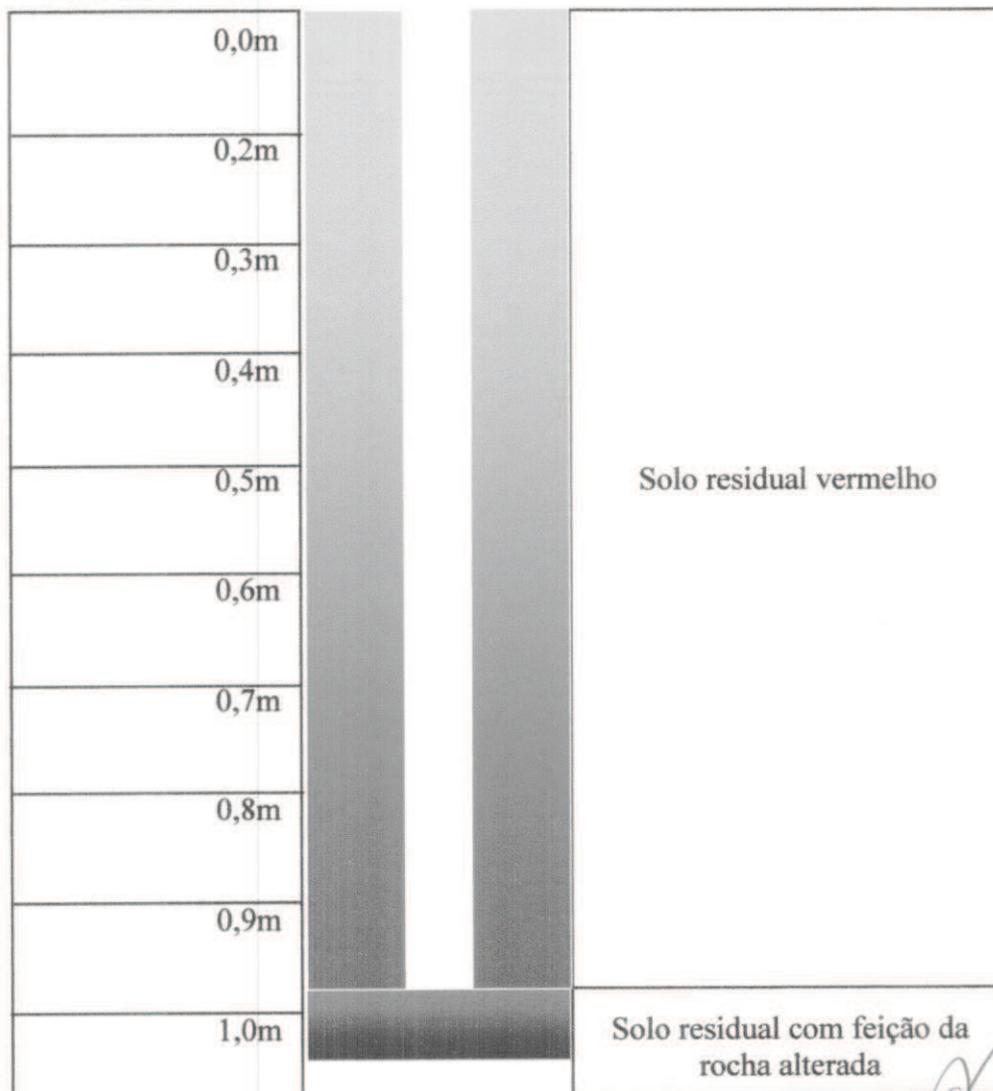
AÇUDE BOA VISTA DE INGAZEIRA, AURORA-CE.
PERFIL CONSTRUTIVO
SONDAGEM – PÁ E PICARETA



Proprietário: Domínio Público		
Município: Aurora		Distrito:
Localidade: Boa Vista de Ingazeira		Distância p/ Sede: 25 km
Sondagem Nº 04	Profundidade: 1,00	Nível Estático: Não identificado
Localização: Estaca 5 - SANGRADOURO		
Data Início: Mai/2015		
Data Término: Mai/2015		

ESCALA DE PROFUNDIDADE

DESCRIÇÃO LITOLÓGICA



Luiz Roberto Leal
Engenheiro Civil
CREA/CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

PREFEITURA MUNICIPAL DE AURORA-CE.
PROJETO EXECUTIVO DO AÇUDE BOA VISTA DE INGAZEIRA



VIABILIDADE AMBIENTAL

1. PLANO DE DESMATAMENTO CONVENCIONAL E LIMPEZA DA BACIA HIDRÁULICA. O desmatamento e limpeza a ser executado nas áreas de projeção do maciço, sangradouro, empréstimos e bacia hidráulica serão rigorosamente delimitados em função dos elementos técnicos existentes no projeto e executado conforme premissa da Prefeitura Municipal de Aurora-Ce. As áreas adjacentes ao lago terão sua cobertura vegetal preservada e onde houver degradação pré-existente ou causada pela retirada de materiais (empréstimos) destinados à execução da obra, o solo será recomposto com material proveniente de bota-fora e/ou expurgos, criando assim, condições de remanejamento orgânico do solo onde, de forma natural, a vegetação brotará total e definitivamente.
2. PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE JAZIDAS, BOTA-FORAS E CANTEIRO DE OBRAS. Os locais de empréstimos (jazidas) terão seus taludes rebaixados e devidamente nivelados, criando-se curvas de drenagem superficial que impeça o surgimento de fatores erosivos. Os bota-foras serão aplainados e adequados à topografia local.
3. PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO ATINGIDA. Na superfície territorial da bacia hidráulica não existe unidades residenciais e/ou qualquer tipo de edificação.
4. PERDA DE INFRAESTRUTURAS EXISTENTES. Não existe na bacia hidráulica do Açude Boa Vista de Ingazeira, nada que justifique ser considerados elementos de infraestrutura.
5. PLANO DE IDENTIFICAÇÃO/RESGATE DO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO. Na bacia hidráulica do açude Boa Vista de Ingazeira não existe qualquer testemunho material que justifique a presença de peças do patrimônio arqueológico.
6. ANÁLISE AMBIENTAL, QUALIDADE DA AGUA, SALINIZAÇÃO. O pretense população terá, além da pesca e da agricultura de subsistência, motivos para o lazer e saudável convívio social. O Riacho sem denominação oficial do futuro reservatório, fora do período chuvoso apresenta-se totalmente seco, impossibilitando coleta para execução de análise química da água. No entanto, informações obtidas através de moradores das imediações da localidade Boa Vista de Ingazeira, local do projeto, que ao longo de décadas convivem na região, asseguram que durante o período das chuvas colhe-se na correnteza do referido riacho, água comprovadamente palatável, isenta de sabores acusadores da presença de sais minerais (cloreto de sódio).

Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10525 - D

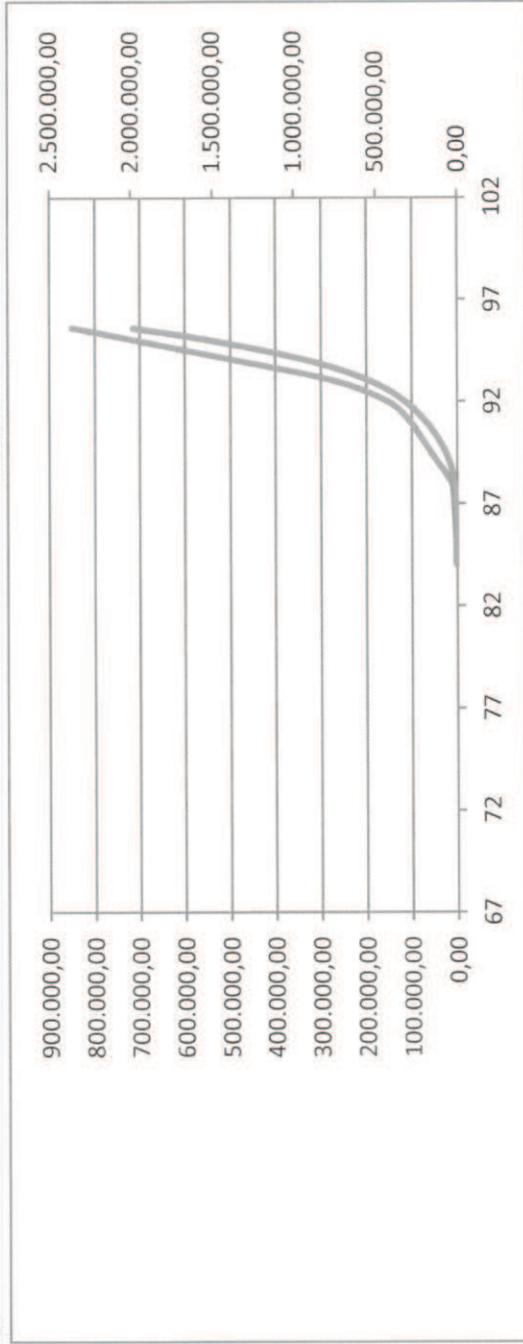
Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549

ÇAÚDE BOA VISTA DE INGAZEIRA, MUNICÍPIO DE AURORA-CE
BACIA HIDRÁULICA

DIAGRAMA COTA, ÁREA, VOLUME.

COTA	ÁREA	VOLUME
95,6	850.000,00	1.983.669,84
95	710.697,00	1.515.460,74
94	489.099,00	915.562,74
93	273.308,24	534.359,12
92	155.095,00	320.157,50
91	103.999,00	190.610,50
90	72.695,00	102.263,50
89	42.908,00	44.462,00
88	12.221,00	16.897,50
87	6.356,00	7.609,00
86	2.835,00	3.013,50
85	1.256,00	968,00
84	680,00	0,00

ABRI



VOLUME
ÁREA

Luiz Roberto Leal
Engenheiro Civil
CREA: 10525 - D

Luiz Sales de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1605275549





LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO EM RELAÇÃO AO ESTADO



Luiz Humberto Leal
Engenheiro Civil
CREA-CE 10525 - D

Luiz Alves de Freitas
Engenheiro Civil
CREA: 1606276-0