

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS PROURB / CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ARACOIABA
E ADUTORAS DE ARACOIABA E BATURITÉ

RELATÓRIO SÍNTESE

RHAR - 980820 - RE

CONSÓRCIO GEODINÂMICA COBA

FORTALEZA- CE
DEZEMBRO DE 1997

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURBICE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ARACOIABA
E ADUTORAS ARACOIABA E BATURITÉ

RELATÓRIO SÍNTESE

RHAR-980820-RE



CONSÓRCIO GEODINÂMICA COBA

Lote: 02341 Prep Scan Index ()

Projeto Nº 0217/13

Volume

Qtd A1 17

Qtd A2

Qtd A3

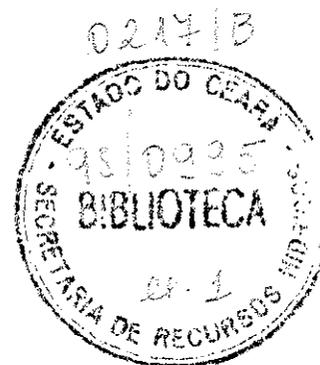
Qtd. A3

Qtd A1

Outros

ZA

RELATÓRIO SÍNTESE



1- INTRODUÇÃO

Este relatório é parte integrante do conjunto de documentos a serem apresentados à SRH e referente conclusão dos estudos e projetos elaborados pelo Consórcio *GEODINÂMICA/COBA*, durante a fase de projeto executivo da barragem de Aracoiaba.

Conforme sistemática definida pela SRH, este Relatório Síntese engloba os seguintes assuntos:

- Síntese dos Estudos Básicos
- Descrição Sumária da Obra
- Ficha Técnica do Reservatório
- Síntese dos Custos dos Serviços e Equipamentos

2 - SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

2.1 - Considerações Iniciais

Os estudos básicos foram elaborados na Fase A, ou seja, na fase de Anteprojeto. Na Fase B, Projeto Executivo, alguns estudos básicos, principalmente os ligados a geologia e geotecnia, foram complementados com base em investigações e ensaios de laboratório adicionais.

A Fase A foi iniciada em abril/97, com a presença de uma equipe multidisciplinar em Fortaleza, para coleta de dados técnicos disponíveis e visita de inspeção aos locais de interesse das obras.

Com base nos dados e observações coletadas foi definido em consenso com a COGERH, a área do barramento e alternativas de eixo. A partir desta definição foi elaborado o programa de investigações e definida a metodologia para execução dos levantamentos topográficos.

Os resultados dos estudos iniciais constam do "Relatório de Atividades Iniciais - RHAR-970422-RE, de onde são resumidamente ressaltados os seguintes aspectos:

2.1.1 - *Documentação Existente*

2.1.1.1 - Documentação Cartográfica

- Carta do Brasil, escala 1:100.000; folhas Baturité, Canindé, Beberibe, Quixadá, Itapiuna e Bonhu; editadas pela SUDENE/DSG; 1971/85.
- Planta cadastral com coordenadas UTM e curvas de nível a cada 40 m.
- Ortofotocartas, escala 1:10.000; folhas 75151 a 3, 75162 a 6, 75172 a 6 e 75185 a 6; elaboradas pela OSIC - China Coal para o IDACE-INCRA, em 1991.
- Planta com curvas de nível a cada 10 m, da restituição aerofotogramétrica, coordenadas UTM, implantadas sobre ampliações fotográficas após a correção das distorções laterais.
- Planta Topográfica da Bacia Hidráulica do Açude Público de Aracoiaba, escala 1:10.000, desenho s/nº, s/data, preparado em 1965 para o DNOCS.

- Apresenta a locação do 1º eixo estudado (em arco), a delimitação do nível máximo do reservatório, coordenadas UTM e curva de nível a cada 5 m sobre restituição aerofotogramétrica.
- Planta Topográfica da Bacia Hidráulica, escala 1:20.000; elaborada pelo Consórcio PROMON-HIDROTERRA, em 1986, para o DNOS dentro do PRONI-Programa Nacional de Irrigação.
- Apresenta um eixo "sigmoidal" no local aproximado do ora proposto, delimitação da bacia hidráulica e indicação dos canais de ligação e barramentos vizinhos para o plano de aproveitamento integrado das bacias da RMF.

2.1.1.2 - Documentação Geológica

- Projeto RADAMBRASIL, Volume 21 - FORTALEZA (folha SA.24) e Folhas Jaguaribe/Natal, editado pelo MME em 1981.
- Relatório Geológico-Geomorfológico - Uso Potencial da Terra - Vegetação e Pedologia e Mapas Temáticos respectivos, na escala 1:250.000.
- Geologia da Bacia Jaibaras - Projeto Jaibaras (Ceará, Piauí e Maranhão) - DNPM; série geológica nº 14, 1979.
- Mapa Geológico Preliminar da Folha SB.24-X-A-I, escala 1:25.000, da CPRM, elaborado em 1992 por Brandão, R.L. a partir de trabalhos do Curso de Graduação da UFC.
- Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - Folhas Jaguaribe (SB.24) e Fortaleza (SA.24); do DNPM; 1974.

2.1.1.3 - Documentação Hidrológica

- Dados Pluviométricos dos Postos Aracoiaba, Baturité e Adriano Diogo, no período de 1970-1980.
- Fluviometria da Bacia do Aracoiaba e de bacias de dimensões e características litomorfológicas similares.

2.4 - Outros Documentos Utilizados

- Fotografias Aéreas, escala 1:32.500, de 1988, da Aerofoto Cruzeiro S/A. Projeto O-399. Fotos das faixas 18A (003 e 004), 19A (007 a 009), 20A (029 a 031), 21E (012 a 015), 22A (003 a 005) e 23 (055 a 057).
- Atlas do Ceará, editado pelo IPLANCE, em 1995.
- Informações Básicas Municipais do IPLANCE, de 1986; áreas de Aracoiaba e Baturité.

2.1.2 - Reconhecimento de Campo

O reconhecimento de campo envolveu o local de implantação das obras, a área do reservatório e a região a jusante do barramento. Durante esta visita procurou-se identificar os diversos aspectos que pudessem ter importância no desenvolvimento dos estudos, principalmente os ligados a condições topográficas, de vegetação, de acessos e aspectos geológico-geotécnicos.

Vale ressaltar que durante a visita foi possível identificar no campo o eixo do barramento definido nos estudos anteriores.

Os resultados dos estudos iniciais serviram de ponto de partida para a elaboração dos estudos básicos.

A seguir é apresentada uma síntese dos principais estudos básicos elaborados.

2.2 Estudos Cartográficos e Topográficos

2.2.1 - Área da Bacia Hidráulica

Na área da bacia hidráulica foi feito o levantamento planialtimétrico através de seções espaçadas a cada 100,0 m e piquetadas a cada 50,0 m. Além da bacia hidráulica, este levantamento abrangeu também a área de interesse para o eixo do barramento. Este levantamento abrangeu toda a área limitada pela cota 100,00.

O levantamento efetuado permitiu a elaboração de uma planta da área da bacia hidráulica na escala 1:20.000 com curvas de níveis a cada 5,0 m e plantas na escala 1:5.000, com curvas de níveis a cada metro. Estes elementos possibilitaram a determinação da curva cota x volume do reservatório e permitiram identificar o trecho da estrada que liga as localidades de Aracoíaba e Vazantes, o qual deveria ser relocado devido a interferências com o reservatório e com a construção da obra.

2.2.2 - Área do Barramento

Além do levantamento descrito no item anterior, foram executados na área de interesse do barramento os seguintes levantamentos:

- Levantamento das regiões de interesse para implantação das estruturas componentes do barramento através de seções ao longo do eixo das mesmas e espaçadas a cada 20,0 m, abrangendo uma faixa de 150,0 m para cada lado do eixo.
- Implantação de marcos de concreto para marcação da obra
- Amarração das investigações executadas na área do barramento, áreas de empréstimo, jazidas de areia e pedreiras

Os levantamentos efetuados permitiram a elaboração de plantas com curvas de níveis a cada metro e nas escalas 1:2.500 e 1:1.000.

2.2.3 - Sistema de Coordenadas

Os levantamentos efetuados foram amarrados ao sistema de coordenadas UTM, tomando como base o marco localizado na estação ferroviária da cidade de Baturité.

2.3 - Estudos Hidrometeorológicos

2.3.1 - Generalidades

Os estudos básicos referentes aos elementos hidrometeorológicos da bacia do rio Aracoiaba constaram de:

- Caracterização Fisiográfica
- Caracterização Climática
- Estudos Pluviométricos
- Estudos de Deflúvios
- Estudo da Cheia de Projeto

2.3.2 - Caracterização Fisiográfica

A partir das Cartas Topográficas na escala 1:100.000, obteve-se para a bacia hidrográfica da barragem de Aracoiaba as seguintes características fisiográficas principais:

- Área de Drenagem: 584,05 Km²
- Perímetro da Bacia: 136,78 Km
- Coeficiente de Compacidade: 1,60
- Coeficiente de Forma: 0,13
- Declividade Média da Bacia: 0,231 m/m
- Declividade Média da Parte Superior da Bacia (altitude > 200m): 0,3000 m/m
- Declividade Média da Parte Inferior da Bacia (altitude < 200m): 0,0769 m/m
- Declividade Média do Curso D'Água Principal: 0,00361 m/m
- Declividade Média da Parte Superior do Curso D'Água Principal: 0,0209 m/m
- Declividade Média da Parte Inferior do Curso D'Água Principal: 0,0020 m/m
- Comprimento do Curso D'Água Principal: 53,1 Km
- Ordem da Bacia, segundo o Método de Horton-Strahler, na escala de 1:100.000: 4^a. ordem
- Principal Afluente da Margem Esquerda: Riachos Candeia e do Susto
- Principais Afluentes da Margem Direita: Riachos Putiú e Macunã
- Açudes Existentes: somente na margem direita do Rio Aracoiaba existe um pequeno açude digno de nota, qual seja o Açude Novo, no Riacho Macunã.

2.3.3 - Caracterização Climática

2.3.3.1. Parâmetros Climáticos

Na bacia do açude Aracoiaba somente existe a estação meteorológica Guaramiranga, no município homônimo, e que representa muito bem o comportamento climático da parte superior - 42% da área total da bacia.

A parte inferior da bacia terá seu comportamento climático representado, com razoável aproximação, pela estação meteorológica de Fortaleza, em Fortaleza-Ce.

2.3.3.2 - Temperatura

Nas Tabelas mostradas a seguir, constata-se facilmente a grande diferença de comportamento climático entre as cabeceiras - representado pela estação Guaramiranga, e a parte baixa da bacia representado pela estação de Fortaleza. As temperaturas médias anuais apresentam diferença, variando em torno de 30%.

Tab. 2.3.3.2.a Temperatura Média, Mínima Média, Máxima Média, Mínima Absoluta e Máxima Absoluta

Estação Meteorológica de Fortaleza													
MESES													
TEMPERATURA	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Média	27.3	26.9	26.5	26.5	26.4	26.0	25.8	26.2	26.7	27.2	27.3	27.5	26.7
Mínima Média	24.4	23.8	23.5	23.4	23.3	22.8	22.3	22.6	23.3	23.9	24.4	24.6	23.5
Máxima Média	30.6	30.2	29.7	29.8	30.0	29.7	29.7	30.2	30.4	30.8	30.9	31.0	30.3
Mínima Absoluta	22.1	21.8	22.1	21.9	21.9	21.3	20.8	21.0	21.7	22.2	22.7	23.0	21.9
Máxima Absoluta	32.1	31.8	31.3	31.2	31.2	30.0	31.1	31.1	31.1	32.0	31.9	32.3	31.4

Tab. 2.3.3.2.b- Temperatura Média, Mínima Média, Máxima Média, Mínima Absoluta e Máxima Absoluta

Estação Meteorológica de Guaramiranga													
MESES													
TEMPERATURA	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Média	21.2	20.9	20.9	20.9	20.6	20.0	19.7	19.2	20.4	20.8	21.0	20.5	20.5
Mínima Média	17.8	18.2	19.1	18.3	18.1	18.8	16.3	16.1	16.9	17.5	17.8	18.9	17.8
Máxima Média	25.9	25.4	24.7	24.4	23.3	22.9	23.4	25.1	26.5	26.8	26.0	26.5	25.1
Mínima Absoluta	13.4	12.4	12.8	10.6	10.6	10.0	10.0	10.0	11.6	14.6	13.2	15.0	12.0
Máxima Absoluta	30.6	30.2	29.4	28.5	28.2	28.0	28.5	29.2	30.1	30.4	30.5	30.6	29.5

2.3.3.3 - Umidade Relativa do Ar

Na Tabela 2.3.3.3, observa-se um maior teor de umidade do ar na estação Guaramiranga, o que é explicado pela presença de floresta nas cabeceiras da bacia.

Tabela 2.3.3.3 - Umidade Relativa do ar

MESES													
Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
Fortaleza	79	81	85	85	84	82	80	75	73	74	74	76	79.0
Guaramiranga	82	88	90	89	81	87	85	80	78	83	79	77	83.3

2.3.3.4 - Velocidade do Vento

A velocidade do vento a altura de 2m, apresentados na Tabela 2.3.3.4, mostram que na parte alta da bacia estudada ocorre velocidades de vento menores que na parte baixa.

Tabela 2.3.3.4 - Velocidade Média do Vento

Posto	MESES												MÉDIA ANUAL
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	3.9	3.4	2.8	2.6	3.2	3.4	3.9	4.7	5.2	5.0	4.8	4.4	3.9
Guaramiranga	1.9	1.7	1.7	1.7	1.9	2.5	2.1	2.2	2.4	2.1	1.9	1.9	2.0

2.3.3.5 - Insolação

Observa-se na Tabela 2.3.3.5, que a insolação na parte alta da bacia é 45% inferior à parte baixa, aqui representada pela estação de Fortaleza.

Tabela 2.3.3.5 - Insolação (Horas)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	223	173	152	154	203	229	257	285	274	282	277	259	2.766,2
Guaramiranga	150	108	90.3	102	134	155	175	218	209	188	188	187	1.903,4

2.3.3.6 - Nebulosidade

No que concerne à nebulosidade, a Tabela 2.3.3.6, demonstram claramente o efeito orográfico na bacia estudada.

Tabela 2.3.3.6 - Nebulosidade (0-10)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	5.8	6.3	6.7	6.3	5.8	4.9	4.6	3.8	4.0	4.3	4.7	5.0	5.2
Guaramiranga	7.0	7.0	8.0	8.0	7.0	7.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.6

2.3.3.7 - Evaporação

A evaporação normalmente é medida pelos seguintes aparelhos: evaporímetro de Piché e evaporímetro Tanque Classe "A".

Tabela 2.3.3.7.a - Evaporação de Piché (mm)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	129.9	98.7	75.3	69.8	80.4	96.5	116.9	157.1	164.3	178.5	167.2	151.7	1486.3
Guaramiranga	58.8	41	29.3	33.1	30.7	33.9	42.8	60.7	73.6	97.6	78.2	75	654.7

Tabela 2.3.3.8.b - Evaporação Tanque Classe "A" (mm)

Posto	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Fortaleza	223.7	171.5	150.1	145.0	162.8	161.5	200.2	247.1	265.8	272.9	264.8	262.4	2527.8
Guaramiranga	118	82.4	63.3	71.5	61.7	68.2	79.7	104	137	182	146	140	1252.9

2.3.3.8 - Evapotranspiração

Tabela 2.3.3.8.a - Evapotranspiração Potencial em Fortaleza (mm)

Método	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Hargreaves	139.8	119.9	115.1	105.1	103.4	100.3	110.9	134.8	147.4	156.4	151.1	149.0	1533.2
Thornthwaite	157	133	138	133	135	123	123	131	136	153	151	160	1674.0

Tabela 2.3.3.8.b - Evapotranspiração Potencial em Guaramiranga (mm)

Método	MESES												ANO
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Hargreaves	109.5	84.74	80.03	77.41	95.38	74.31	84.02	102.3	116.4	107.5	118	88.72	1138.3
Thornthwaite	87.01	75.54	82.7	79.52	79.09	71.38	71.61	67.81	75.35	82.61	82.2	80.74	935.5

2.3.3.9 - Sinopse Climática

- Pluviometria anual média:
 - Nas cabeceiras da bacia.....1154,6mm
 - No centro da bacia..... 1098,4mm
 - No exutório da bacia..... 914,5mm

- Evaporação anual média de Piché:
 - Na parte alta da bacia..... 654,7mm
 - Na parte baixa da bacia.....1486,3mm

- Evaporação anual média do Tanque Classe "A":
 - Na parte alta da bacia.....1252,9mm
 - Na parte baixa da bacia.....2527,8mm

- Evapotranspiração potencial anual média de Thornthwaite:
 - Na parte alta da bacia..... 935,5mm
 - Na parte baixa da bacia.....1674,0mm

- Evapotranspiração potencial anual média de Hargreaves:
 - Na parte alta da bacia.....1138,3mm
 - Na parte baixa da bacia.....1533,2mm

- Umidade relativa do ar média anual:
 - Na parte alta da bacia.....83,3%
 - Na parte baixa da bacia.....79,0%

- Velocidade do vento média anual:
 - Na parte alta da bacia.....2,0m/s
 - Na parte baixa da bacia.....3,9m/s

- Insolação média anual:
 - Na parte alta da bacia.....1903,4 h
 - Na parte baixa da bacia.....2766,2 h

- Nebulosidade (0 - 10) média anual:
 - Na parte alta da bacia.....6,6
 - Na parte baixa da bacia.....5,2
- Temperatura média anual do ar:

Temperatura (°C)	Localização da bacia	
	Parte Alta	Parte Baixa
Máxima Absoluta	29,5	31,4
Média das Máximas	25,1	30,3
Média das Médias	20,5	26,7
Média das Mínimas	17,8	23,5
Mínima Absoluta	12,0	21,9

2.3.4 - Estudos Pluviométricos

2.3.4.1 - Postos Utilizados

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS

Nº de ordem	CÓDIGO	NOME DO POSTO	MUNICÍPIO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	DATA DE INSTALAÇÃO
				LATITUDE	LONGITUDE		
1	2881895	Aratuba	Aratuba	04° 25'	39° 02'	600	10/1935
2	2882415	Pacoti	Pacoti	04° 13'	38° 56'	800	10/1913
3	2882458	Acarape	Redenção	04° 13'	38° 43'	76	01/1912
4	2882601	Mulungu	Mulungu	04° 18'	39° 00'	1050	05/1916
5	2882626	Baturité	Baturité	04° 20'	38° 53'	123	10/1911
6	2882648	Antônio Diogo	Redenção	04° 19'	38° 46'	171	01/1922
7	2882735	Aracoiaba	Aracoiaba	04° 22'	38° 50'	101	01/1913
8	2882862	Vazantes	Aracoiaba	04° 25'	38° 42'	50	01/1932
9	2892012	Riachão	Capistrano	04° 31'	38° 57'	130	01/1912

2.3.4.2 - Principais Parâmetros Estatísticos dos Postos Utilizados

POSTO		Parâmetros Estatísticos													
Código	Nome	Jan.	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
2881895	Aratuba	Média	112.3	182.8	305.5	349.9	297.8	180.5	111.9	32.5	17.6	21.3	23.6	57.0	1736.5
		D.P.	98.9	132.0	144.7	198.2	180.5	133.9	101.2	39.8	21.6	33.9	26.3	57.1	601.9
		C.V.	0.88	0.72	0.47	0.57	0.61	0.74	0.90	1.23	1.23	1.59	1.11	1.00	0.35
		Ass.	1.50	1.41	1.03	1.53	0.85	0.98	1.40	2.12	1.68	3.93	2.44	2.00	0.51
		Curt.	2.21	1.80	1.18	3.85	0.27	0.71	2.55	5.23	2.96	19.25	8.40	5.64	-0.14

**CONSÓRCIO
GEODINÂMICA/COBA**

POSTO		Parâmetros													
Código	Nome	Estatísticos													
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano	
2882415	Pacoti	Média	121.9	185.2	300.4	274.9	212.9	133.5	88.3	38.8	30.1	32.8	33.6	53.5	1433.7
		D.P.	79.4	115.2	136.2	123.9	104.5	77.9	62.0	36.1	30.8	28.4	30.6	43.1	433.5
		C.V.	0.65	0.62	0.45	0.45	0.49	0.58	0.70	0.93	1.02	0.87	0.91	0.81	0.30
		Ass.	1.44	0.70	0.25	1.37	0.52	0.71	0.52	0.90	0.99	0.74	1.92	1.59	0.22
		Curt.	2.82	-0.49	0.00	2.20	0.34	0.24	-0.75	0.48	0.15	-0.24	4.33	3.04	-0.17
2882458	Acarape		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	83.2	165.6	273.0	245.7	149.7	71.4	25.6	7.9	6.0	7.3	9.9	31.8	1096.6
		D.P.	80.6	117.5	114.7	101.5	93.5	64.1	32.7	13.0	10.5	13.6	16.1	35.7	413.0
		C.V.	0.97	0.71	0.42	0.41	0.62	0.90	1.28	1.64	1.75	1.88	1.63	1.12	0.38
		Ass.	2.02	0.88	0.02	-0.22	0.67	1.36	1.81	2.40	3.24	2.95	2.37	1.40	0.42
2882601	Mulungu		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	83.8	141.5	222.5	247.6	180.4	106.5	55.7	27.0	11.9	14.2	13.7	33.5	1154.6
		D.P.	69.1	87.5	88.7	97.0	88.9	75.5	48.9	26.0	17.8	19.2	18.8	35.7	305.6
		C.V.	0.82	0.62	0.40	0.39	0.49	0.71	0.88	0.96	1.50	1.36	1.37	1.07	0.26
		Ass.	1.52	1.00	0.16	0.48	0.59	0.88	1.19	1.10	1.92	2.03	2.63	2.91	1.07
2882626	Baturite		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	91.1	150.7	247.1	215.8	172.3	86.9	40.6	13.8	9.3	12.8	15.3	34.1	1098.4
		D.P.	77.4	99.3	103.5	101.1	95.4	69.4	45.0	26.1	16.7	17.4	21.1	38.0	375.7
		C.V.	0.85	0.66	0.42	0.47	0.55	0.80	1.11	1.90	1.78	1.35	1.38	1.11	0.34
		Ass.	1.63	0.64	0.08	0.10	0.08	1.29	2.09	4.22	2.98	2.49	2.34	1.89	0.12
2882648	Antônio Diogo		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	78.4	172.1	268.8	259.8	170.4	88.1	51.5	10.5	12.6	9.9	13.6	30.5	1156.6
		D.P.	75.9	125.7	114.1	126.5	103.8	65.5	46.4	15.0	18.0	13.7	18.4	34.5	384.3
		C.V.	0.97	0.73	0.42	0.49	0.61	0.74	0.90	1.43	1.43	1.38	1.36	1.13	0.33
		Ass.	2.09	0.90	0.24	0.46	0.45	0.81	0.87	1.50	1.81	1.93	2.89	1.61	0.41
2882735	Aracoiaba		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	72.7	138.6	218.8	222.8	168.8	78.9	31.6	4.6	2.6	3.0	9.4	23.0	946.6
		D.P.	67.9	91.9	113.1	144.3	107.5	63.6	46.5	8.5	4.9	5.8	17.6	31.1	384.7
		C.V.	0.93	0.66	0.52	0.65	0.64	0.81	1.47	1.85	1.91	1.92	1.89	1.35	0.41
		Ass.	1.79	0.92	1.00	1.83	0.45	1.08	1.96	2.13	1.89	2.24	2.23	1.52	0.70
2882862	Vazantes		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	70.2	131.8	235.4	208.8	134.6	59.8	25.7	5.5	3.0	6.8	7.6	23.0	914.5
		D.P.	69.9	91.5	105.2	110.8	97.6	56.3	36.1	10.3	5.7	14.8	18.8	26.3	374.9
		C.V.	1.00	0.69	0.45	0.53	0.73	0.94	1.40	1.86	1.90	2.19	2.46	1.15	0.41
		Ass.	2.07	0.65	0.21	0.50	0.50	1.34	1.87	2.69	2.66	4.60	5.28	1.46	0.77
2892012	Riachão		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
		Média	80.6	146.7	209.7	173.4	139.2	56.9	25.8	6.4	3.8	4.1	7.0	20.9	882.7
		D.P.	64.3	109.8	128.3	94.2	114.5	41.4	37.3	17.3	7.3	9.6	14.9	26.3	444.9
		C.V.	0.80	0.75	0.61	0.54	0.82	0.73	1.45	2.72	1.91	2.37	2.13	1.26	0.50
		Ass.	0.94	0.80	0.33	0.61	1.42	-0.32	1.87	3.71	1.90	3.34	2.73	1.16	0.60
	Curt.	0.76	-0.58	-0.69	1.07	1.53	-1.47	3.46	14.60	2.56	12.42	7.52	0.17	0.13	

2.3.4.3 - Precipitações Diárias

Precipitações Máximas Diárias (mm)
(Distribuição de Probabilidade Pearson III)

Tempo De Retorno	Postos Pluviométricos			
	Anos	2882862 Aracoiaba	2882626 Baturité	2882601 Mulungu
10		103.9	94.6	83.3
50		131.3	113.6	94.8
100		142.4	120.7	99.0
500		167.5	135.9	107.7
1,000		178.2	142.1	111.1
10,000		214.1	161.6	121.5

2.3.4.4 - Pluviometria Média da Bacia

Na tabela a seguir é apresentada a pluviometria média da bacia a nível mensal e anual, como também o seu resumo estatístico.

ANO	MESES												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
912	121.6	290.5	240.0	263.0	274.8	115.2	18.5	44.0	4.5	33.8	8.7	10.7	1425.3
913	45.9	367.3	430.6	228.7	131.9	96.5	58.8	7.8	10.6	53.4	8.8	140.4	1580.7
914	160.6	220.2	199.8	246.4	179.3	237.2	47.2	52.2	1.1	3.6	13.2	4.3	1365.1
915	24.7	34.8	91.0	74.1	38.4	43.0	8.8	12.0	2.8	5.0	1.4	32.1	368.1
916	91.9	123.9	307.0	188.7	157.3	96.0	0.2	0.2	1.0	2.9	33.1	105.4	1107.6
917	315.0	327.9	394.9	275.7	383.7	115.4	22.1	5.0	12.5	0.4	44.5	41.1	1938.2
918	90.4	174.7	206.1	217.5	188.9	66.3	15.3	41.0	12.4	5.8	5.1	77.8	1101.3
919	6.3	36.5	42.0	44.8	40.9	29.6	42.6	19.9	30.9	7.4	8.0	4.6	313.5
920	20.3	48.1	404.8	201.8	176.2	92.8	45.7	15.3	5.8	2.7	26.6	98.2	1138.3
921	74.3	283.3	343.4	277.1	321.1	58.5	131.6	2.5	16.5	23.1	39.9	9.4	1580.7
922	39.1	64.2	150.8	409.7	229.8	121.5	99.9	39.0	2.3	2.2	36.1	15.2	1209.8
923	90.6	197.2	263.3	204.3	83.6	59.1	52.4	0.0	2.9	2.3	8.7	1.4	965.8
924	129.1	226.7	417.9	310.2	308.0	243.9	15.3	0.0	3.4	13.0	6.0	34.4	1707.9
925	138.2	121.3	202.8	281.5	122.3	26.1	10.0	3.1	51.6	7.7	8.8	22.2	995.6
926	85.9	215.0	376.7	316.0	154.6	41.4	11.8	0.0	0.8	2.7	2.1	1.1	1208.1
927	48.0	126.4	171.9	367.8	137.5	33.4	40.9	1.0	12.9	6.9	1.1	3.0	950.8
928	59.3	36.4	210.2	246.9	75.5	40.5	8.5	0.0	6.9	30.5	5.1	13.9	733.7
929	43.3	254.1	269.7	243.3	150.1	31.3	55.8	15.7	8.7	20.1	6.4	34.4	1132.9
930	67.3	62.6	133.8	134.9	41.9	88.5	14.9	8.4	2.2	21.6	5.0	33.7	614.8
931	56.6	187.3	94.1	144.4	36.4	35.7	8.6	3.7	1.4	0.0	0.9	1.6	570.7
932	64.2	135.5	93.6	100.5	51.0	85.5	32.4	6.8	39.1	5.9	0.8	9.6	624.9
933	87.6	128.2	193.1	350.2	91.4	17.7	23.4	0.0	0.0	9.2	9.0	37.2	947.0
934	71.2	245.7	347.8	207.0	243.4	45.1	0.0	0.0	11.6	1.0	17.5	76.1	1266.4
935	68.9	201.0	270.2	280.5	204.1	167.0	65.5	16.8	4.9	11.5	2.1	16.9	1309.4
936	16.2	121.3	120.3	63.0	185.3	215.4	26.4	2.6	4.6	6.4	3.7	4.3	769.5
937	1.5	183.7	159.0	276.9	224.3	141.8	61.4	22.3	22.9	26.0	16.0	12.7	1148.5
938	92.8	59.0	370.6	342.3	176.6	44.4	15.0	32.8	7.0	15.0	13.0	24.4	1192.9
939	65.2	292.5	250.1	130.1	95.7	40.0	52.5	40.3	24.3	85.8	29.8	16.6	1122.9
940	143.3	116.9	274.7	415.7	346.2	202.4	113.8	31.2	8.2	10.7	0.8	22.3	1686.2

**CONSÓRCIO
GEODINÂMICA/COBA**

ANO	MESES												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
941	33.5	87.9	176.9	286.0	93.0	43.7	17.8	4.5	0.8	9.6	7.6	24.4	785.7
942	16.3	124.0	195.1	170.0	140.4	34.1	10.2	8.7	1.1	19.0	4.1	16.4	739.4
943	100.1	109.1	185.8	212.3	82.3	34.0	64.2	17.6	0.2	4.3	30.2	69.5	909.6
944	78.6	28.9	187.2	186.2	234.4	41.3	38.6	0.5	1.4	6.4	1.2	49.9	854.6
945	81.9	331.8	222.1	301.1	237.4	165.4	59.5	18.2	6.9	16.1	19.2	33.7	1493.3
946	303.1	170.0	203.4	270.1	50.7	37.2	1.7	1.8	1.3	5.1	4.5	32.1	1081.0
947	41.8	188.0	242.4	263.5	218.3	65.4	23.2	5.2	17.9	11.3	106.3	58.1	1241.4
948	120.5	106.4	325.0	206.1	203.8	122.6	87.1	9.3	5.9	9.2	9.2	14.7	1219.8
949	20.9	149.9	340.6	319.0	288.5	66.2	23.8	26.9	2.0	3.4	51.3	8.9	1301.4
950	29.9	158.6	311.0	448.0	227.7	14.3	12.8	0.7	1.9	14.9	11.6	17.3	1248.7
951	40.5	44.8	57.6	216.7	110.2	281.1	12.7	0.0	0.7	22.6	18.7	63.2	868.8
952	48.7	54.6	223.8	248.4	145.1	31.6	1.0	5.1	4.4	3.1	5.7	28.1	799.6
953	23.9	44.9	149.0	245.3	96.7	110.6	10.6	8.1	5.3	1.3	1.9	1.6	699.2
954	38.8	111.5	189.4	99.3	236.9	38.7	21.1	5.1	0.4	0.6	1.8	5.9	749.5
955	73.1	104.2	224.0	290.9	233.9	46.9	8.4	11.1	0.8	37.9	8.4	69.7	1109.3
956	22.0	229.3	277.5	335.5	59.3	46.1	35.8	57.4	8.4	4.2	3.2	45.4	1124.1
957	99.5	19.4	335.2	352.8	78.1	35.3	11.6	0.8	8.9	4.0	3.3	24.2	973.1
958	5.4	42.0	86.7	59.2	221.5	37.4	62.8	0.5	1.3	0.1	6.6	30.3	553.8
959	162.8	219.2	297.1	170.7	169.0	92.2	32.0	9.2	0.0	1.6	6.5	7.6	1167.9
960	24.1	32.0	326.3	277.1	55.8	64.2	42.2	11.2	1.1	2.7	3.6	25.9	866.2
961	103.0	305.3	314.1	234.6	171.3	97.0	41.6	18.2	3.4	9.7	4.4	28.8	1331.4
962	65.4	115.8	446.1	143.8	140.3	28.0	22.3	5.3	16.8	6.6	29.2	43.3	1062.9
963	192.5	231.6	404.4	206.6	87.0	23.7	25.8	7.5	0.4	1.2	62.1	142.8	1385.6
964	235.9	391.9	342.0	479.2	252.1	95.2	52.8	40.1	38.5	10.4	2.5	17.4	1958.0
965	77.5	52.3	209.1	346.0	213.2	233.9	49.4	5.0	15.3	20.1	9.2	20.1	1251.1
966	19.2	81.9	92.7	137.4	243.0	122.0	125.2	15.1	21.2	12.5	15.2	24.2	909.6
967	63.6	283.5	359.9	373.3	329.5	118.2	49.1	31.0	4.0	1.3	1.4	35.5	1650.3
968	117.9	93.2	306.8	215.2	281.8	41.8	64.7	7.9	0.0	11.9	4.9	33.6	1179.7
969	51.4	101.3	208.0	335.4	184.7	172.7	197.2	87.2	33.0	36.3	4.0	12.1	1423.3
970	89.5	36.5	239.1	225.7	44.7	46.3	37.6	11.0	1.3	1.3	13.1	25.6	771.7
971	93.1	126.6	236.6	214.7	211.4	159.0	120.6	28.9	17.5	45.9	37.0	27.9	1319.2
972	47.9	111.3	153.0	146.1	169.9	88.5	49.5	28.4	2.3	6.4	9.7	52.3	865.3
973	93.8	140.1	169.0	252.8	266.8	173.2	82.1	17.9	17.1	11.1	12.7	54.3	1290.9
974	324.5	227.3	319.1	385.7	289.1	149.9	55.2	14.9	29.7	6.5	1.0	80.5	1883.4
975	56.8	140.0	262.5	171.3	250.3	120.9	87.3	12.7	24.6	6.7	7.3	79.0	1219.4
976	68.4	204.6	227.1	190.4	36.2	36.4	20.7	22.6	2.7	39.5	24.4	8.1	881.1
977	188.1	236.0	280.3	225.1	279.7	249.0	167.8	9.2	2.6	4.5	3.6	18.4	1664.3
978	8.0	145.3	196.0	224.0	215.7	97.6	74.1	17.9	10.7	27.0	54.8	9.4	1080.5
979	58.0	101.7	93.6	139.1	142.7	45.5	16.6	16.4	31.6	7.2	26.1	0.5	679.0
980	60.7	364.0	217.5	90.2	27.9	71.7	3.1	4.7	5.6	13.1	1.9	16.2	876.6
981	41.3	36.4	376.6	47.4	96.4	70.7	4.1	0.0	0.0	0.0	3.6	86.4	762.9
982	77.8	101.9	264.9	171.7	187.8	80.0	36.0	20.4	20.8	22.4	24.4	23.0	1031.1
983	18.8	149.5	168.8	101.2	77.3	12.9	2.8	4.6	2.6	5.7	3.4	4.1	551.7
984	59.0	92.5	235.1	229.4	317.7	168.9	130.0	43.5	24.7	19.7	11.7	17.4	1349.6
985	134.9	328.3	416.1	287.3	299.0	204.5	169.4	33.3	1.4	10.7	14.0	58.8	1957.7
986	126.5	241.5	308.8	407.2	210.2	175.1	50.6	30.8	28.3	29.8	37.3	39.4	1685.5
987	55.2	103.9	293.4	197.1	55.8	243.8	33.9	7.7	6.0	12.0	12.3	6.3	1027.4
988	115.9	134.3	162.9	436.6	305.2	113.1	74.1	21.5	34.9	12.1	43.8	85.8	1540.2

MÍN	1.5	19.4	42.0	44.8	27.9	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5	313.5
MÉDIA	82.2	154.8	245.3	239.2	174.3	94.5	45.7	15.4	10.1	12.8	14.8	33.5	1122.8
MÁX	324.5	391.9	446.1	479.2	383.7	281.1	197.2	87.2	51.6	85.8	106.3	142.8	1958.0
D.P.	66.04	93.92	96.40	98.90	90.09	67.67	42.11	16.23	11.61	14.25	17.74	30.97	367.95
C.V.	0.80	0.61	0.39	0.41	0.52	0.72	0.92	1.05	1.14	1.11	1.20	0.92	0.33

2.3.4.4 - Estudo de Chuvas Intensas

A aplicação da metodologia de TABORGA-TORRICO permitiu a obtenção das chuvas intensas na bacia, para diversos tempos de retorno e durações utilizados, conforme mostrado na Tabela a seguir:

Chuvas Intensas na Bacia do Açude Aracoiaba, para Durações de 1 dia, 24 horas e 1 hora

Tempo de Retorno	P _{1 dia} (mm)	P _{24 h} (mm)	Taborga (Isozona D) P _{1h} / P _{24 h}	P _{1h} (mm)
50	131.6	144.8	0.407	58.9
100	143.9	158.3	0.403	63.8
500	173.1	190.4	0.397	75.6
1000	186.0	204.6	0.390	79.8
10000	231.2	254.3	0.379	96.4

2.3.5 - Estudo dos Deflúvios

2.3.5.1 - Dados Existentes

À montante do eixo da barragem do açude Aracoiaba - cerca de 15 Km - há a estação fluviométrica Aracoiaba, no rio Aracoiaba, com área de drenagem de 449 Km² e localização: 04° 22' S e 38° 49' W.

Essa estação fluviométrica possui vazões de razoável qualidade, para o período de 1924 a 1930. Somente existem falhas nos meses de abril a julho de 1925.

Tendo em vista que a estação fluviométrica situa-se relativamente próxima ao local da barragem do açude Aracoiaba, utilizaram-se seus dados para ajustar o modelo chuva-deflúvio escolhido.

2.3.5.2 - Modelo Matemático Chuva-Deflúvio

Com o objetivo de tornar possível a obtenção das vazões mensais, para o período de 1912 a 1988, possibilitando, dessa forma, o estudo de regularização da capacidade de acumulação do açude Aracoiaba, resolveu-se fazer uso do modelo matemático chuva-deflúvio, desenvolvido por LANNA e SCHWARZBACH e que recebeu, de seus autores, a denominação MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável.

O modelo MODHAC é utilizado, com razoável sucesso, no Nordeste brasileiro, principalmente no estado do Ceará, onde foi utilizado em todas as suas bacias hidrográficas, quando da

realização de seu PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos. É também bastante divulgado entre aqueles que fazem a hidrologia da região nordestina.

2.3.5.3 - Volumes Mensais Afluentes

A aplicação do modelo MODHAC à bacia hidrográfica do açude Aracoiaba produziu seus volumes afluentes, cujos valores mensais e anuais estão apresentados na Tabela 2.3.5.3, onde estão apresentados também a estatística dos volumes afluentes gerados pelo modelo MODHAC, onde se observa que o volume médio afluente do açude Aracoiaba foi de 155,48 hm³, com coeficiente de variação de 0,82.

Tabela 2.3.5.3 - Volumes afluentes mensais e anuais (hm³) ao açude Aracoiaba e respectivos parâmetros estatísticos mais importantes

ANO	M E S E S												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
912	0.00	32.58	31.04	38.21	91.13	43.22	8.39	6.83	4.82	3.59	2.42	1.75	263.99
913	1.34	36.29	84.56	70.42	43.61	8.37	8.31	7.56	5.19	3.91	2.78	8.59	280.93
914	2.48	18.53	24.99	31.72	44.72	71.67	8.82	8.40	6.17	4.27	2.83	2.05	226.65
915	1.48	1.06	0.92	0.83	0.84	0.70	0.60	0.46	0.33	0.25	0.18	0.14	7.77
916	0.12	0.13	31.39	16.59	18.69	6.68	5.83	4.57	3.06	2.16	1.48	1.15	91.85
917	37.61	42.48	141.66	96.58	174.85	41.19	8.68	7.00	4.73	3.35	2.23	1.79	562.16
918	1.48	3.10	16.62	26.02	20.10	11.41	6.82	5.47	3.88	2.77	1.83	1.34	100.85
919	1.09	0.78	0.72	0.58	0.53	0.41	0.36	0.29	0.22	0.17	0.12	0.10	5.36
920	0.08	0.06	41.10	26.73	22.08	10.00	7.07	6.24	4.24	2.99	2.03	1.59	124.20
921	1.43	17.11	47.05	56.97	149.73	8.50	14.40	8.28	5.81	4.26	2.96	2.27	318.77
922	1.65	1.17	1.17	61.49	28.05	14.48	8.69	8.35	6.59	4.57	2.99	2.33	141.53
923	1.82	3.26	36.57	24.84	6.40	5.97	5.92	4.85	3.24	2.28	1.53	1.12	97.81
924	0.83	14.38	66.42	100.25	118.14	100.37	10.01	7.46	4.95	3.48	2.34	1.70	430.33
925	1.40	1.21	13.74	37.10	16.38	6.42	5.57	4.08	2.86	2.19	1.48	1.09	93.51
926	0.89	7.69	54.34	74.90	44.94	8.43	7.83	5.69	3.77	2.64	1.73	1.25	214.09
927	0.91	0.70	6.36	46.10	12.32	8.08	6.28	4.98	3.35	2.41	1.61	1.16	94.27
928	0.88	0.67	4.62	32.32	16.28	4.23	3.59	2.65	1.80	1.34	0.94	0.71	70.03
929	0.54	13.50	31.23	35.40	13.25	7.52	7.44	6.09	4.16	2.98	2.03	1.55	125.71
930	1.17	0.94	0.90	1.87	1.17	1.09	1.05	0.83	0.60	0.47	0.35	0.29	10.72
931	0.24	0.20	2.35	8.71	1.51	1.34	1.14	0.89	0.65	0.51	0.39	0.32	18.25
932	0.26	0.22	0.25	1.38	0.75	0.68	0.64	0.54	0.42	0.36	0.29	0.25	6.02
933	0.21	0.19	5.24	51.59	6.06	5.37	4.98	3.66	2.45	1.75	1.20	0.89	83.59
934	0.74	12.48	46.74	24.48	58.60	8.52	8.16	6.04	4.08	2.87	1.91	1.51	176.10
935	1.22	4.98	35.45	32.29	39.60	48.69	10.00	8.28	5.81	4.12	2.72	1.95	195.11
936	1.45	1.04	2.63	1.51	8.78	24.78	4.06	3.48	2.38	1.71	1.17	0.88	53.87
937	0.65	2.16	6.69	42.37	23.25	19.64	7.75	7.20	5.10	3.89	2.61	1.94	123.25
938	1.51	1.21	37.14	52.83	33.97	14.51	8.24	6.34	4.48	3.21	2.15	1.59	167.18
939	1.28	17.20	33.96	13.12	8.72	5.98	5.59	4.59	3.38	2.60	2.06	1.54	100.01
940	1.23	1.11	22.02	62.29	151.36	63.08	41.79	8.40	6.15	4.38	2.87	2.07	366.76
941	1.57	1.12	8.01	24.68	18.39	4.96	4.44	3.33	2.25	1.62	1.10	0.84	72.32
942	0.63	0.48	9.55	10.80	9.19	3.88	3.08	2.37	1.64	1.21	0.85	0.65	44.35
943	0.50	0.43	9.27	28.26	4.97	3.67	3.57	2.87	1.99	1.42	1.00	0.78	58.73
944	0.66	0.54	1.57	20.34	21.28	5.22	4.73	3.73	2.51	1.79	1.21	0.91	64.48
945	0.75	34.07	22.23	57.97	80.88	54.68	20.10	7.61	5.29	3.78	2.55	1.97	291.89
946	21.49	11.58	20.27	35.71	9.89	8.14	6.96	5.01	3.33	2.34	1.55	1.14	127.42

**CONSORCIO
GEODINÂMICA/COBA**

ANO	M E S E S												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
947	0.89	3.87	22.08	30.70	43.48	8.03	7.76	5.87	3.95	2.91	1.96	1.79	133.29
948	1.66	1.47	26.65	20.61	23.46	12.85	15.46	7.80	5.42	3.83	2.56	1.88	123.66
949	1.38	1.00	41.34	46.17	93.69	15.02	8.53	7.16	4.93	3.43	2.28	1.83	226.76
950	1.34	0.99	32.84	108.45	95.43	8.38	7.33	5.35	3.56	2.51	1.71	1.28	269.17
951	0.97	0.70	0.63	9.13	1.79	38.19	4.87	4.09	2.75	1.96	1.38	1.07	67.53
952	0.91	0.70	6.32	29.06	19.52	5.01	4.44	3.25	2.20	1.57	1.07	0.81	74.84
953	0.63	0.45	0.46	17.56	5.34	7.74	3.37	2.73	1.90	1.38	0.95	0.72	43.22
954	0.55	0.42	3.33	4.69	19.66	4.03	3.59	2.77	1.90	1.37	0.93	0.71	43.96
955	0.54	0.46	12.18	34.17	36.73	7.03	6.73	5.12	3.43	2.42	1.75	1.37	111.92
956	1.10	6.94	36.25	62.51	8.35	7.58	6.86	5.45	3.99	2.83	1.86	1.35	145.04
957	1.12	0.89	25.43	54.75	7.73	7.18	6.63	4.85	3.25	2.32	1.54	1.13	116.81
958	0.84	0.58	0.54	0.48	17.17	2.03	1.96	1.57	1.10	0.82	0.59	0.48	28.15
959	0.40	17.84	37.43	21.52	25.05	7.56	7.51	6.30	4.24	2.94	1.94	1.41	134.14
960	1.03	0.75	28.90	39.39	6.39	5.93	5.51	4.41	3.03	2.13	1.41	1.05	99.93
961	0.81	27.79	40.49	39.83	51.42	26.80	8.53	7.21	4.86	3.42	2.25	1.65	215.05
962	1.25	0.99	55.96	19.89	9.92	7.08	6.72	5.10	3.48	2.51	1.69	1.33	115.93
963	4.36	13.78	72.29	51.46	31.70	8.27	7.35	5.46	3.64	2.53	1.70	1.51	204.04
964	14.53	58.26	92.04	237.11	90.81	17.80	8.52	8.03	6.06	4.43	2.93	2.12	542.66
965	1.61	1.21	9.98	47.18	21.13	65.37	14.35	7.94	5.43	4.01	2.71	1.97	182.87
966	1.44	1.06	1.05	0.98	13.18	22.15	7.28	4.40	3.19	2.39	1.65	1.24	60.01
967	0.97	14.33	50.31	116.86	143.48	18.21	8.80	8.18	5.78	4.02	2.62	1.87	375.44
968	1.51	1.30	26.02	26.76	36.89	16.67	8.48	7.29	4.88	3.41	2.28	1.66	137.16
969	1.30	0.95	10.65	50.40	15.59	24.12	61.02	8.89	7.90	6.30	4.30	3.08	194.51
970	2.25	1.81	9.89	28.69	4.98	4.61	4.11	3.21	2.19	1.56	1.06	0.81	65.17
971	0.62	0.53	20.81	22.72	23.54	22.64	8.99	7.38	5.85	4.37	3.23	2.43	123.11
972	1.85	1.47	1.51	5.61	15.54	4.62	3.80	3.39	2.42	1.74	1.21	0.91	44.08
973	0.79	0.64	5.71	25.48	32.71	22.22	11.69	8.24	5.87	4.22	2.82	2.16	122.54
974	31.58	24.81	71.21	160.60	110.67	48.73	8.75	8.03	5.75	4.24	2.77	2.14	479.29
975	1.74	1.35	26.32	10.09	29.74	10.59	9.25	7.87	5.89	4.21	2.77	2.23	112.07
976	1.82	5.67	21.95	23.03	5.97	5.40	4.42	3.40	2.38	1.76	1.24	0.95	77.99
977	1.57	22.56	33.34	21.47	110.72	73.86	66.11	8.67	6.35	4.43	2.91	2.11	354.10
978	1.54	1.10	10.80	23.19	29.04	6.68	6.66	6.24	4.60	3.29	2.29	1.85	97.28
979	1.38	1.03	1.06	1.01	12.73	2.41	2.31	1.79	1.33	1.00	0.72	0.57	27.32
980	0.46	35.04	30.66	11.10	5.75	4.88	4.27	3.11	2.12	1.52	1.03	0.77	100.70
981	0.59	0.43	47.31	5.92	4.35	4.02	3.61	2.64	1.78	1.27	0.86	0.65	73.43
982	0.58	0.48	19.36	12.21	28.68	7.08	5.41	4.47	3.15	2.31	1.63	1.24	86.61
983	0.93	0.70	8.76	6.93	2.20	2.01	1.68	1.27	0.91	0.69	0.50	0.40	26.97
984	0.32	0.26	9.45	26.22	44.76	24.03	26.91	8.50	6.83	4.95	3.33	2.48	158.05
985	1.99	30.65	75.40	122.52	119.30	69.30	54.34	8.67	6.56	4.59	3.08	2.27	498.67
986	1.97	11.21	31.77	121.44	89.46	58.27	8.79	8.12	5.81	4.45	3.15	2.44	346.89
987	1.88	1.43	23.86	19.99	6.32	26.31	7.01	6.21	4.25	3.04	2.04	1.51	103.84
988	1.14	1.00	4.36	77.75	84.30	15.30	8.84	8.35	6.42	4.64	3.24	2.55	217.87

MIN.	0.0	0.1	0.2	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	5.4
MED.	2.4	7.6	25.8	39.5	37.4	18.0	9.5	5.4	3.8	2.7	1.9	1.5	155.5
MAX.	37.6	58.3	141.7	237.1	174.9	100.4	66.1	8.9	7.9	6.3	4.3	8.6	562.2
D.P.	6.02	12.07	25.58	39.76	41.79	21.10	11.84	2.41	1.82	1.32	0.88	1.05	128.06
C.V.	2.47	1.59	0.99	1.01	1.12	1.17	1.25	0.45	0.48	0.48	0.47	0.70	0.82

2.3.6 - Estudo da Cheia de Projeto

2.3.6.1 - Metodologia Utilizada

A inexistência de série de dados fluviográficos de boa qualidade e de razoável extensão, torna inexorável a utilização de métodos indiretos na determinação da cheia de projeto do açude estudado.

Adotar-se-á, no presente estudo, a metodologia indireta do Soil Conservation Service (SCS), a qual se baseia em seu hidrograma unitário triangular e no parâmetro CN ("Curve Number"). Esse parâmetro CN representa o complexo solo-vegetação e seu relacionamento com a potencialidade da bacia na formação de picos de cheias.

Para a bacia do açude Aracoiaba, obteve-se o valor CN da seguinte forma:

- a) Na parte alta da bacia - 40% da área total - adotou-se o CN=65, valor para cobertura vegetal tipo floresta densa e solo intermediário entre B e C; e
- b) Na parte baixa da bacia - 60% da área total -, adotou-se o CN=77, para solo tipo C e cobertura vegetal do tipo campos permanentes esparsos.

Assim sendo, o CN para a bacia do açude Aracoiaba resultou em:

$$CN = 0,40 \times 65 + 0,60 \times 77 \cong 73$$

Para a obtenção do Hidrograma Unitário Triangular - HUT - , é necessária a determinação do tempo de concentração da bacia estudada, t_c , o que foi obtido pela fórmula de Kirpich:

$$t_c = 57 \times [L^3 / H]^{0,385} = 57 \times [53,1^3 / 765]^{0,385} = 441,4 \text{ minutos} \cong 8 \text{ horas} \quad \text{onde:}$$

- t_c - tempo de concentração, em minutos;
- L - comprimento do curso curso d'água principal, em Km; e
- H - desnível entre as cotas da cabeceira e do exutório da bacia, em m.

Após o cálculo do tempo de concentração - t_c , em horas, foram determinados os três parâmetros básicos do HUT do SCS, quais sejam:

$$t_r = 0,133 \times t_c = 0,133 \times 8 \cong 1,1 \text{ horas}$$

$$t_p = 0,5 \times t_r + 0,6 \times t_c = 0,5 \times 1,1 + 0,6 \times 8 \cong 5,3 \text{ horas}$$

$$K_b = 2,667 \times t_p = 2,667 \times 5,3 \cong 14,2 \text{ horas}$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A_{\text{bacia}} \times 1 \text{ cm}}{t_p} = \frac{2,08 \times 584,05}{5,3} \cong 229,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

- onde: t_r - duração da chuva efetiva unitária do HUT, em horas;
 t_p - tempo decorrido até a vazão de pico do HUT, Q_p , em horas;
 t_b - tempo de base do HUT, em horas; e
 Q_p - vazão de pico correspondente à chuva efetiva unitária de 1cm, em m^3/s .

2.3.6.2 - Hidrogramas das Cheias de Projeto

Para a obtenção dos hidrogramas das cheias de projeto, correspondentes aos tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos, tornou-se necessário, inicialmente, a determinação do HUT com duração igual àquela do tempo de concentração da bacia estudada $t_c = 8$ horas. Essa duração foi considerada como a duração das cheias de projeto.

Utilizando a metodologia da curva "S", foi obtido o hidrograma unitário com duração $t_c = 8$ horas, para a bacia do açude Aracoiaba. A Figura 2.3.6.2.a, apresenta o hidrograma unitário de duração $t_c = 8$ horas, para a referida bacia.

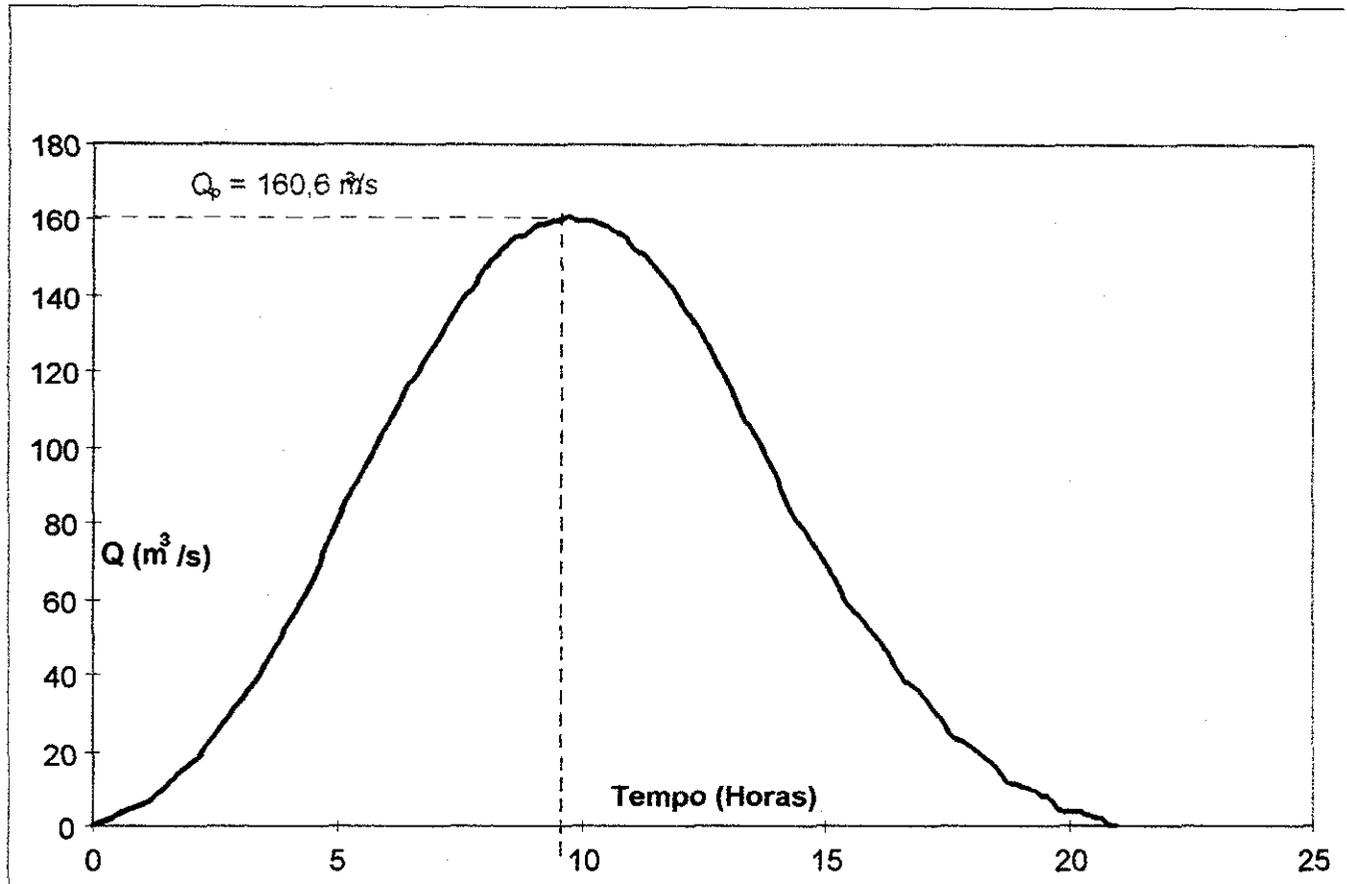


Figura 2.3.6.2.a - Hidrograma unitário de 8 horas de duração da bacia do açude Aracoiaba

Após obtido o hidrograma unitário da bacia estudada, com duração de 8 horas, procedeu-se à determinação dos hidrogramas das cheias de projeto.

A determinação das cheias de projeto são feitas a partir das chuvas intensas efetivas de duração de 8 horas com períodos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Com o CN = 73, obtido anteriormente, da bacia estudada, obtiveram-se as chuvas intensas efetivas para os tempos de retorno escolhidos. Os valores das chuvas intensas e chuvas intensas efetivas da bacia, com duração de 8 horas e para os tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos são apresentados na Tabela 2.3.6.2.b.

Tabela 2.3.6.2.b - Chuvas intensas e chuvas intensas efetivas na bacia do açude Aracoiaba, para duração de 8 horas e diversos tempos de retorno

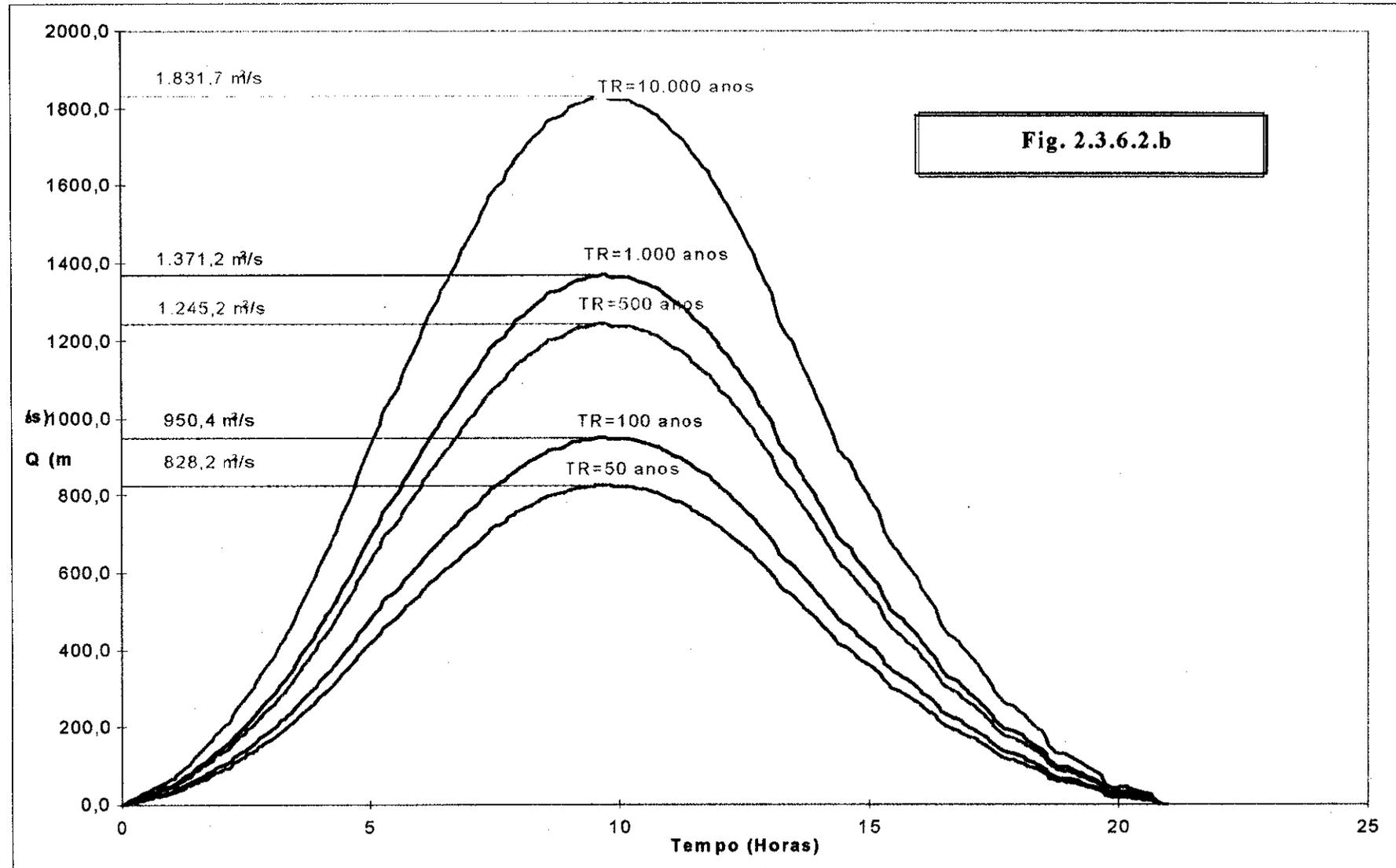
Tempo de Retorno (Anos)	Precipitação Máxima (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
50	118,8	51,6
100	128,6	59,2
500	151,3	77,5
1000	160,7	85,4
10000	194,0	114,1

Na Tabela 2.3.6.2.e, são apresentadas as vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto, para os tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.

Tabela 2.3.6.2.e - Vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto para os tempos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos

Tempo de Retorno (anos)	Vazões de Pico dos Hidrogramas das Cheias de Projeto (m ³ /s)
50	828,2
100	950,4
500	1245,2
1.000	1371,2
10.000	1831,7

Na Figura 2.3.6.2.b, apresentam-se os hidrogramas das cheias de projeto para os tempos de retorno de 100, 500, 1.000 e 10.000 anos.



000021

2.4 - Estudos Geológico-Geotécnicos

2.4.1 - Considerações Iniciais

Durante a Fase A do projeto, foi executada uma campanha de investigações geológico-geotécnica de campo e ensaios de campo e laboratório, visando a obtenção dos dados básicos necessários à execução do projeto.

Os resultados das investigações e ensaios realizados nesta fase foram apresentados no Relatório dos Estudos Básicos - Estudos Geológico-Geotécnicos - RHAR-970930-RE-Rev.1.

No projeto executivo, Fase B, os estudos geológico-geotécnicos da Fase A, foram complementados com a realização de investigações de campo e ensaios de laboratório adicionais. Os resultados da complementação destes estudos foram incorporados aos desenhos do projeto executivo.

2.4.2 - Resumo dos Resultados dos Estudos Executados na Fase A

2.4.2.1 - Geologia Geral

A região de Aracoiaba insere-se no contexto geológico-geotectônico da Faixa de Dobramentos Jaguaribana (*Brito Neves, 1975*), representada por um conjunto litológico gnáissico-migmatítico que constitui o embasamento cristalino e uma sequência metassedimentar migmatizada que se sobrepõe.

O magmatismo atribuído ao Evento Brasileiro, proporcionou a ocorrência de corpos plutônicos graníticos e dioríticos encaixados na sequência gnáissico-migmatítico anterior, bem como corpos tabulares tardios que seccionam as unidades precedentes.

No topo da sequência litoestratigráfica ocorrem os sedimentos terciários do Grupo Barreiras e as coberturas colúvio-eluviais, encimados pelos aluviões quaternários recentes.

Os litotipos da região formam uma complexa associação em que predominam migmatitos, gnaisses, gnaisses migmatizados e granitóides, além de anfíbolitos, quartzitos, metarcóseos, calcários cristalinos, xistos, itabiritos e calcossilicatadas. Na terminologia de *Gomes (1981)*, tal associação denomina-se Complexo Nordeste.

Na região, predominam as litologias que compõe o embasamento cristalino, composto por gnaisses aluminosos migmatizados com intercalações de quartzitos, calcários, calcossilicáticas e lentes anfíbolíticas.

Ao norte da área em estudo ocorrem os gnaisses aluminosos, mica-xistos, quartzitos e níveis carbonáticos pertencentes à sequência metassedimentar superior.

A sudoeste da área ocorre um corpo diorítico com forma elipsoidal com eixo maior direcionado N-S.

As ocorrências das areias argilosas do Grupo Barreiras são frequentes nos topos dos morros. Os sedimentos do Grupo Barreiras repousam sobre o embasamento cristalino em discordância erosiva angular. Formam uma sequência de arenitos argilosos de coloração variegada e tons

avermelhados, amarelados e esverdeados. Possuem matriz caulínica, com cimento argilo-ferruginoso. Tem granulação fina a média, com um nível conglomerático laterizado na base.

Admite-se para o Grupo Barreiras idades miocênicas a pleistocênicas, e ambiente deposicional continental com contribuição litorânea.

As coberturas colúvio-eluviais são pouco frequentes, ocorrendo manchas esporádicas e de distribuição errática. Formam-se por sedimentos areno-argilosos alaranjados e avermelhados, com granulação média a fina, matriz areno-argilosa caulínica e cimento argilo-ferruginoso, com pedregulhos e horizonte basal laterizado.

O aluvião mais representativo na área é o do rio Choró, localizado a sudeste da área, que em alguns locais tem largura da ordem de quilômetros. Menos expressivo é o do rio Aracoiaba, que em raros locais chega a 500 m de largura.

No que tange à geotectônica da região, o padrão de dobramentos e falhamentos a que as rochas foram submetidas, gerou várias direções de foliação, prevalecendo no entanto uma orientação NE-SW para o "trend" regional, com mergulhos NW ou SE.

2.4.2.2 - Geologia Local

a) Litologia

Os litotipos ocorrentes na área em estudo, encaixam-se no contexto do Complexo Nordestino formando uma associação gnáissico-migmatítico admitida como pertencente ao embasamento cristalino.

A rocha aflorante nas áreas do eixo da barragem e reservatório, compõe-se por migmatito com estrutura predominantemente dobrada, alternando-se com porções estromáticas.

Intrudidos concordantemente ou não com a foliação, encontram-se veios quartzosos e pegmatóides, tendo sido esses últimos detectados com espessuras de até 3,0 m, enquanto os quartzosos são predominantemente da ordem de centímetros.

A presença de afloramentos rochosos na área é comum. A cobertura colúvio-eluvionar presente tem pequena espessura e distribuição errática. Compõe-se por areia argilosa vermelha, com pedregulhos esparsos ao longo de todo o pacote. Pode ainda ter coloração cinza-escuro, sendo então distinguível do solo de alteração do migmatito pela presença de pedregulhos rolados.

Acima da cota 95, nos topos aplainados que circundam a área, ocorrem os sedimentos do Grupo Barreiras. A cobertura dessas áreas é bastante distinta das restantes circunvizinhas, pois forma-se por areia fina/média, branca ou cinza-escuro. Esse capeamento, que varia entre 20 e 40 cm de espessura é de gênese ainda pouco definida, podendo tanto ter sofrido transporte e retrabalhamento como estar "in situ" e ser resultado de lixiviação sobre as areias argilosas do Grupo Barreiras às quais se superpõe. Outro aspecto notável dessa áreas é a ausência total de pedregulhos e matacões na superfície, os quais são comuns em todas as encostas.

Abaixo dessa cobertura superficial arenosa, encontram-se os sedimentos do Grupo Barreiras propriamente dito. Compõem-se por arenitos de granulação média a fina, com matriz argilosa em proporção variável, variegado, com predomínio de cores amarelas e vermelhas.

A base da camada porta pedregulhos e matações, sendo aí a origem do recobrimento pedregulhoso de toda a área que se situa em cotas inferiores a essa formação. As espessuras dessa camada são variáveis e aumentam em função de cotas mais elevadas. As máximas observadas são da ordem de 5 metros. A espessura do cascalho basal também é variável, tendo sido executadas sondagens à trado com 4 metros sem ter sido atingido o mesmo.

Por último, encontram-se na área os aluviões, principalmente o do rio Aracoiaba. Esse pacote de sedimentos tem espessura entre 4,0 e 6,0 metros, compondo-se por areia média/fina nos 3,0 a 4,0 metros superiores e areia grossa e cascalho na base. As sondagens revelaram que o cascalho basal tanto pode estar "limpo" como envolvido por uma matriz areno-argilosa. Verificou-se ainda que há raros locais onde o mesmo não ocorre.

No leito do rio Aracoiaba, impregnado sobre o migmatito aflorante, há resquícios de terraço aluvionar laterizado, dando aspecto de um arenito conglomerático. Sinais de laterização também são observáveis nas camadas pedregulhosas do terraço aluvionar, detectadas nas sondagens. Bancos de areia grossa mal selecionada e "suja" e bancos de cascalho também estão presentes no leito do rio.

No desenho AR-BT-2001, acha-se o mapa geológico da área do eixo da barragem, bem como a localização aproximada dos afloramentos rochosos mais significativos.

b) Estruturas

Observaram-se na área da barragem, 4 tipos de descontinuidades estruturais de interesse ao projeto, quais sejam:

- foliação;
- fraturas;
- faixas de cisalhamento e
- falhas de pequeno rejeito.

Quanto à foliação do migmatito da área, sua orientação geral é N62E/76NW, seguindo o "trend" regional. Secundariamente ocorrem outras orientações, de caráter localizado devido à estrutura dobrada do migmatito.

Quanto ao fraturamento do maciço rochoso, a ombreira esquerda mostra-se mais intensamente fraturada, a partir da meia encosta rumo ao topo. As sondagens SM-01, SM-02, SM-10 e SM-202 são aquelas que melhor ilustram essa condição, haja vista a ausência de afloramentos no local.

Na ombreira direita, apesar do número de afloramentos ser mais expressivo, as fraturas são menos frequentes e preenchidas por veios de quartzo centimétricos, originando uma rocha de melhor qualidade em relação à rocha da ombreira esquerda. A análise automática global dessas orientações permitiu a definição das seguintes atitudes preferenciais.

- 1 - N52W/87SW
- 2 - N80W/87SW
- 3 - N17W/87SW

- 4 - N41E/63SE
- 5 - N02E/60SE
- 6 - N07E/87SE

No lado esquerdo do rio observou-se também a ocorrência de uma faixa de cisalhamento, bem como veios de quartzo extremamente fraturados. As orientações dessas estruturas preferenciais obtidas são:

- 1 - N39E/60SE
- 2 - N66E/87SE

As falhas de pequeno rejeito observadas em campo apresentam planos selados e têm as seguintes atitudes preferenciais:

- 1 - N42W/74NE
- 2 - N40E/87SE

2.4.2.3 - Fotointerpretação Geológica

Para a análise fotogeológica da região da Barragem de Aracoiaba foram utilizadas as fotografias aéreas, escala 1:32.500, de 1988, da Aerofoto Cruzeiro S.A., Projeto O-399, faixas 18A (003 e 004), 19A (007 a 009), 20A (029 a 031), 21E (012 a 015), 22A (003 a 005) e 23 (055 a 057). As fotos cobrem a região correspondente ao rio Aracoiaba e áreas adjacentes, entre as cidades de Baturité e Ideal.

A metodologia de trabalho incluiu a observação da drenagem, dos lineamentos tectônicos e dos padrões geomorfológicos, já que as diferentes formas de relevo apresentam relações diretas com a geologia da área de interesse.

Além das fotografias aéreas, utilizaram-se algumas informações do Mapa Geológico Preliminar I, de 1992, escala 1:100.000, de Ricardo de Lima Brandão (CPRM), de modo a determinar com maior exatidão os litotipos presentes na área.

a) Lineamentos Estruturais

O traçado dos lineamentos estruturais baseou-se na retilinearidade que o rio Aracoiaba apresenta em vários trechos já que, normalmente, a drenagem reflete fenômenos de subsuperfície. Deste modo, várias falhas/fraturas puderam ser delimitadas, e suas direções aproximadas estão apresentadas na tabela a seguir.

**Direções aproximadas dos lineamentos estruturais da
região da Barragem de Aracoiaba.**

Falha/Fratura nº	Direção Aproximada
1	N 80 E
2	N 130 E
3	N 72 E
4	N 70 E
5	NS
6	N 118 E
7	N 50 E
8	N 45 E
9	NS
10	N 127 E

A norte do Rio Aracoiaba, entre as cidades de Baturité e Aracoiaba, pôde-se delimitar uma estrutura circular que reflete provavelmente a intrusão de um corpo de granito da fase tardi a pós-tectônica do Ciclo Brasileiro.

Nas proximidades da barragem foram observadas cinco grandes fraturas. Quatro situam-se na área do futuro reservatório e apresentam direções NW-SE, NE-SW, e NS e, na direção de jusante a 1 km da barragem, ocorre uma fratura de direção NW-SE. Já no local do corpo da barragem, não foi detectado, através da análise fotogeológica, nenhum grande falhamento que possa afetar a instalação da barragem.

b) Geologia Local

Os contatos geológicos puderam ser traçados a partir da observação dos padrões geomorfológicos da região e também a partir do uso do solo.

Constituída predominantemente de terrenos gnáissico-migmatíticos, xistosos e sedimentares, a região de Aracoiaba possui as seguintes feições geomorfológicas: Planalto Residual e Depressão Sertaneja.

Ao sul de Baturité, o contraste entre as serras e as áreas mais aplainadas pôde ser facilmente observado nas fotografias aéreas. Neste local, encontra-se a Serra de Baturité, constituída de um maciço gnáissico, cuja altitude média é de 600 metros. As porções mais baixas adjacentes constituem-se, predominantemente, de mica xistos, com lentes intercaladas de rochas calcárias, de direção NE-SW, como a lente observada próximo à cidade de Aracoiaba.

Partindo-se desta cidade em direção à Vazantes e Ideal, o predomínio litológico é de terrenos gnáissico-migmatíticos, com algumas ocorrências de sedimentos do Grupo Barreiras.

A região da barragem, portanto, constitui-se de gnaisses, em sua base, e sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, no topo. O contato dos terrenos sedimentares apresentam contornos subcirculares e foram definidos a partir da observação das áreas de plantio da região.

Os terrenos aluvionares ocorrem como uma estreita faixa ao longo de todo o rio, possuindo maiores expressões apenas próximo à cidade de Aracoiaba e também entre Vazantes e Ideal, no encontro dos rios Aracoiaba e Choró.

Desta maneira, pode-se concluir que a região entre Baturité e Ideal é constituída por gnaisses, gnaisses migmatitos e mica xistos com calcáreos intercalados, todos pertencentes ao Complexo Nordestino, pelos sedimentos do Grupo Barreiras e por algumas manifestações intrusivas de contorno circular que caracterizam as Rochas Plutônicas de Posicionamento Duvidoso.

2.4.2.4 - Sismicidade da Região

A maior parte do Brasil é considerada como uma região sísmicamente inativa, pois o país encontra-se no centro da placa tectônica Sul-Americana. Porém, algumas áreas registram um grande número de atividades sísmicas, como o nordeste, devido ao seu sistema de falhamentos recentes, e a região Amazônica, onde os epicentros de focos profundos estão associados à evolução da Cadeia Andina.

Do levantamento dos sismos observados entre 1807 e 1993 nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, observa-se:

- o Rio Grande do Norte apresenta cerca de 53% dos eventos registrados e as maiores concentrações ocorrem na região das cidades de Parazinho, Riachuelo, Lajes, Nova São Rafael, que distam, em média, 300 km da barragem de Aracoiaba, e João Câmara, esta última com mais de 100 eventos registrados, principalmente em 1986 e 1987 e localizada a 342 km do local da barragem. A magnitude máxima registrada nesses abalos foi de 5,1 M e a intensidade máxima de VII MM.
- o Estado do Ceará possui cerca de 45% dos eventos registrados na região, sendo que os municípios que apresentam as maiores concentrações são Pacajús, Palhano e Pereiro, as duas primeiras distantes cerca de 56 km da barragem, e com menor frequência também Baturité, a 19 km da barragem, e para onde será conduzida uma adutora. A magnitude máxima nessa região foi de 5,2 M e a intensidade máxima de VII MM. Menores concentrações de eventos ocorrem entre as cidades de Aracati, Morada Nova, Ibareta, Palmácia, Cascavel e Mombaça e a noroeste do Estado, principalmente nos municípios de Canindé, Hidrolândia, Iraucuba, Granja e Forquilha, distantes cerca de 165 km da barragem e com magnitude máxima registrada de 2,8 M e intensidade máxima de V MM.
- na divisa dos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, próximo à Paraíba, os eventos registrados na região da Serra do Pereiro, em média a 204 km da barragem de Aracoiaba, apresentaram magnitude máxima de 4,9 M e intensidade máxima de VII MM.
- o Estado da Paraíba registra poucos e isolados eventos, correspondendo a aproximadamente 2% dos eventos registrados nos três estados.

Através das relações obtidas na Tabela Modificada e na Tabela de Possi-Forel, adotaram-se os seguintes parâmetros para incorporação às futuras análises de estabilidade pseudo-estática sob sollicitação dinâmica da barragem:

- Aceleração vertical (AV) 0,01 g
- Aceleração horizontal (AV/2) 0,005 g

2.4.2.5 - Investigações Realizadas

a) Metodologia

As investigações geológico-geotécnicas de campo foram realizadas no sítio da barragem, nas jazidas de materiais naturais de construção e ao longo do traçado das adutoras de Aracoiaba e Baturité.

Os resultados das investigações de campo permitiram a elaboração de seções longitudinais e transversais ao eixo estudado da barragem, bem como nas áreas de empréstimo selecionadas.

Para os estudos da fundação da barragem, executaram-se sondagens mistas com ensaios de infiltração nas camadas de solo e de perda d'água sob pressão em rocha.

Os testemunhos de sondagem foram analisados e descritos geológico-geotecnicamente por geólogo da GEODINÂMICA. Os parâmetros levantados são apresentados nos perfis individuais de sondagem elaborados pela executora das sondagens - GEONORTE.

As seções geológico-geotécnicas elaboradas, visaram o agrupamento desses parâmetros proporcionando o zoneamento do maciço em função das características geomecânicas dos solos e da rocha local, no que tange às características de suporte e permeabilidade.

Para realização de ensaios especiais de laboratório, foram coletados 4 (quatro) amostras indeformadas tipo bloco, em poços de inspeção, escavados nas ombreiras.

Para a pesquisa de materiais finos e impermeáveis para compor o maciço da barragem, executaram-se sondagens a trado e poços, com coleta de amostras deformadas para ensaios de laboratório (caracterização, compactação e especiais) e determinação da umidade natural.

Os locais promissores para abertura de pedreiras foram inspecionados em superfície, já que a rocha é aflorante, e coletadas amostras para ensaios de laboratório.

Paralelamente aos trabalhos de sondagem executou-se o mapeamento geológico-geotécnico de superfície em todas as áreas de interesse, com detalhe maior para a área do eixo estudado da barragem.

b) Investigações de Campo na Fundação

Havendo duas alternativas para posicionamento do eixo da barragem, dividiram-se os trabalhos de campo em duas fases. A primeira envolveu investigações no aluvião do rio Aracoiaba e nas rochas aflorantes na calha do rio, visando determinar as condições geotécnicas dos mesmos nos locais dos 2 (dois) eixos estudados.

Definiu-se então o local para detalhamento geológico-geotécnico. Na ombreira esquerda, na área do possível extravasor, realizaram-se 8 (oito) sondagens mistas para escolha do local. Na ombreira direita, no local de um eventual extravasor de emergência, foram executadas 2 (duas) sondagens mistas. Às margens do rio Aracoiaba realizaram-se 4 (quatro) sondagens mistas e 2 (duas) rotativas inclinadas de 45° em direção à calha do rio.

Complementaram as investigações a execução de mais 16 (dezesseis) sondagens à percussão no eixo selecionado da barragem, a retirada de 4 (quatro) blocos de amostras indeformadas e a

realização de 3 (três) ensaios Matsuo, além de ensaios de permeabilidade Le Franc e Lugeon nos furos de sondagem.

As quantidades cumpridas estão resumidas a seguir:

Serviço	Und.	Quant.
Poço de Inspeção	m	5,45
Sondagem à Percussão	m	71,45
Sondagem Mista diametro NX		
- trecho em solo (percussão)	m	82,44
- trecho em rocha (rec. 75%)	m	45,25
- trecho em rocha (rec. 90%)	m	50,45
Sondagem Rotativa diametro NX inclinada a 45°	m	28,67
Ensaio de Infiltração (Le Franc)	un	38
Ensaio de Perda D'água (Lugeon)	un	13
Ensaio Matsuo	un	3

c) Investigação dos Materiais Naturais de Construção

Para a pesquisa de materiais de empréstimo foram abertos 101 (cento e um) poços de inspeção e sondagens à trado, com coleta de amostras deformadas para realização de ensaios de laboratório. Em um dos locais potenciais para pedra foi executada uma sondagem rotativa. As quantidades dessas investigações estão indicadas a seguir:

Serviço	Und.	Quant.
Poço de Inspeção	m	99,25
Sondagem a Trado	m	78,38
Sondagem Rotativa diametro NX	m	4,50

Foram coletadas ainda amostras superficiais de rocha em locais de bom potencial para pedra, e amostras de areia dos rios Aracoíaba e Choró, este último próximo à localidade de Ideal, distante 2 km da área da barragem.

d) Fundação Ensaios de Laboratório

Para determinação das características de resistência ao cisalhamento e de compressibilidade dos solos coluviais e residuais das fundações da barragem foram executados ensaios especiais em corpos de prova talhados a partir de amostras indeformadas tipo bloco, coletadas nos poços de inspeção. As características dessas amostras estão resumidas na tabela a seguir:

Poço N°	Bloco N°	Profundidade (m)	Estaca	Material
PI - 01	PI - 01	1,00 - 1,35	3	Areia fina/média argilosa, vermelha (colúvio)
	PI - 02	1,80 - 2,15		Areia fina/média, argilosa, vermelha (solo residual)
PI - 03	PI - 03	1,00 - 1,35	29	Solo Residual
	PI - 03A	1,00 - 1,35	29 + 2,00	Solo Residual

Os ensaios previstos foram distribuídos conforme mostrado a seguir (n° de corpos de prova):

Bloco Nº	Cisalhamento Direto Lento	Triaxial CIU _{sat}	Adensamento Edométrico	Laboratório
PI - 01	---	---	3	IPT
PI - 02	3	---	3	GEONORTE
PI - 03	---	4	1	IPT
PI - 03A	3	---	---	GEONORTE

Todas as amostras foram objeto de determinação da distribuição granulométrica por peneiramento e sedimentação. As amostras ensaiadas pela GEONORTE tiveram os limites de Atterberg determinados.

Os resultados dos ensaios estão apresentados nos desenhos nºs AR-BT-3003 e AR-BT-3004.

e) Materiais Naturais de Construção - Ensaio de Laboratório

• **Materiais Argilosos**

Para realização dos ensaios geotécnicos necessários à caracterização dos materiais de empréstimo e determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento e de compressibilidade foram coletadas amostras deformadas durante a execução das investigações de campo. As amostras obtidas estão quantificadas a seguir para cada área investigada.

Empréstimo	Quantidade
EMP - 01	19
EMP - 02	9
EMP - 04	11

Foram realizados ensaios de caracterização, compactação Proctor Normal, adensamento e de cisalhamento direto lento, no laboratório da GEONORTE, no Ceará, quantificados na tabela abaixo:

Ensaio	Unidade	EMP - 01	EMP - 02	EMP - 04	TOTAL
Umidade Natural	un	49	10	23	82
Granulometria c/ sed.	un	19	9	11	39
Limite de Liquidez	un	19	9	11	39
Limite de Plasticidade	un	19	9	11	39
Peso Específico dos Grãos	un	16	9	6	31
Compactação	un	12	7	6	25
Adensamento	cp	---	---	2	2
Cisalhamento Direto	cp	---	---	3	3
Permeabilidade	un	---	---	6	6
Densidade "in situ"	un	2	2	2	6

Os resultados dos ensaios de caracterização e compactação foram lançados em gráficos para facilitar sua interpretação e a classificação dos materiais. Estes gráficos estão reunidos no desenho nº AR-BT-3001.

Os ensaios de adensamento e cisalhamento direto foram executados em amostras compactadas com diferentes condições de umidade e grau de compactação. Os resultados destes ensaios estão apresentados no desenho AR-BT-3002.

• **Materiais Arenosos**

As areias para filtros, transições e agregados para confecção dos concretos foram pesquisadas nos rios Aracoiaba (A-01) e Choró (A-02), coletando-se amostras para determinação das distribuições granulométricas por peneiramento. Foram obtidas 5 (cinco) e 4 (quatro) amostras, respectivamente. Estes resultados estão apresentados no desenho nº AR-BT-3001.

• **Materiais Pétreos**

As 2 (duas) amostras coletadas nas ocorrências investigadas, denominadas P-01 e P-02 foram submetidas a ensaios de abrasão Los Angeles.

2.4.2.6 - Apresentação dos Resultados das Investigações e Ensaios

Os resultados das investigações e ensaios executados foram apresentados nos seguintes desenhos:

- 1) AR-GR-2001 - Convenções e Legendas
- 2) AR-BT-2001 - Mapa Geológico e Planta de Localização das Investigações - Área do Eixo da Barragem
- 3) AR-BT-2002 - Seção Geológico-Geotécnica Longitudinal A-A'
- 4) AR-BT-2003 - Seções Geológico-Geotécnicas Transversais B-B', C-C', D-D' e E-E'
- 5) AR-BT-2004 - Seções Geológico-Geotécnicas - Detalhes
- 6) AR-BT-2005 - Planta de Localização das Áreas de Empréstimo
- 7) AR-BT-2006 - Áreas de Empréstimo - Seções Geológico-Geotécnicas
- 8) AR-BT-3001 - Áreas de Empréstimo e Jazidas - Caracterização dos Materiais
- 9) AR-BT-3002 - Áreas de Empréstimo e Jazidas - Ensaio Especial
- 10) AR-BT-3003 - Materiais de Fundação - Ensaio de Caracterização Especial
- 11) AR-BT-3004 - Materiais de Fundação - Ensaio Triaxial - CIU_{sat}

2.4.2.7 - Resumo das Características Geológico-Geotécnicas da Fundação da Barragem

a) Ombreira Direita

A parte alta da ombreira direita, que corresponde ao dique de fechamento das obras de barramento e possível extravasor ou extravasor de emergência, é caracterizada pela pequena variação de altitudes. Aí ocorrem sedimentos do Grupo Barreiras, com espessura (incluindo o capeamento arenoso, provavelmente coluvionar) variando entre 3,50 m (SP-08) e 5,20 m (SM-04). A base dessa camada, formada por pedregulhos e matacões envolvidos pela matriz areno-argilosa, também tem espessura variável entre 1,20 m (SM-05) e 2,90 m (SM-04).

Os valores de SPT se apresentaram em geral crescentes com a profundidade, variando entre 4 e 8 no material de cobertura, e superiores a 23 na camada pedregulhosa basal.

À exceção da SM-5, onde o material tem características mais argilosas, os furos de sondagens se apresentaram secos. Atribui-se à ocorrência de N.A. no furo citado, um possível lençol empoleirado decorrente da presença de um estrato mais argiloso, intercalado no perfil, o que explicaria a existência de uma pequena lagoa no local. Outro aspecto a ser considerado foi a ocorrência de chuvas na ocasião.

Não foram coletadas amostras para ensaios neste trecho, onde as alturas do aterro são modestas e o tratamento de fundação deverá se resumir na remoção da camada superficial arenosa, com raízes e matéria orgânica.

Os coeficientes de permeabilidade determinados nos ensaios de infiltração apresentaram valores variando entre $6,0 \times 10^{-3}$ e $1,3 \times 10^{-5}$ cm/s nos sedimentos do grupo Barreiras. Apenas nas sondagens SP-7 e SM-5, nesta última coincidindo com o estrato mais argiloso citado, obteve-se o valor de $k < 10^{-7}$ cm/s.

A rocha sotoposta é o migmatito, revelado de boa qualidade pelas sondagens SM-4 e SM-5. A classificação do maciço, interpretado segundo os critérios propostos por Bieniawsky, é de classe II no metro inicial da rocha, passando em seguida para classe I.

O saprolito apresentou espessuras variáveis desde nula (SM-4) até 2,50 m (SM-5), onde o SPT se apresentou > 45 .

Os ensaios de perda d'água executados nessa área revelaram valores do coeficiente de permeabilidade equivalente (k) de 7×10^{-3} cm/s no material alterado e $6,13 \times 10^{-5}$ cm/s na rocha sã.

Ao longo da encosta, a ombreira direita é marcada pela irregularidade nas espessuras do capeamento de solo e conseqüentemente, do topo rochoso.

A sondagem SP-9, localizada na parte alta da encosta (cota 95,103), atingiu o topo rochoso a 6,83 m de profundidade, enquanto que a aproximadamente 50 m para jusante, aflora o migmatito sã.

A espessura de solo coluvionar, o qual é recoberto por pedregulhos e matacões, é de 1,95 m, sendo composto por areia fina argilosa, com pedregulhos, de coloração vermelha. O solo residual sotoposto tem espessura da ordem de 0,60 m composto por areia fina pouco argilosa. Abaixo dele ocorre a camada de saprolito, constituído por areia fina siltosa, pouco argilosa, micácea, com porções conservando a orientação dos minerais planares que formam a foliação da rocha.

Nos solos de cobertura (colúvio e solo residual) os valores de SPT variaram entre 4 e 16, enquanto no saprolito foram superiores a 34.

Neste trecho, foram realizados 2 (dois) ensaios de infiltração, que forneceram para o coeficiente de permeabilidade (k) os valores de $2,1 \times 10^{-3}$ cm/s (SP-10) no solo coluvionar e $5,0 \times 10^{-4}$ cm/s (SP-9), no solo residual.

O ensaio Matsuo executado próximo à sondagem SP-09, na camada de sedimentos terciários coluvionares, resultou valor de $k = 3,69 \times 10^{-3}$ cm/s.

A meia encosta, foi executado o poço PI-01 para observação das camadas, caracterização tátil-visual e especialmente para coleta de amostras indeformadas, tipo bloco, no colúvio e solo residual, para realização de ensaios especiais de laboratório (adensamento, cisalhamento direto lento e triaxial CIUsat).

A espessura de solo diminui consideravelmente até a meia encosta, onde na SP-10 (cota 80,117) atingiu 1,71 m de espessura. A partir deste ponto até o encontro com a planície aluvionar, aflora o

migmatito são. Marcando esse limite sobre a rocha aflorante, estão construídas as residências da população ribeirinha.

Os afloramentos expostos nessa faixa da ombreira direita são de migmatito são, pouco fraturado, com estrutura estromática e dobrada.

b) Ombreira Esquerda

A ombreira esquerda e as áreas pesquisadas para a implantação de eventual sistema extravasor têm as condições geotécnicas apresentadas na seção A-A', longitudinal ao eixo e, nas seções transversais C-C', D-D' e E-E', apresentadas no desenho nº AR-BT-2003.

A característica marcante em relação à ombreira direita, é a ausência de afloramentos de rocha ao longo do eixo, exceção do ponto próximo ao SP-12, distante cerca de 80 m do rio Aracoíaba. Nesse local, aflora o migmatito são, pouco fraturado, caracterizado pelo intenso aporte neossomático (fotos 25 e 26), característica esta que está sempre presente nas rochas próximas ao eixo nessa ombreira.

A maior quantidade de quartzo e feldspato no migmatito da ombreira esquerda, especialmente no extremo da ombreira (cota 95 ou mais), confere características peculiares à rocha. O quartzo dá um caráter mais rígido à rocha, proporcionando um grau de fraturamento maior, como resposta a esforços tensionais, diferentemente das rochas mais pobres nesse mineral que tem um caráter mais dúctil, respondendo aos esforços por dobramento. Já a maior proporção de feldspatos ocasionam maior ação do intemperismo físico-químico, resultando no maior grau de alteração e formação de capeamento de solo mais espesso.

A cobertura coluvionar na ombreira esquerda varia entre 1,0 e 2,0 m de espessura, compondo-se por areia fina a média, argilosa, com pedregulhos, da meia encosta ao cume da ombreira. Superficialmente ocorrem pedregulhos e matacões de quartzo e quartzito, em alguns locais de forma abundante.

O solo residual e o saprolito derivados da alteração do migmatito, compõem-se por areia siltosa, pouco argilosa, micácea, preservando localmente a estrutura foliada da rocha original.

O ensaios de infiltração realizados no saprolito forneceram valores de coeficiente de permeabilidade (k) variando entre $1,0 \times 10^{-3}$ cm/s e $6,5 \times 10^{-6}$ cm/s.

No ensaio Matsuo executado próximo à sondagem SP-12, na camada de solo residual, obteve-se o valor de $k = 1,62 \times 10^{-4}$ cm/s.

A extensa variação nos valores de k, especialmente no saprolito, se deve à heterogeneidade verificada na rocha de origem.

Na seção D-D', que corta a parte alta dessa ombreira, observa-se que o capeamento de solo pode chegar a 13 m de espessura, sendo que apenas 2 m é de cobertura coluvionar. Segue-se o solo residual e o saprolito, com espessuras variáveis. Os valores de SPT são bastante elevados, mesmo no solo coluvionar. Nesta seção, observa-se que a qualidade da rocha subjacente ao pacote de solos é baixa, sendo classificada no sistema de Bieniawsky como classe IV nos primeiros 2 m e abaixo classe III.

Há que se ressaltar ainda a elevada permeabilidade observada nas sondagens SM-01, SM-02 e SM-10, deduzida pela perda d'água de circulação durante as perfurações.

Na extremidade desta ombreira, que corresponde à seção E-E', o capeamento de solos é mais modesto, variando de 2 a 5 m.

Com relação à rocha subjacente, as sondagens SM-11A e SM-201 revelaram maciço classes II e I a pouca profundidade (2 a 5 metros), sendo que a SM-12A já entra na faixa de domínio da rocha mais alterada, possivelmente pela proximidade ao talvegue de jusante.

Na encosta voltada para a calha do rio, a sequência de camadas de solo varia de 2 a 4 m (seção A-A') e também aponta valores de SPT elevados. Neste trecho, foi executado um poço de inspeção (PI-03), para caracterização táctil-visual dos materiais e coleta de amostras indeformadas, tipo bloco, para realização de ensaios especiais de laboratório.

c) Planície Aluvionar

Os desenhos n°s AR-BT-2002 e AR-BT-2003 contém as seções geológico-geotécnicas longitudinais ao eixo, A-A' e B-B', as quais sintetizam os resultados obtidos nessa área.

Na margem direita o aluvião é mais extenso, com cerca de 150 m de extensão, enquanto que na margem esquerda é em torno de 40 a 60 m e espessuras entre 5 e 6 m.

Basicamente essa camada de sedimentos compõe-se por 3 (três) estratos: uma superior composta por areia fina-média siltosa com cerca de 2,0 m de espessura, uma intermediária com 1,5 a 2,0 m de espessura, formada por areia média, localmente siltosa, micácea, e uma camada basal com 1,0 a 1,5 m de espessura, formada por areia grossa com pedregulhos, às vezes argilosa outras lavada. Na sondagem SM-8, a jusante do eixo, a espessura do aluvião chegou a 7,0 m, porém acredita-se que esses bolsões não sejam frequentes, ficando a espessura média em torno de 5,0 m.

Os resultados dos ensaios de permeabilidade (infiltração) executados nessas camadas aluvionares e nas ocorrências do solo residual subjacente, registraram valores de k assim resumidos:

- aluvião areno-siltoso: $k = 1,1 \times 10^{-2}$ cm/s a $6,7 \times 10^{-6}$ cm/s
- aluvião pedregulhoso: $k = 1,1 \times 10^{-2}$ cm/s a $8,0 \times 10^{-6}$ cm/s
- solo residual: $k = 1,0 \times 10^{-5}$ cm/s a $5,7 \times 10^{-7}$ cm/s

Além dos resultados dos ensaios de permeabilidade realizados nos furos de sondagem, o ensaio Matsuo executado ao lado da sondagem SP-04, na camada superficial de areia, resultou valor de $k = 2,26 \times 10^{-3}$ cm/s.

A grande variabilidade nos valores de k nos estratos aluvionares se deve em parte às intercalações argilosas onde foram registrados os resultados mais baixos e, devido ao fato de que, localmente estes sedimentos podem se apresentar limpos ou mais grosseiros, elevando o valor de k para 10^{-2} cm/s. Os pedregulhos, às vezes, têm seus interstícios preenchidos por argila e/ou areia fina diminuindo o valor de k para 10^{-6} cm/s.

Subjacente ao pacote de sedimentos aluvionares, ocorre o migmatito característico da área.

Quatro das sondagens realizadas para atestar a qualidade da rocha (SM-6, SM-7, SR-01 e SR-02), localizadas no eixo e a montante do eixo, revelaram o maciço de boa qualidade, sendo

mais pessimista o SM-7, com os primeiros 2,0 m de maciço classe III e o restante classe II. Já o SM-6 e as inclinadas do eixo SR-01 e SR-02, revelaram desde os primeiros metros maciço classes II e I.

Contrário aos bons resultados anteriores, foram os dos furos SM-8 e SM-9. O primeiro, localizado sobre um veio pegmatóide fraturado, foi interpretado como classe III pelos parâmetros de Bieniawski. O SM-9 revelou a rocha bastante friável, tanto que os primeiros 3,0 m não foi possível a recuperação de amostras apesar da sondagem cuidadosa. Abaixo, até 11,0 m de profundidade, a rocha revelou baixa qualidade com classes IV e III. A partir de então alterna classes I e II.

Os resultados dos ensaios de perda d'água sob pressão forneceram os seguintes valores de k (equivalente), obtidos no estágio de pressão máxima do ensaio:

- migmatito alterado: $k = 2,7 \times 10^{-4}$ cm/s a $1,5 \times 10^{-3}$ cm/s
- migmatito são: $k < 10^{-7}$ cm/s a $1,2 \times 10^{-4}$ cm/s
- veio de quartzo: $k = 1,5 \times 10^{-3}$ cm/s a $2,3 \times 10^{-2}$ cm/s

Os valores de k indicados para os veios de quartzo são tendenciosos por terem sido escolhidos os de valores maiores. Assim foi feito com a intenção de mostrar que esses veios (em especial os pegmatóides) são os condicionantes hidrogeotécnicos mais desfavoráveis, com k da ordem de 10^{-2} cm/s. A distribuição desses veios de quartzo na rocha é errática e bastante frequente.

Pelo exposto até aqui, ressalta-se que os locais onde o maciço apresenta baixa qualidade geomecânica tem caráter localizado e pontual. Entretanto não pode ser descartada a possibilidade de ocorrência de uma feição localizada que comprometa ou ponha em risco o maciço da barragem, especialmente nas margens do rio Aracoíaba. Por exemplo, um veio de quartzo fraturado transversal ao eixo, de grande extensão e alta permeabilidade, tal como o detectado no SM-08. Por esta razão, durante o preparo da fundação da barragem, a escavação a ser feita para a construção da trincheira de vedação deverá servir como pesquisa para detecção desses possíveis condicionantes geotécnicos. Deverá ser limpa e cuidadosamente mapeada geotecnicamente.

Outras estruturas, tais como tomada d'água, extravasor, etc., deverão ter seus locais investigados pontualmente por sondagens, haja vista não ser possível a extrapolação da qualidade do maciço devido a esses condicionantes geotécnicos localizados.

2.4.2.8 - Resumo dos Resultados das Investigações nas Áreas de Empréstimo

a) Locais Pesquisados

Os locais pesquisados para empréstimo de solos argilosos para construção dos aterros da barragem e ensecadeiras, estão indicados no desenho nº AR-BT-2005. A pesquisa teve início nas duas ombreiras, dentro do futuro reservatório.

Observou-se pouca espessura e distribuição errática dos materiais colúvio-eluvionares mais nobres, bem como características de difícil trabalhabilidade dos solos de alteração (heterogeneidade, grande concentração de micas e pequena espessura). Tudo isso, aliado à constante presença de pedregulhos e matacões, levaram ao estendimento da área de pesquisa para os topos aplainados que circundam o reservatório da futura barragem.

Nesses locais, denominados EMP-01 e EMP-04 abaixo do capeamento arenoso com detritos orgânicos, que pode chegar a 0,5 m de espessura, encontra-se areia argilosa em camadas que podem atingir 4,0 m de espessura. Esses locais foram selecionados para jazida de materiais terrosos, cujas reservas medidas foram 1.163.500 m³ na ombreira direita e 1.776.000 m³ na ombreira esquerda, porém, esses volumes podem ser ampliados por inferência se houver necessidade.

A base da camada de areia argilosa compõe-se de pedregulhos e matações e, a menos que se opte por seu aproveitamento como material pétreo, eles marcam o limite da camada a ser aproveitada.

b) Ensaios de Caracterização e Compactação

Os resultados dos ensaios de laboratório estão resumidos no desenho nº AR-BT-3001. Os dados são apresentados em forma gráfica, para facilidade de análise e interpretação. São também apresentados em forma de tabela os parâmetros estatísticos (média e desvio padrão) de algumas propriedades dos vários empréstimos pesquisados.

Os valores do LL e IP tiveram pouca variação entre os empréstimos, com valores médios entre 27 e 32 para o LL e 9 e 13 para o IP. No gráfico de plasticidade, os pontos formam uma nuvem acima da linha "A" e à esquerda da linha "B". Os materiais se enquadram predominantemente como SC, algumas vezes CL e algumas amostras como SM-SC, na classificação unificada de solos (U.S.C.S.).

Granulométricamente, as faixas dos vários empréstimos são também próximas, apresentando uma distribuição bem graduada. O trecho das curvas definido nos ensaios de sedimentação, porém, tiveram que ser ajustadas em função de problemas verificados nos ensaios, provavelmente em decorrência do defloculante utilizado.

Os ensaios de compactação executados na energia do Proctor Normal apresentaram valores para o $\gamma_{S_{m\acute{a}x}}$ entre 1,65 e 2,05 g/cm³ e umidade ótima entre 10% e 18%.

Uma comparação entre os valores da umidade ótima de compactação ($h_{ót}$) e a umidade natural (h_{nat}) é feita no gráfico que relaciona estes parâmetros, apresentado no desenho AR-BT-3001. Verifica-se que os pontos estão em sua maioria abaixo da linha $h_{nat}=h_{ót}$, indicando, como esperado, que o material se encontra com umidade abaixo da ótima no empréstimo. Apenas alguns pontos correspondentes à área de empréstimo EMP-4 aparecem acima desta linha, fato atribuído à ocorrência de chuvas no período de coleta das amostras.

Em função dos resultados apresentados, conclui-se que os materiais disponíveis nos empréstimos apresentam características adequadas para utilização nos aterros compactados. Apresentam ainda boas condições para exploração e trabalhabilidade, prevendo-se que será necessário o umedecimento prévio do material para execução dos aterros.

c) Ensaios Especiais

Para determinação dos parâmetros geotécnicos necessários ao projeto dos aterros, foram realizados ensaios especiais de laboratório, cujos resultados estão apresentados no desenho nº AR-BT-3002.

Os parâmetros de compressibilidade foram obtidos de ensaios de adensamento edométrico. Foram feitos dois ensaios pela GEONORTE no material da área de empréstimo EMP-1, poço PI-111, sendo um realizado em amostra não inundada, e outra inundada desde o início do ensaio.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito efetivos) foram determinados em ensaios de cisalhamento direto lento. Embora este tipo de ensaio não seja o mais indicado para análise dos materiais de construção, a indisponibilidade de prensas triaxiais na região e o prazo restante para realização dos ensaios após a coleta das amostras, conduziu à adoção da alternativa disponível, nesta fase do projeto. A amostra ensaiada, pela GEONORTE, foi retirada do mesmo material do PI-111, executando-se o ensaio sobre 3 (três) corpos de prova com tensões normais de 1,0, 2,0 e 4,0 kgf/cm², resultando numa envoltória de resistência com:

$$c' = 0,53 \text{ kgf/cm}^2$$
$$\varphi' = 31^\circ$$

Apesar dos valores serem elevados, são compatíveis para o tipo de solo, compactado na umidade ótima e densidade em torno da máxima do Proctor Normal. Deverão porém ser confirmados na fase de detalhamento do projeto, mediante a realização de ensaios triaxiais em amostras representativas dos empréstimos.

2.4.2.9 - Material Pétreo - Enrocamentos/Transições/Agregados

Selecionou-se um local para pedreira (Pedreira 1), localizado a 900 m a montante do eixo da barragem, dentro do futuro reservatório. Além da exposição de rocha aflorante que ocorre, as sondagens executadas à meia encosta revelaram espessura de solo/rocha alterada da ordem de 8,0 m.

A 1 km desse local (Pedreira 2), há um afloramento rochoso com potencial para fornecer um volume estimado da ordem de 100.000 m³.

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de abrasão Los Angeles executados:

Amostra	Graduação	Nº de Esferas	Los Angeles (%)
P-01	B	11	32,7
P-02	B	11	30,0

2.4.2.10 - Jazidas de Areia e Pedregulho - Filtros/Agregados

As jazidas arenosas da área são os bancos de areia grossa que ocorrem na calha do rio Aracoiaba (A-01), que com pequeno beneficiamento poderão ser utilizadas.

Outra fonte pesquisada acha-se no rio Choró (A-02), distante 3 km pela estrada que liga as localidades de Vazantes e Ideal, no próprio local de travessia do rio.

Todos os locais indicados para obtenção de material de empréstimo e jazidas acham-se indicados no desenho nº AR-BT-2005.

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de permeabilidade a carga constante, executados em 5 (cinco) amostras de areias:

Jazida	Amostra	k (cm/s)
A-01	01	$3,7 \times 10^{-1}$
A-01	02	$2,8 \times 10^{-1}$
A-01	03	$5,2 \times 10^{-2}$
A-02	02	$1,4 \times 10^{-1}$
A-02	03	$4,7 \times 10^{-2}$

A faixa granulométrica determinada a partir dos ensaios executados em amostras de áreas potenciais no rio Aracoiaba (A - 01) e no rio Choró (A - 02) estão apresentadas no desenho nº AR-BT-3001.

2.4.3 - Estudos Geológico-Geotécnicos Complementares

2.4.3.1 - Considerações Iniciais

Com a evolução dos estudos a posição do eixo definido inicialmente e considerado nas investigações geológica-geotécnicas descritas no item 2.4.2 sofreu ajustes decorrentes da otimização do arranjo. Anteriormente, foram executadas um mínimo de investigações nos diversos locais com possibilidade de implantação do vertedouro, suficiente apenas para possibilitar a escolha do local mais adequado.

A campanha de investigações realizadas na Fase A, objetivou a suficiência de informações para evolução dos estudos até a fase de anteprojeto, prevendo-se a complementação das informações para o detalhamento do projeto executivo. A campanha complementar de investigações e ensaios visou principalmente o aprofundamento do conhecimento das características geológico-geotécnicas dos seguintes locais:

- Fundação do vertedouro e da galeria de desvio
- Fundação da barragem direita e vertedouro de emergência, segundo a nova posição final do eixo
- Fundação da barragem esquerda
- Várzea do fundo do rio
- Ombreiras da barragem do leito do rio
- Ampliação da área investigada para os empréstimos, com retirada de amostras para execução de ensaios especiais em amostras compactadas

O programa complementar de investigações consta do relatório "Programa Complementar de Investigações e Ensaio Geotécnicos - RHAR-980109-PI".

2.4.3.1 - Investigações e Ensaio Executados na Fundação

a) Barragem da Margem Direita

- 1 poço de inspeção (PI-101) com aprox. 5,0 m de profundidade com retirada de amostra deformada para caracterização das camadas
- 1 sondagem à percussão (SP-101) com aprox. 6,0 m de profundidade

- 1 sondagem mista na ombreira (SM-105), com aprox. 3,0 m em solo e 5,0 m em rocha sã, com 2 ensaios de perda d'água no trecho em rocha

b) Barragem Margem Esquerda

- 2 poços de inspeção (PI-102, PI-103) com aprox. 5,0 m de profundidade com coleta de 4 blocos (2 blocos/poço) para caracterização dos materiais

- 2 sondagens mistas (SM-109, SM-110) com penetração em rocha sã até 3,0 m.

c) Na Área do Vertedouro e Canais

- 2 sondagens mistas (SM101, SM-102) espaçadas de 40,0 m, localizadas sobre o eixo longitudinal da barragem, até a cota 85,0 ($\pm 10,0$ m), com percussão no capeamento e rotativas até 5,0 m em rocha sã, com 4 ensaios de perda d'água no trecho em rocha

- 1 sondagem mista (SM-103) no eixo do canal de entrada do vertedouro até a cota 87,0 m. Preve-se perfuração de 3,0 m em rocha sã

- 1 sondagem mista (SM-104) no eixo do canal de restituição, com a boca do furo na cota ± 80 , com simples lavagem do capeamento e 5,0 m em rocha.

d) Na Galeria de Desvio

- 1 sondagem mista (SM-106) no eixo da galeria-barragem, com 3 ensaios de perda d'água no trecho em rocha (preve-se perfuração de 5,0 m em rocha sã)

- 2 sondagens mistas (SM-107, SM-111) na entrada e saída da galeria (preve-se perfuração de 5,0 m em rocha sã)

e) Na várzea do Leito do Rio

- 1 sondagem mista (SM-108) com 2 ensaios de perda d'água no trecho em rocha (preve-se 5,0 m em rocha sã)

- 3 sondagens à percussão com 3 ensaios de infiltração em cada furo (SP-102, SP-103, SP-104)

- 1 sondagem à percussão à jusante do eixo (SP-105)

f) Coleta de Amostras

Foram coletados 4 blocos indeformados conforme especificados anteriormente:

- 2 blocos no PI-102 da ombreira esquerda

- 2 blocos no PI-103 da margem esquerda

No poço da ombreira direita, PI-101, deverá ser coletada uma amostra deformada para ensaios de caracterização.

Com os blocos indeformados foram executados ensaios de adensamento e cisalhamento direto.

2.4.3.3 - Investigações nas Áreas de Empréstimo

a) Área de Empréstimo da Margem Direita

- 1 poço de inspeção (PI-1C) com 4,0 a 5,0 m de profundidade com execução de ensaios de caracterização a cada metro. Foi retirada também uma amostra deformada de aprox. 50 kg para execução de ensaios de caracterização, compactação Proctor normal, e ensaios triaxiais R_{sat} , moldados com 98% do grau de compactação e $\pm 2\%$ da umidade ótima.

- 4 sondagens à trado, \varnothing 4" para ampliação da área de empréstimo (ST-1, ST-2, ST3, ST-4)

b) Área de Empréstimo da Margem Esquerda

- 1 poço de inspeção (PI-2C) com 4,0 a 5,0 m de profundidade com execução de ensaios de caracterização a cada metro. Foi retirada também uma amostra deformada de aprox. 50 kg para execução de ensaios de caracterização, compactação Proctor normal, e ensaios triaxiais R_{sat} , moldados com 98% do grau de compactação e $\pm 2\%$ da umidade ótima.

2.4.3.4 - Resultados das Investigações e Ensaios

Os resultados obtidos nas investigações e ensaios complementares foram analisados em conjunto com os obtidos na Fase A e apresentados nos seguintes desenhos elaborados durante o desenvolvimento do projeto executivo e listados a seguir:

- AR-BT-2007E - Área de Empréstimo - Margem Direita - Planta e Seções
- AR-BT-2008E - Área de Empréstimo - Margem Esquerda - Planta e Seções
- AR-BT-2009E - Mapeamento Geológico-Geotécnico e Planta de Localização das Investigações
- AR-BT-2010E - Seções Geológico-Geotécnicas - Seção E1
- AR-BT-2011E - Seções Geológico-Geotécnicas - Seções E2 e E3
- AR-BT-2012E - Seções Geológico-Geotécnicas - Seções E4, E5, E6 e E7
- AR-BT-3008E - Áreas de Empréstimo - Materiais Terrosos - Caracterização dos Materiais
- AR-BT-3009E - Jazidas de Areia e Pedreiras - Planta de Localização e Características dos Materiais
- AR-BT-3023E - Materiais de Fundação - Ensaios de Caracterização e Especiais
- AR-BT-3024E - Materiais de Fundação - Ensaios Especiais
- AR-BT-3025E - Áreas de Empréstimo - Ensaios Especiais

3 - DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA OBRA

3.1 - Localização e Acessos

A barragem a ser construída no rio Aracoiaba, no município de Aracoiaba, tem seu barramento localizado logo a jusante da confluência com o rio do Susto e a cerca de 2,0 km a montante do distrito de Vazantes.

A partir de Fortaleza, o acesso rodoviário ao local do barramento é feito pela rodovia CE-060 até a cidade de Antonio Diogo (60,0 km) ou até a cidade de Aracoiaba (72,0 km). A partir destas cidades o acesso ao local das obras é feito por estrada de terra. De Aracoiaba a estrada segue pela margem direita do rio Aracoiaba, atravessando o local do barramento e chegando a Vazantes numa distância de cerca de 12,0 km.

3.2 - Dados Gerais do Barramento

3.2.1 - Arranjo Geral

O arranjo geral do barramento é constituído de:

- Estrutura do barramento em barragem de terra
- Vertedouro em concreto com soleira livre, implantado na margem direita
- Estrutura comum para desvio/tomada d'água/descarga de fundo em concreto e localizado a direita da várzea do rio
- Vertedouro de emergência em terra, localizado no trecho final da margem direita

3.2.2 - Dados Gerais

- Cota do coroamento.....	100,0 m
- Altura máxima.....	35,0 m
- Nível d'água máximo normal.....	95,0 m
- Comprimento da crista.....	2.000,0m
- Volume do reservatório (cota 95,00).....	170,0 hm ³
- Área do reservatório (cota 95,00).....	15,0 km ²
- Volume total da barragem de terra.....	1.680.000 m ³
- Volume de concreto do vertedouro.....	2.800 m ³
- Volume de concreto da galeria de desvio/descarregador.....	1.600 m ³
- Largura da crista da barragem.....	7,0 m

3.3 - Barragem de Terra

3.3.1 - Tipo de Maciço

O local da implantação da barragem Aracoiaba caracteriza-se por um vale extenso, resultando num comprimento de crista (cota 100,0 m), da ordem de 2,0 km. No leito do rio ocorre uma planície aluvionar (cota 70,0 m) com uma extensão da ordem de 350,0 m. A inclinação das ombreiras varia, em ambas as margens, de 10 a 17%, da cota 70,0 a 95,0. Na margem direita, acima da cota 95,0, ocorre um platô com declividade bastante suave. Na margem esquerda, a partir da estaca 68+0,00, ocorre uma elevação na cota 98,0, a partir da qual observa-se uma sela topográfica atingindo a cota 90,0 m.

A seção típica da barragem é constituída por um maciço homogêneo interceptado por um filtro inclinado e interligado a um tapete drenante sub-horizontal. Esta seção típica apresenta as seguintes características:

- **Crista** - com 7,0 m de largura na cota 100,0 m, com declividade para montante e com um tratamento superficial com camada de cascalho compactado. A crista, embora não esteja prevista como pista de estrada, apresenta condições para tráfego moderado de veículos.
- **Talude de Montante** - com inclinação de 1V:2H acima da cota 95,0 e 1V:2,5H abaixo. Entre as cotas 75,0 e 85,0, o talude é protegido por uma camada única de enrocamento com 0,8 m de espessura. Acima da cota 85,0, a proteção é feita por uma camada interna de transição com 0,3 m de espessura e uma externa de blocos selecionados com 0,75 m de espessura.
- **Talude de Jusante** - com inclinação de 1V:2H e bermas de 3,0 m de largura nas cotas 91,0 e 82,0 e berma de 5,0 m na cota 73,0. A proteção do talude é feita por uma camada de enrocamento fino com 0,3 m de espessura.
- **Filtro Inclinado** - com inclinação de 1V:0,4H, com topo na cota 97,0 m, constituído por areia natural compactada e com largura medida na horizontal de 1,0 m e 1,5 m.

3.3.2 - Quantitativos Principais da Barragem

- Escavação comum.....	250.000 m ³
- Solos argilosos compactados.....	1.510.000 m ³
- Filtros, transições e drenos.....	84.000 m ³
- Enrocamentos.....	108.000 m ³

3.4 - Vertedouro de Emergência

3.4.1 - Descrição

O vertedouro de emergência a ser implantado na margem direita, no final da barragem de terra, é constituído de uma soleira vertente em terra na cota 99,00 e com 160,0 m de comprimento. A jusante da soleira são previstos diques laterais para direcionamento da água escoada pelo vertedouro.

3.4.2 - Quantitativos Principais

- Escavação comum.....	16.000 m ³
-Aterro.....	4.200 m ³

3.5 - Vertedouro

3.5.1 - Descrição

O vertedouro será implantado na margem direita com eixo longitudinal interceptando a estaca 21+2,33 do eixo da barragem.

O vertedouro é em canal com soleira descarregadora frontal, normalizada, tipo WES de 32 m de largura e implanta-se segundo um alinhamento retilíneo, sendo dotado, a jusante da soleira, de um convergente que faz a transição para a seção tipo do canal, de 20 m de largura.

A montante do vertedouro será escavada uma plataforma de entrada com cerca de 300 m de extensão e largura variável de 70 a 40 m. Precedendo a soleira descarregadora, faz-se uma transição em 20 m, através de muros laterais em concreto com definição elíptica em planta. O desenvolvimento total do vertedouro, desde a soleira até à seção de controle que precede o canal de restituição, é de 295,5m. O canal de restituição a jusante tem um desenvolvimento de 172,0m.

A soleira descarregadora, em concreto, tem a crista à 95,00 e um desenvolvimento de 19,5 m, a que se segue um trecho convergente revestido em concreto projetado com rasto entre as cotas 90,65 e 86,11 e desenvolvimento de 65,0 m, portanto com uma inclinação de 0,07. Todo o trecho do canal a jusante do convergente tem a seção hidráulica engastada no substrato rochoso de boa qualidade, com trechos de desenvolvimento de 151,0 m, 15,0 m e 15,0 m, respectivamente, com inclinações de 0,11 (entre as cotas 86,11 e 69,50), 0,18 (entre as cotas 69,50 e 66,80) e 0,22 (entre as cotas 66,80 e 63,50).

Os dois últimos trechos, de pequeno desenvolvimento total, 30,0 m, fazem a transição para a cota 63,50, cota do rasto da bacia de dissipação, criada através de um degrau de controle no seu final, com o topo à 66,43. O afundamento da cota do rasto da bacia contribuirá para assegurar boas condições de fixação de um ressalto estável. A jusante da bacia, começa o canal de restituição que se implanta ainda em cerca de 40,0 m com o rasto no substrato rochoso, após o que se desenvolve no material residual sobrejacente e/ou nos depósitos de cobertura. A pendente do canal de restituição é de 0,0025, de modo a induzir velocidades de escoamento moderadas, da ordem de 3,0 m/s, neste trecho final de restituição das vazões ao rio.

3.5.2 - Amortecimento das Cheias

No Quadro 3.5.2 de síntese apresentam-se os diversos amortecimentos para os hidrogramas de cheias considerados que permitiram validar a solução adotada para o vertedouro e assegurar a necessária fiabilidade à folga da barragem. O nível máximo obtido no reservatório 98,31 corresponde à cheia que pretende simular a ocorrência de uma vazão extrema ($Q_p=1.6 \times Q_{T=1000}$) perto da vazão máxima provável e acima da cheia decamilenar. Para a cheia milenar o valor obtido para o nível da água no reservatório é conservativo de NMC=97,19.

Quadro 3.5.2 - Amortecimento de cheias

Tipo de Cheia (Período de Retorno)	Vazão Máxima Afluente (m ³ /s/m)	Vazão Máxima Descarregada (m ³ /s/m)	Cota Máxima da Água no Reservatório (m)
duas cheias com T=100 anos, afastadas 0,5 × Tc	1673,5	281,2	97,93
duas cheias com T=100 anos, afastadas 1,0 × Tc	998,6	265,5	97,82
duas cheias com T=100 anos, afastadas 1,5 × Tc	950,4	254,3	97,74
Q _{máx} =1.6 × Q (T=1000 anos)	2208,0	395,4	98,31
Q _{máx} (T=10 000 anos)	1831,7	310,4	97,82
Q _{máx} (T=1000 anos)	1371,7	212,0	97,19
Q _{máx} (T=500 anos)	1245,2	186,5	97,01
Q _{máx} (T=100 anos)	950,4	129,6	96,58
Q _{máx} (T=50 anos)	828,2	107,4	96,40

3.5.3 - Quantitativos

Para implantação do vertedouro e dos respectivos canais são previstos os seguintes quantitativos principais:

- Escavação comum..... 125.000 m³
- Escavação em rocha..... 52.000 m³
- Volume de concreto..... 2.800 m³

3.6 - Galeria de Desvio/ Descarregador de Fundo

3.6.1 - Descrição

A estrutura para desvio provisório, tomada de água e descarga de fundo implanta-se na margem direita, cerca da cota 75,00 e terá como seção corrente uma galeria em concreto armado de seção útil em ferradura de 2,0 m de diâmetro. O desenvolvimento total do circuito é de cerca de 152,0m.

Na fase de desvio do rio, a entrada da galeria terá o seu rasto à cota 70,50. Após o trecho plano de entrada, que será obturado por um rolhão em 2ª fase e que tem um desenvolvimento de cerca de 11,0 m, a inclinação da galeria é de 1,765%, fazendo-se o escoamento em regime rápido para os vazões habituais do rio.

Para adaptação do circuito de desvio, a tomada de água e descarga de fundo, implantar-se-á, à entrada da galeria, uma torre de tomada, dotada de duas comportas planas, atuando num trecho com 10,0 m de extensão. O trecho inicial em que se instalarão as comportas tem seção retangular de 0,90x1,25 m² (bxh), aumentando a seção logo a jusante da comporta de jusante.

À saída da galeria, à cota 68,50, será efetuada uma soleira parabólica divergente em concreto, com 10,0 m de extensão que passa a largura da seção retangular de 2,0 para 4,0 m e promove a ligação à bacia de dissipação com o rasto à cota 65,00.

A bacia de dissipação é uma pequena obra em concreto, de seção retangular, com 4,0 m de largura e de altura e 9,0 m de comprimento, extensão que garante o seu adequado funcionamento para os valores habituais da vazão da tomada de água e que, por estar dotada de blocos de impacto, de amortecimento e soleira terminal contínua, permite ainda a restituição adequada das vazões máximas escoadas pelo sistema como obra definitiva, com a necessária dissipação de energia.

A jusante, a restituição ao rio é feita por um canal não revestido de seção trapezoidal, com 6,0 m de largura, que se inicia à cota 66,50 e que, no seu final, encontra o canal de restituição do vertedouro com o rasto à 66,00.

O acesso à torre de tomada far-se-á por um passarela em concreto armado apoiado em viga metálica, com uma extensão de cerca de 67,0 m e apoiado em dois pilares intermediários fundados no aterro. O passadiço é dotado de carris em que correrá uma vagonete para transporte dos equipamentos, simplificando e agilizando assim a construção desta estrutura.

3.6.2 - Comportamento Hidráulico

A estrutura de desvio permite o amortecimento da onda de cheia com pico de 828.000 m³/s (TR=50 anos), com nível a montante atingindo a cota 82,00 e uma vazão máxima descarregada de 30,0 m³/s.

O descarregador permite que o reservatório seja esvaziado em cerca de 100 dias.

O descarregador, através de aberturas parciais da comporta de jusante, permitirá a liberação de vazões para jusante correspondentes a faixa de 15% a 85% da abertura total da comporta.

3.6.3 - Quantitativos Principais

- Escavação comum.....	14.000 m ³
- Escavação em rocha.....	4.500 m ³
- Volume de concreto.....	1.600 m ³
- Peso da estrutura metálica da passarela....	24 t

4 - FICHA TÉCNICA DO RESERVATÓRIO

4.1 - Bacia de Drenagem

- Área..... 584,03 km²
- Perímetro..... 136,78 km
- Declividade média..... 0,231 m/km
- Coeficiente de compacidade..... 1,60
- Coeficiente de forma..... 0,13
- Tempo de concentração (t_c)..... 8 horas

4.2 - Reservatório

4.2.1 - Áreas x Volumes

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
70	0,14	0,72
75	0,98	5,66
80	2,78	19,58
85	5,54	47,26
90	9,62	95,39
95	15,06	170,70
100	21,34	277,39

4.2.2 - Níveis d'água

- Máximo normal..... 95,00 m
- Com laminação da cheia de projeto (TR=1.000 anos)..... 97,19 m
- Laminação da enchente de verificação (1,6xvazãoTR=1.000 anos)..... 98,31 m
- Mínimo operacional..... 74,00 m

4.2.3 - Dados Diversos

- Capacidade anual de regularização com 95% de confiança..... 86,6 hm³
- Volume útil..... 166,0 hm³
- Tempo de rebaixamento..... 100 dias

5 - SÍNTESE DOS CUSTOS DE SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS

5.1 - Custo Total dos Serviços e Equipamentos

Conforme orçamento elaborado o custo total previsto para a construção da barragem de Aracoiaba, incluído todos os serviços e fornecimentos é de R\$ 12.752.575,00 (doze milhões, setecentos e cinquenta e dois mil, quinhentos e setenta e cinco reais).

O custo mencionado refere-se apenas aos serviços e fornecimentos necessários a implantação das obras, não estando incluídos os custos relativos ao reservatório, tais como, custos ambientais, custos de relocação de acessos, e outros pertinentes.

5.2 - Síntese dos Custos dos Principais Serviços

Do orçamento global apresentado no item 5.1, discriminou-se os custos totais dos principais serviços considerados no mesmo.

<i>5.2.1 - Serviços Gerais</i>	
- Instalação, operação e manutenção do canteiro	R\$ 800.000,00
- Relocação da estrada de acesso e execução dos acessos definitivos	R\$ 112.000,00
- Ensecadeiras e obras de controle do rio	R\$ 60.500,00
<i>Subtotal 1</i>	R\$ 972.500,00
<i>5.2.2 - Escavações</i>	
- Desmonte e limpeza	R\$ 125.000,00
- Escavação comum	R\$ 1.050.000,00
- Escavação em rocha	R\$ 716.000,00
<i>Subtotal 2</i>	R\$ 1.891.000,00
<i>5.2.3 - Aterros Definitivos</i>	
- Solos compactados	R\$ 6.393.000,00
- Filtros, drenos e transições	R\$ 942.000,00
- Enrocamentos	R\$ 553.700,00
<i>Subtotal 3</i>	R\$ 7.888.700,00
<i>5.2.4 - Estruturas de Concreto</i>	
- Concreto	R\$ 852.000,00
- Forma	R\$ 240.000,00
- Armação	R\$ 544.000,00
- Juntas, drenos, chumbadores, peças metálicas e embutidos	R\$ 143.740,00
<i>Subtotal 4</i>	R\$ 1.779.740,00
<i>5.2.5 - Serviços Especiais</i>	
- Cortina de injeções	R\$ 68.975,00
- Concreto projetado	R\$ 22.000,00
- Instrumentação	R\$ 29.660,00
<i>Subtotal 5</i>	R\$ 120.635,00
<i>5.2.6 - Equipamento Hidromecânico</i>	
- Equipamentos	R\$ 100.000,00
<i>Subtotal 6</i>	R\$ 100.000,00
TOTAL GERAL	R\$ 12.752.575,00