



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE  
RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO  
**PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO**

ESTUDOS DE ALTERNATIVAS,  
AVALIAÇÃO AMBIENTAL,  
ESTUDOS BÁSICOS,  
VIABILIDADE TÉCNICA, FINANCEIRA E  
ECONÔMICA, DETALHAMENTO DO  
PROJETO BÁSICO,  
LEVANTAMENTO CADASTRAL,  
PLANO DE REASSENTAMENTO,  
EIA-RIMA,  
PLANO DE OPERAÇÃO E  
MANUTENÇÃO E  
AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA  
REFERENTES À BARRAGEM FIGUEIREDO,  
SITUADA NA BACIA DO  
RIO JAGUARIBE,  
NO ESTADO DO CEARÁ



**BARRAGEM FIGUEIREDO**

CONTRATO Nº 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001

ETAPA A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

FASE I - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA

VOLUME I - RELATÓRIO DE OPÇÕES PARA LOCALIZAÇÃO  
DO EIXO BARRÁVEL

JUNHO 2003



**COBA**



**VBA**

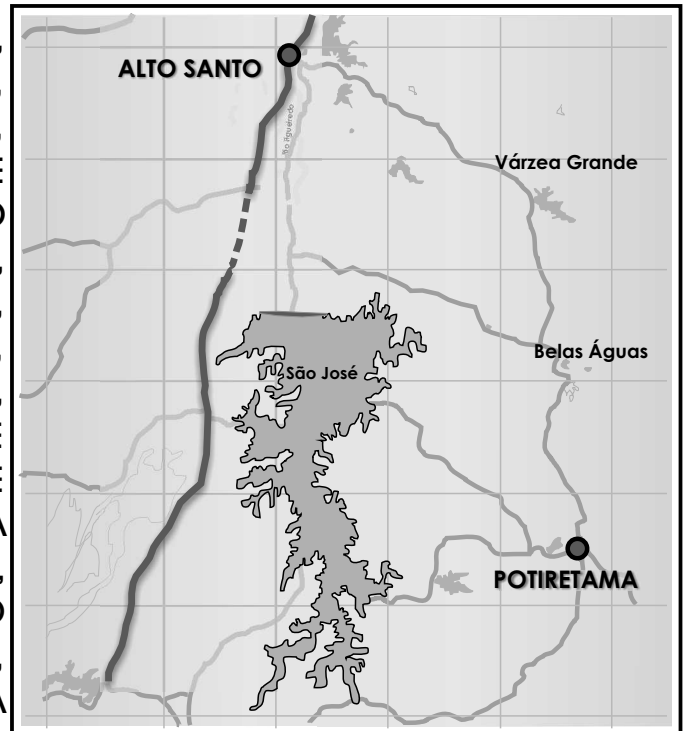


SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE  
RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO

ESTUDOS DE ALTERNATIVAS,  
AVALIAÇÃO AMBIENTAL,  
ESTUDOS BÁSICOS,  
VIABILIDADE TÉCNICA, FINANCEIRA E  
ECONÔMICA, DETALHAMENTO DO  
PROJETO BÁSICO,  
LEVANTAMENTO CADASTRAL,  
PLANO DE REASSENTAMENTO,  
EIA-RIMA,  
PLANO DE OPERAÇÃO E  
MANUTENÇÃO E  
AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA  
REFERENTES À BARRAGEM FIGUEIREDO,  
SITUADA NA BACIA DO  
RIO JAGUARIBE,  
NO ESTADO DO CEARÁ



## BARRAGEM FIGUEIREDO

CONTRATO Nº 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001

ETAPA A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

FASE I - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS PARA  
LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

VOLUME I - RELATÓRIO DE OPÇÕES PARA  
LOCALIZAÇÃO DO EIXO BARRÁVEL

JUNHO 2003



**CONTRATO Nº 007/PROÁGUA/SRH/CE/2001****EQUIPE DE ELABORAÇÃO**

<b>CONSÓRCIO COBA/VBA</b>	<b>ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA SRH</b>
Jorge Vazquez Gonzalez Engº. Civil Coordenador dos Estudos pela COBA	Lucrécia Nogueira de Sousa Geóloga Presidente da Comissão
Joaquim Francisco Sousa Neto Engº. Civil Coordenador dos Estudos pela VBA	Ivoneide Ferreira Damasceno Engª. Civil Membro da Comissão
Ricardo Matos Oliveira Geólogo Consultor da Equipe Técnica pela COBA	Maria Alice Guedes Geóloga Membro da Comissão
Ednardo Fernandes Cardoso Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela VBA	Francisco José de Sousa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Maria de Lurdes Pimenta Engª. Civil Membro da Equipe Técnica pela COBA	Maria Elaine Bianchi Geógrafa Membro da Comissão
Samuel Antônio Silva Dias Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela VBA	Francisco Dário Silva Feitosa Dário Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Joana Rodrigues Carreto Engª. Civil Membro da Equipe Técnica pela COBA	Nelson L. de S. Pinto Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Luiz Fernando Menescal Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela VBA	Paulo Teixeira da Cruz Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Vicente Clérigo Rodrigues Engº. Civil Membro da Equipe Técnica pela COBA	Roneí Viera de Carvalho Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Benedito Lopes Santiago Geólogo Membro da Equipe Técnica pela VBA	
Naimar G. Barroso Severiano Esp. Meio Ambiente Consultora em Meio Ambiente	
José Valdeci Biserra Economista Consultor em Estudos Econômicos/Financeiros	
Elianeiva de Queiroz Viana Odísio Engª. Agrônoma Consultora em Desapropriação e Reassentamento	

## LISTA DE VOLUMES DA EDIÇÃO FINAL

### ETAPA A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

- Fase I - Estudos de Alternativas para Localização da Barragem
  - Volume I - Relatório de Opções para Localização do Eixo Barrável**
- Fase II - Estudos de Viabilidade Ambiental - EVA
  - Volume I - Diagnóstico Ambiental
- Fase III - Estudos Básicos e Concepção Geral do Projeto
  - Volume I - Estudos Hidrológicos
  - Volume II - Relatório dos Estudos Cartográficos
  - Volume III - Relatório dos Estudos Topográficos
  - Volume IV - Relatório dos Estudos Geológico-Geotécnicos
- Fase IV - Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Financeira do Projeto
  - Volume I - Relatório de Avaliação Técnica, Econômica e Financeira do Projeto

### ETAPA B - DETALHAMENTO DO PROJETO BÁSICO

- Fase V - Detalhamento do Projeto Básico da Barragem
  - Volume I - Memorial Descritivo do Projeto
  - Volume II – Peças Desenhadas
  - Volume III - Especificações Técnicas
  - Volume IV - Quantitativos e Orçamento
  - Volume V - Relatório Síntese
- Fase VI - Cadastro e Plano de Reassentamento
  - Volume I - Levantamento Cadastral - Relatório Geral
  - Volume II - Plano de Reassentamento - Relatório Geral
- Fase VII - Estudos Ambientais
  - Volume I - Estudos de Impacto Ambiental (EIA)
  - Volume II - Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA)
- Fase VIII - Planos de Operação e Manutenção
  - Volume I - Manuais de Operação e Manutenção
- Fase IX - Avaliação Financeira e Econômica do Projeto
  - Volume I - Avaliação Financeira e Econômica do Projeto

## **1 - INTRODUÇÃO**

# BARRAGEM DE FIGUEIREDO

## FASE I - ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO.....	1.1
2 - DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE.....	2.1
3 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DOS EIXOS ALTERNATIVOS, BACIAS HIDRÁULICAS E BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	3.1
3.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	3.1
3.2 - BACIAS HIDRÁULICAS E BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	3.5
3.2.1 - Geologia .....	3.5
3.2.1.1 - Geologia Regional.....	3.5
3.2.1.2 - Geologia Local.....	3.7
3.2.2 - Climatologia e Recursos Hídricos .....	3.8
3.2.3 - Relevo .....	3.9
3.2.4 - Solos.....	3.9
3.2.4 - População, estruturas e infraestruturas interferidas.....	3.12
3.3 - RECONHECIMENTO DOS LOCAIS BARRÁVEIS .....	3.14
4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....	4.1
4.1 - ESTUDOS EXISTENTES E DADOS DISPONÍVEIS.....	4.1
4.2 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E CLIMATOLÓGICA.....	4.1
4.3 - PLUVIOMETRIA.....	4.8
4.4 - FLUVIOMETRIA.....	4.11
4.5 - VAZÕES AFLUENTES DE CHEIAS .....	4.15

	<b>Pág.</b>
5 - NECESSIDADES DE ÁGUA E VAZÕES REGULARIZADAS .....	5.1
5.1 - NECESSIDADES DE ÁGUA .....	5.1
5.2 - REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES .....	5.5
6 - ASPECTOS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS .....	6.1
6.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	6.1
6.2 - CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO DA OBRA .....	6.2
6.3 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO .....	6.4
7 - DIAGNÓSTICO SÓCIO-ECONÔMICO E AMBIENTAL DA REGIÃO .....	7.1
7.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS HIDRÁULICAS DOS EIXOS ESTUDADOS .....	7.1
7.1.1 - Generalidades .....	7.1
7.1.2 - Potencial agrícola dos solos .....	7.2
7.1.3 - Riscos de salinização das águas represadas .....	7.5
7.1.4 - Riscos de sismicidade induzida .....	7.5
7.1.5 - Patrimônio histórico, arqueológico, paleontológico e espeleológico .....	7.9
7.1.6 - Unidades de conservação e terras indígenas .....	7.9
7.1.7 - Estrutura fundiária .....	7.9
7.1.8 - Aspectos demográficos .....	7.12
7.1.9 - Infra-estruturas de uso público a serem atingidas .....	7.14
7.1.10 - Atividades econômicas a serem paralisadas .....	7.16
7.1.11 - Riscos de poluição das águas represadas por efluentes domésticos e industriais .....	7.16
7.1.12 - Riscos de poluição da água represada por agrotóxicos .....	7.17
8 - ÁREAS E INFRAESTRUTURAS INTERFERIDAS .....	8.1
8.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	8.1
8.2 - RELOCAÇÃO DE ESTRADAS .....	8.1
8.3 - REDE ELÉCTRICA .....	8.8
8.4 - DESAPROPRIAÇÃO DE TERRAS INUNDADAS .....	8.10
8.5 - DESAPROPRIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES .....	8.13
8.6 - REASSENTAMENTO DE POPULAÇÕES .....	8.19

	<b>Pág.</b>
9 - CARACTERIZAÇÃO DOS EIXOS ALTERNATIVOS .....	9.1
10 - SELEÇÃO DO EIXO DE BARRAGEM .....	10.1
11 - ANÁLISE DE PORMENOR DOS EIXOS ALTERNATIVOS NA ÁREA ENVOLVENTE DO LOCAL CAJAZEIRA .....	11.1
12 - SOLUÇÕES DE BARRAGEM E VERTEDOURO ALTERNATIVAS NO EIXO CAJAZEIRA .....	12.1
12.1 - CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS .....	12.1
12.2 - CONSIDERAÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS .....	12.1
12.3 - SOLUÇÕES ESTUDADAS.....	12.3
12.4 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO.....	12.7
12.5 - MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL SUMÁRIAS.....	12.7
13 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO .....	13.1



## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 3

Figura 3.1 – Mapa de localização e acessos

Figura 3.2 – Bacias hidrográficas dos eixos alternativos

Figura 3.3 – Locais de barragem alternativos

Figura 3.4 – Mapa geológico

Figura 3.5 – Carta de Solos

### Capítulo 4

Figura 4.1 – Perfil longitudinal do Rio Figueiredo

Figura 4.2 – Bacias Hidráulicas e CAV

Figura 4.3 – Médias Mensais de Vento, Umidade Relativa e Temperaturas médias

Figura 4.4 – Distribuição Temporal de Variáveis Climatológicas na Bacia Hidrográfica da Barragem Figueiredo

Figura 4.5 – Precipitações Máximas, Médias e Mínimas

Figura 4.6 – Série de Precipitações Totais Anuais

Figura 4.7 – Mapa de Postos Pluviométricos

Figura 4.8 – Características Relativas a Série de Precipitação na Bacia da Barragem de Figueiredo

Figura 4.9 – Características Relativas a Série de Deflúvios da Bacia do Açude Figueiredo

### Capítulo 5

Figura 5.1 – Projetos de Irrigação

Figura 5.2 – Resultado da Simulação da Operação da Barragem Figueiredo

Figura 5.3 – Resumo da Simulação do Açude Figueiredo – Resultado Típico para o Eixo Extrema

Figura 5.4 – Resumo da Simulação do Açude Figueiredo – Resultado Típico para o Eixo Cajazeiras

Figura 5.5 – Resumo da Simulação do Açude Figueiredo – Resultado Típico para o Eixo Jurema

## **Capítulo 8**

Figura 8.1 – EIXO LOCAL I. Identificação das Interferências com Estradas e Redes Eléctricas

Figura 8.2 – EIXO EXTREMA. Identificação das Interferências com Estradas e Redes Eléctricas

Figura 8.3 – EIXO CAJAZEIRAS. Identificação das Interferências com Estradas e Redes Eléctricas

Figura 8.4 – EIXO LOCAL II. Identificação das Interferências com Estradas e Redes Eléctricas

Figura 8.5 – EIXO JUREMA. Identificação das Interferências com Estradas e Redes Eléctricas

Figura 8.6 – EIXO LOCAL III. Identificação das Interferências com Estradas e Redes Eléctricas

Figura 8.7 – Mapa de Solos

Figura 8.8 – Custo de Desapropriação de Terras

Figura 8.9 – Identificação das edificações desapropriadas em função da cota e do eixo barrado

Figura 8.10 – Custo de Desapropriação de Edificações em Função da Cota de Inundação

Figura 8.11 – Custos de Reassentamento em Função da Cota de Inundação

## **Capítulo 9**

Figura 9.1 – EIXO LOCAL I. Planta e Perfil Longitudinal.

Figura 9.2 – EIXO EXTREMA. Planta e Perfil Longitudinal.

Figura 9.3 – EIXO CAJAZEIRAS. Planta e Perfil Longitudinal.

Figura 9.4 – EIXO LOCAL II. Planta e Perfil Longitudinal.

Figura 9.5 – EIXO JUREMA. Planta e Perfil Longitudinal.

Figura 9.6 – EIXO LOCAL III. Planta e Perfil Longitudinal.

## **Capítulo 10**

Figura 10.1 – Local Extrema. Volumes de Barragem de aterro

Figura 10.2 – Local Cajazeira. Volumes de Barragem de aterro

Figura 10.3 – Local Jurema. Volumes de Barragem de aterro

Figura 10.4 – Análise de sensibilidade dos custos totais das barragens dos eixos Jurema, Cajazeiras e Extrema

## **Capítulo 11**

Figura 11.1 – Área envolvente do local de Cajazeira. Alternativas de eixo

Figura 11.2 – Análise de pormenor de alternativas ao eixo Cajazeira

Figura 11.3 – Local Cajazeira. Eixo Alternativo. Áreas inundadas e volumes armazenados

Figura 11.4 – Local Cajazeira. Eixo Alternativo. Volumes de barragem de aterro

## Capítulo 12

Figura 12.1 – Incremento da Q90 em função da cota de água no reservatório

Figura 12.2 – Perfis tipo das soluções de barragem estudadas

## ÍNDICE DE QUADROS

### Capítulo 1

Quadro 1.1 – Fluxograma Geral

Quadro 1.2 – Fluxograma dos Estudos

### Capítulo 3

Quadro 3.1 – Localidades e unidades habitacionais existentes na bacia hidráulica

### Capítulo 4

Quadro 4.1 – Evaporação

Quadro 4.2 – Precipitações médias mensais na bacia de Figueiredo

Quadro 4.3 - Açude Figueiredo (dados Gerados pelo MODHAC com Parâmetros do Arneiroz e Precipitação Bacia Figueiredo 1912 - 2000) (deflúvios em mm)

Quadro 4.4 – Vazões de cheia

### Capítulo 5

Quadro 5.1 - Demandas Diretamente Agregadas ao Açude Figueiredo

### Capítulo 7

Quadro 7.1 – Potencial Agrícola dos Solos

Quadro 7.2 - Distribuição Geográfica dos Sismos do Nordeste de Magnitude  $M_b \geq 3,0$

Quadro 7.3 - Distribuição dos Sismos no Nordeste, Segundo a Magnitude ( $M_b \geq 3,0$ )

Quadro 7.4 - Relação dos Sismos com Magnitude  $M_b \geq 3,0$  ocorridos no Estado do Ceará

Quadro 7.5 - Ocorrência de Sismos na Região do Estado

Quadro 7.6 – Estrutura Fundiária

## **Capítulo 8**

Quadro 8.1 – Estimativa dos custos de relocação de estradas

Quadro 8.2 – Estimativa dos custos associados à rede elétrica

Quadro 8.3 – Classificação dos Tipos de Solo Encontrados no Interior da Bacia Hidráulica da Barragem Figueiredo

Quadro 8.4 – Custo de Desapropriação de Terras

Quadro 8.5 – Pré-cadastro da Barragem Figueiredo

Quadro 8.6 – Custo de Desapropriação de Edificações em Função da Cota de Inundação

Quadro 8.7 - Custos de Reassentamento em Função da Cota de Inundação

## **Capítulo 9**

Quadro 9.1 – Níveis máximos de água para os diversos eixos alternativos

## **Capítulo 12**

Quadro 12.1 – Barragem de Aterro Zonado (coroamento à cota 103,00 m)

Quadro 12.2 – Barragem de Enrocamento (coroamento à cota 103,00 m)

Quadro 12.3 – Barragem de Concreto Rolado (coroamento à cota 103,00 m)

## **2 - DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE**

## 2 - DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE

Nesta primeira fase dos estudos foram consultados um conjunto de elementos diversos, designadamente no que se refere à documentação seguinte:

- Cartografia à escala 1: 100 000, folha SB.24-X-C-V (IRACEMA), para o trecho compreendido entre o eixo Cajazeira e toda a zona de montante;
- Cartografia à escala 1: 25 000, para o trecho compreendido entre Alto Santo e o eixo Cajazeira;
- Atlas do Ceará (IPLANCE, 1997), designadamente as Cartas de Geologia, Geomorfologia, Solos e Precipitações;
- Mapa Geológico do Estado do Ceará à escala 1: 500 000 (Ministério das Minas e Energia, 1983);
- Fotografia aérea na escala 1:15 000 da área correspondente ao reservatório;
- Uma coleção de cartas planialtimétricas na escala 1:5 000 de toda a zona em estudo (restituição aerofotogramétrica);
- Estudos Hidrológicos anteriores do Açude do Figueiredo, designadamente o “Plano Estadual de Recursos Hídricos”, os “Estudos de Inserção Regional da Transposição do Rio São Francisco” e o “Plano de Gerenciamento de Águas da Bacia do Rio Jaguaribe”
- Dados de postos pluviométricos com influência na bacia recolhidos junto da FUNCEME e da ANEEL;
- Estudo para atendimento das demandas hídricas da região Metropolitana de Fortaleza;
- Berrocal, J. et alli, Sismicidade do Brasil JAG/USP. São Paulo, 1984;
- Ferreira, J.M., Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de mestrado. JAG/USP. São Paulo, 1983;
- RBGf, ESB/UNB e CAI/UFRN, Boletins Sísmicos;

- “Estudos de Reconhecimento do Rio Figueiredo para o Plano de Aproveitamento Hidroagrícola da Chapada do Atanásio / Catinga Grande”, KL – Serviços de Engenharia, Lda., Dezembro de 1994.

A análise de todos os elementos mencionados que consta, função das áreas científicas respectivas, dos capítulos 3 a 9, permitiu, em conjunto com os trabalhos de reconhecimento e de levantamento da situação, estabelecer as necessárias comparações entre os diversos atributos dos eixos estudados, baseando a escolha definitiva da solução (Capítulo 10) que será objeto de detalhe.



### **3 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DOS EIXOS ALTERNATIVOS, BACIAS HIDRÁULICAS E BACIAS HIDROGRÁFICAS**

### **3 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DOS EIXOS ALTERNATIVOS, BACIAS HIDRÁULICAS E BACIAS HIDROGRÁFICAS**

#### **3.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A necessidade da criação de um grande reservatório cuja função será, como se referiu já, a satisfação das demandas de água para consumo humano e industrial nos Municípios de Alto Santo, Ererê, Iracema, Pereiro e Potiretama e para irrigação, conduziu à identificação e análise, na área do rio Figueiredo indicada pela Fig. 3.1, de seis eixos barráveis alternativos, cujas designações são, de jusante para montante, as seguintes:

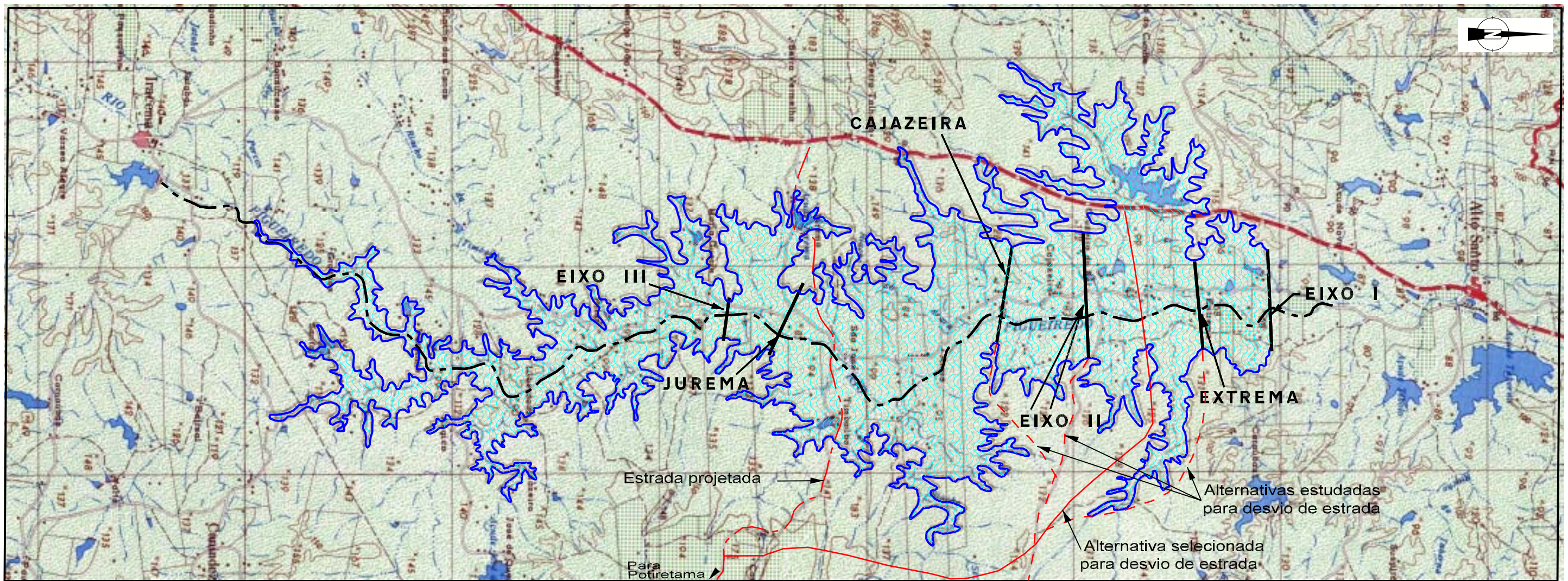
- i) Eixo I
- ii) Eixo Extrema
- iii) Eixo II
- iv) Eixo Cajaceira
- v) Eixo Jurema
- vi) Eixo III

Sendo que o local mais a jusante o Eixo I – o eixo mais próximo da Cidade de Alto Santo - e o local mais a montante, o Eixo III, distam entre si, em linha reta, cerca de 13,5 km. Nas Fig. 3.2 e 3.3 representam-se os diferentes eixos alternativos possíveis para a implantação da barragem.

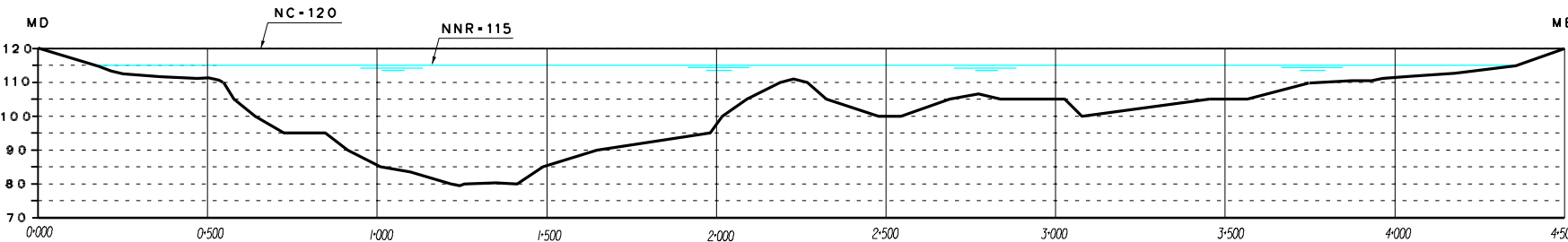
Partindo-se de Fortaleza, o acesso aos locais alternativos previstos para estudo do futuro barramento pode ser feito, inicialmente, através de um trecho de 225 km da Rodovia BR-116, até à bifurcação desta com a Rodovia-CE-205. A partir desta bifurcação, toma-se a direção sul e percorre-se, pela CE-205, 18 km até a Cidade de Alto Santo (Fig. 3.1). Desta cidade, segue-se, margeando o Rio Figueiredo, por uma estrada vicinal que, pela margem direita, dá acesso direto, aos locais dos eixos alternativos estudados. Pela margem esquerda e utilizando a CE-138 também é possível aceder aos locais de barragem estudados, havendo no entanto que percorrer uma maior distância.

Fig. 3.1

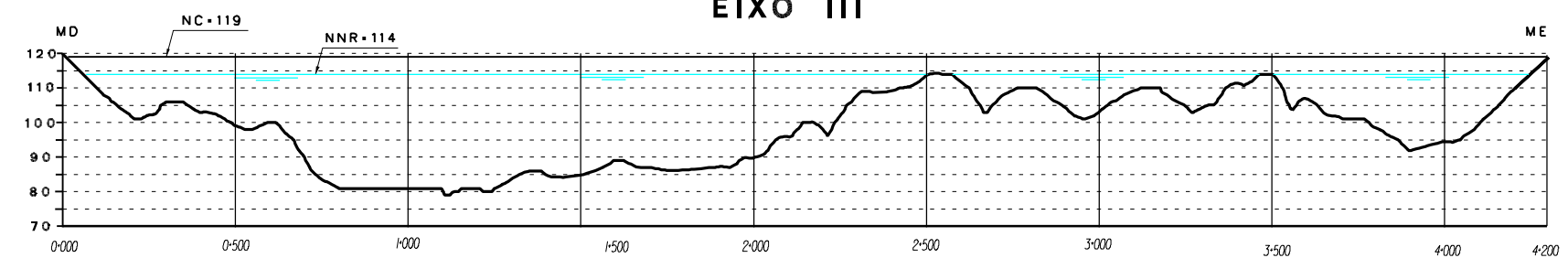
Fig. 3.2



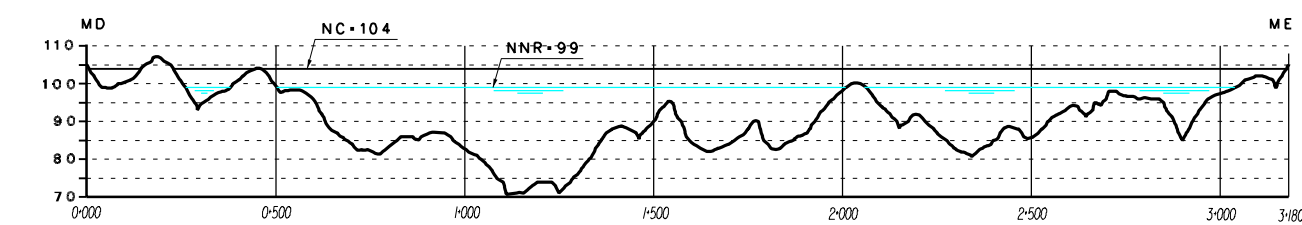
PLANTA DA ALBUFEIRA  
E DE LOCALIZAÇÃO DOS EIXOS  
1/100000



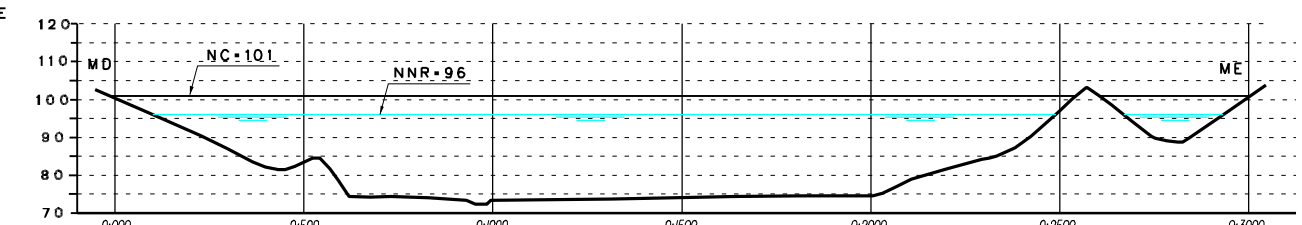
EIXO III



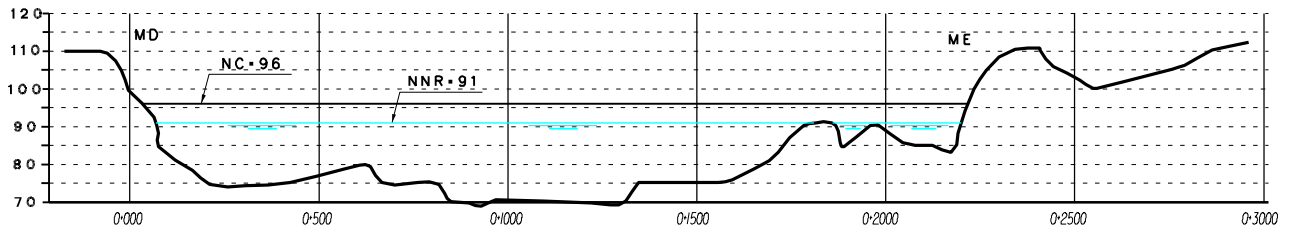
JUREMA



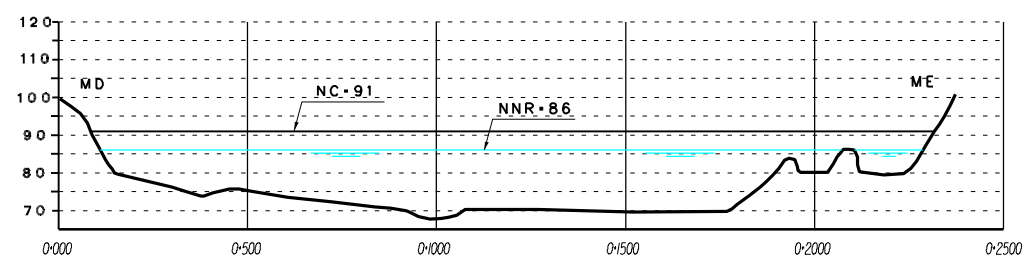
CAJAZEIRA



EIXO II



EXTREMA



EIXO I

PERFIS LONGITUDINAIS  
H=1/20000  
V=1/2000

Fig. 3.3  
LOCAIS DE BARRAGEM  
ALTERNATIVOS

## 3.2 - BACIAS HIDRÁULICAS E BACIAS HIDROGRÁFICAS

### 3.2.1 – Geologia

#### 3.2.1.1 - Geologia Regional

Geologicamente, as áreas das bacias hidrográficas dos locais de barragem alternativos são compostas, basicamente, por um único grupo litológico, representado por rochas do Pré-Cambriano não diferenciado. Em menor proporção, ocorrem litotipos propiciados pelo vulcanismo alcalino e mais rochas sedimentares do grupo Apodi, além das intrusões plutônicas e sedimentos recentes.

A Fig. 3.4 mostra a distribuição das unidades geológicas supra-mencionadas na área da bacia hidrográfica, as quais são descritas a seguir.

- Sedimentos Recentes (Qha)

Esse ambiente sedimentar é composto por argilas, areias argilosas, areias quartzosas de coloração variegada e granulação de fina a média.

- Vulcanismo Alcalino (Tdb)

São agrupadas nesta unidade as rochas tabulares de carácter alcalino que ocorrem encaixadas nas rochas de embasamento cristalino. São representados pelos litotipos classificados como diabásios e gabros, ocorrendo sob a forma de “diques”.

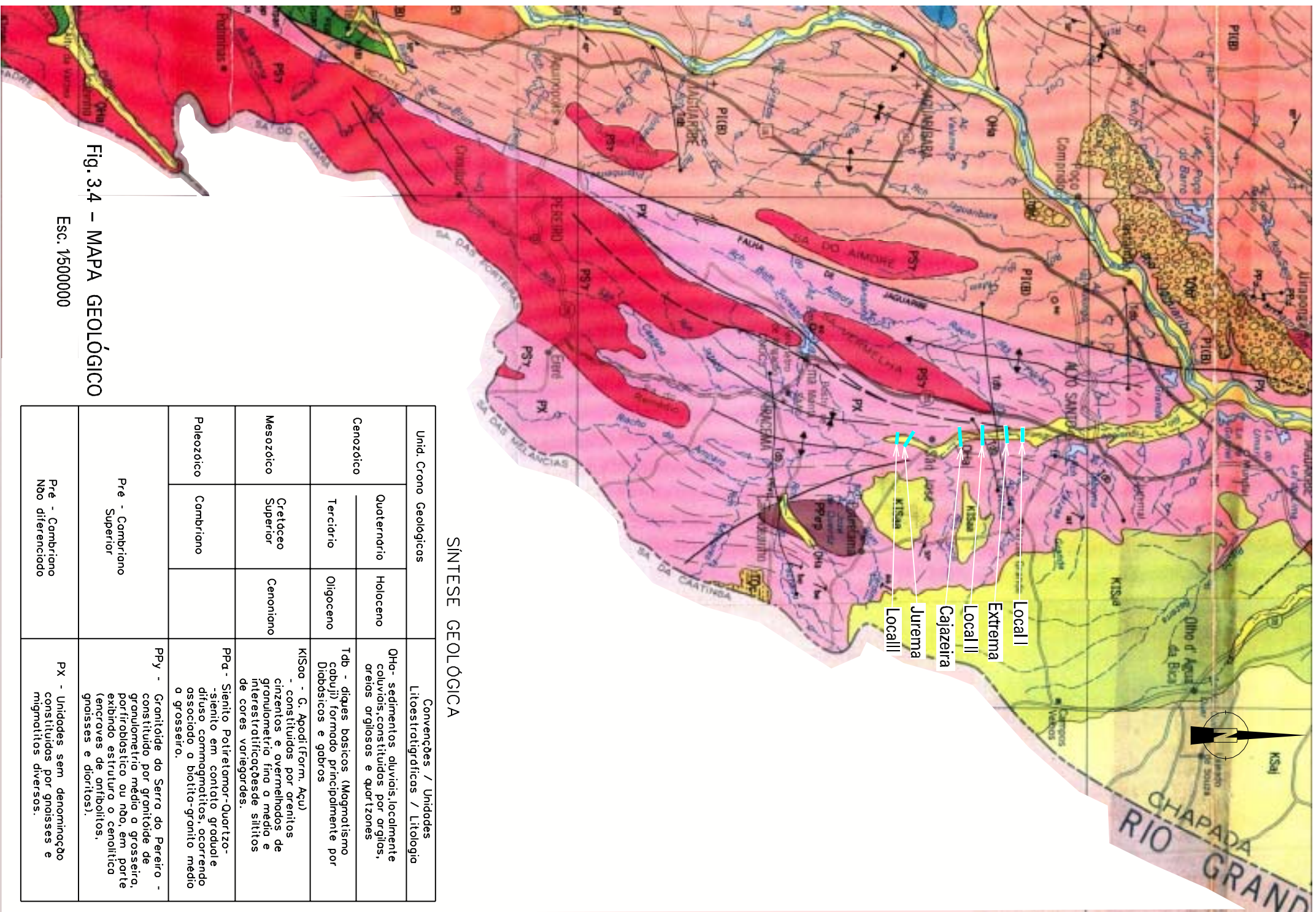
- Grupo Apodi (Kisaa)

Litologicamente, a Formação Açú integra a porção basal do Grupo Apodi, sendo constituída por arenitos cinzentos e avermelhados, granulometria fina a média e interestratificações de siltitos de cores variegadas.

Ocorre em manchas semi circulares em discordância angular com a estrutura regional.

- Intrusões Plutônicas Granulares (PP $\alpha$  e PPy)

Na área de implantação dos eixos alternativos da barragem, as rochas granulares estão representadas por granitoides (PPY) de granulometria média a grosseira, às vezes, porfiroblásticos, associando as gabróides que reúnem anfíbolitos e dioritos.



SÍNTESE GEOLÓGICA

Unid. Crono Geológicas		Convenções / Unidades Litostратigraphicas / Litologia
Cenozóico	Quaternário	OHa - sedimentos aluviais, localmente coluviais, constituídos por argilas, areias argilosas e quartzões
	Terciário	Oligoceno Tdb - diques básicos (Magmatismo Gabuji) formado principalmente por Diabásicos e gabros
Mesozóico	Cretáceo Superior	KISoa - G. Apodi (Form. Aqu)
	Cenoniano	- constituídos por arenitos cinzentos e overmoldados de granulometria fina a média e interestratificações de siltitos de cores variegadas.
Paleozóico	Cambriano	PPa - Sientio Poliretornor-Quartzo- -sientio em contato gradual difuso, commagmatitos, ocorrendo associado o biotito-granito médio a grosseiro.
		PPy - Granitóide da Serra do Pereiro - constituído por granitóide de granulometria média a grosseira, porfiróblástico ou nbo, em parte exibindo estrutura o cenotítica (encrevas de onfóibolitos, gnaisses e dioritos).
Pré - Cambriano Superior		PX - Unidades sem denominação constituídas por gnaisses e migmatitos diversos.
Pré - Cambriano Nbo diferenciado		

Fig. 3.4 – MAPA GEOLÓGICO  
Esc. 1:500,000

- Rochas Pré-Cambrianas Não-Diferenciadas

Nessa unidade são agrupadas as rochas do embasamento cristalino com posicionamento na Era Arqueana. Em termos geográficos, é a unidade que ocupa maior área de distribuição no âmbito da superfície hidrográfica da barragem.

Litologicamente, o embasamento cristalino é como uma sequência constituída por gnaisses e migmatitos variados, frequentemente intercalados por quartzitos, tactitos, anfibolitos. Subordinadamente ocorrem corpos de rochas calcossilicáticas concordantes com o bandamento gnaissico.

### **3.2.1.2 - Geologia Local**

Nas áreas interessadas pelos seis eixos alternativos estudados no presente documento, ocorre litologicamente gnaisse migmatizado, com níveis quartzíticos, e rochas afins. Observa-se o domínio de gnaisse com biotita, anfibólio, granada em contatos gradacionais para rochas mais migmatizadas. A rocha aflorante é leucocrática, maciça, de granulação média a grosseira, sendo formada principalmente por quartzo, feldspato e biotita, estando alinhada, grosseiramente, segundo a direção NE-SW.

Encaixando na sequência do complexo gnáissico-migmatítico, ocorre um grupo de rochas tabulares de carácter básico, sob forma de diques e veios de diabásio e gabros, que apresentam controle estrutural, estando associado ao preenchimento de fracturas, e apresentando espessuras variáveis.

Os diques de diabásio e gabros apresentam coloração cinza escura com granulação fina, homogênea, formando matacões quando intemperizados, devido a fracturas subperpendiculares à sua orientação.

Em termos estruturais, observa-se fracturas subparalelas às direcções do plano de xistosidade, ocasionadas, provavelmente, por cisalhamento não devendo porém ter abertura considerável.

A rede fluvial é constituída principalmente por dois talwegues, o correspondente ao rio Figueiredo que nasce na Serra do Pereiro, na feição morfológica denominada de planalto residual, apresentando rede hidrográfica subparalela, afluindo para o rio Jaguaribe, e o correspondente ao afluente rio do Amparo.



### 3.2.2 – Climatologia e Recursos Hídricos

Faz-se no presente item uma caracterização sumária dos elementos climáticos e recursos hídricos das bacias hidrográficas em análise, aspecto que são objecto de tratamento pormenorizado nos capítulos 4 e 5.

Na Fig. 3.2 encontram-se representadas as bacias hidrográficas dos eixos alternativos para a implantação da Barragem de Figueiredo.

Na caracterização dos elementos climáticos nas bacias hidrográficas dos locais de barragem alternativos, foram tomadas como base os registros da estação climatológica Morada Nova, dada a proximidade com o local. As distribuições médias mensais da velocidade do vento, umidade relativa do ar e das temperaturas (máxima, média e mínima), apontam, respectivamente, para valores médios da ordem de 3,5 m/s, 65% e temperaturas médias entre 20 e 35°.

A evaporação anual, também obtida com base no posto de Morada Nova, atinge 2476 mm, com o máximo de 305mm em Setembro (estação seca) e o mínimo de 105mm em Abril (estação chuvosa).

A região onde se pretende implantar a Barragem de Figueiredo é, comparativamente com outros locais no interior da bacia do Jaguaribe, privilegiada do ponto de vista de média pluviométrica anual, muito embora seja uma zona típica da irregularidade de distribuição temporal das chuvas, característica do nordeste semi-árido brasileiro.

A área hidrográfica que será dominada pela barragem de Figueiredo situa-se numa região em que a precipitação média atinge 876 mm, sendo que a diferença entre os anos secos e chuvosos é bastante marcada. É de referir que para o mês de Abril, a precipitação no ano chuvoso (343 mm) é 172% maior que a média do mês (200 mm) e 762% maior que a precipitação no ano seco (45 mm).

No que se refere aos escoamentos, a conhecida conjunção de três fatores – irregularidade pluviométrica + embasamento cristalino + elevada evaporação – conduz a um regime bem desfavorável, com grande irregularidade e forte intermitência. Estima-se um volume anual afluente representativo das bacias hidrográficas dos vários eixos da ordem de 0,14 hm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

Este regime de escoamento, plenamente compreendido pela SRH, pode ser claramente caracterizado pelos seguintes indicadores: escoamento médio anual de 141 mm, o período

março/maio como o trimestre de maior escoamento médio com 84% do total e setembro-novembro como o trimestre com escoamento médio praticamente nulo.

### **3.2.3 – Relevo**

Na região objecto do projecto observa-se a ocorrência de grandes extensões de áreas resultantes da acção de um sistema erosivo intenso que, sob as condições dominantes de um clima semi-árido, modela o relevo predominante na bacia hidrográfica do rio Figueiredo. Trata-se de um processo inerente ao intemperismo físico que atua desagregando as rochas mais superficiais durante o prolongado período seco, sendo estas massas desagregadas posteriormente carregadas com elevado poder transportador. Deve-se ressaltar, também, a acção do intemperismo químico que age principalmente no curto período chuvoso.

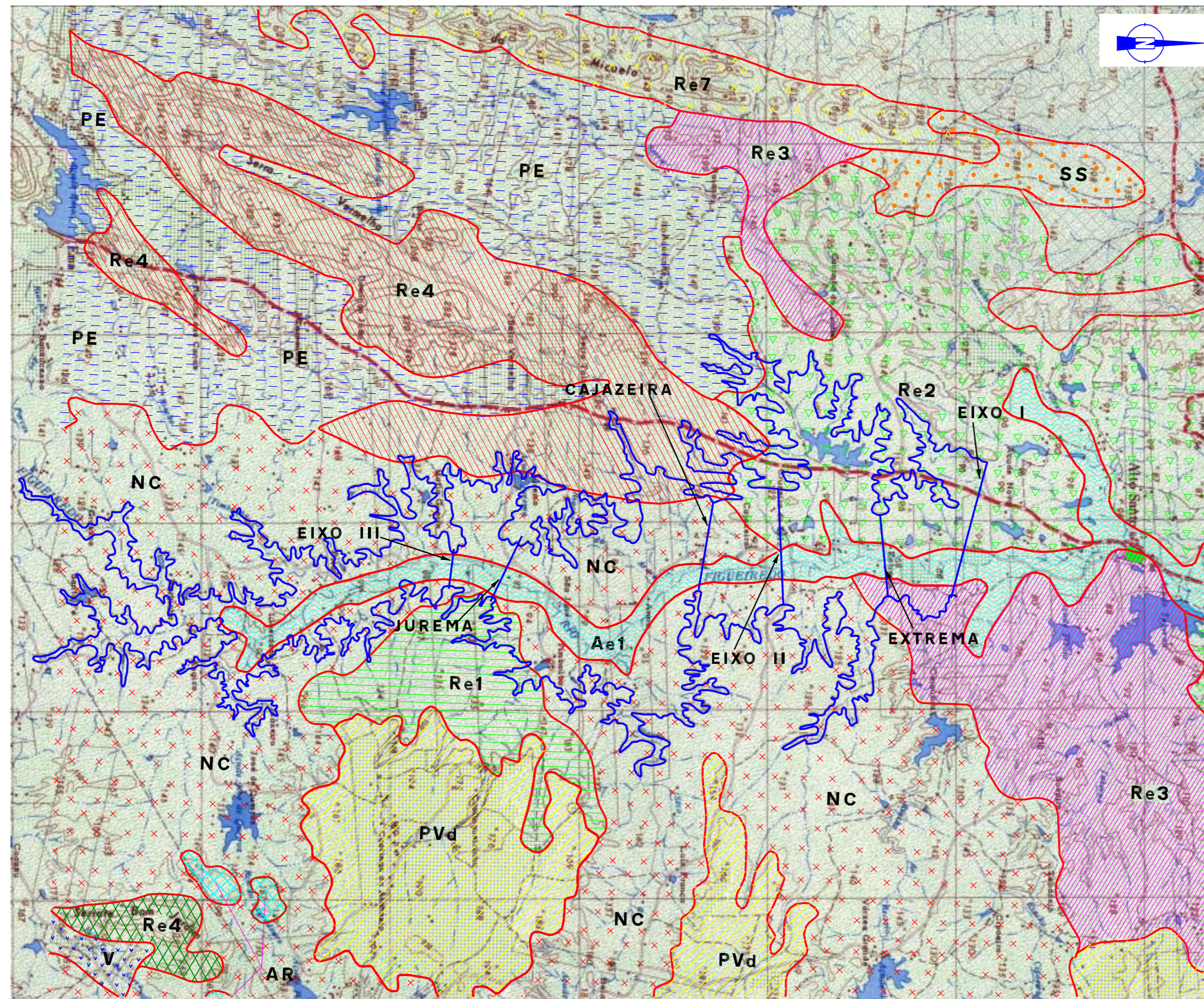
Estas regiões apresentam feições de relevo variando do plano ao suave ondulado, com partes onduladas ou até mesmo montanhosas onde se verifica a presença de maciços residuais. Neste conjunto pode notar-se a presença de três aspectos particulares associados ao relevo.

- áreas com relevo predominantemente plano e suave ondulado;
- áreas com relevo variando do plano ao ondulado;
- áreas com relevo suave ondulado e ondulado, ocorrendo partes com relevo forte ondulado e inclusões montanhosas.

### **3.2.4 – Solos**

Fornece-se, neste capítulo, uma visão global dos diversos solos existentes em parte da bacia hidrográfica do rio Figueiredo. A identificação dos solos interessados pela bacia hidráulica permitirá definir os custos inerentes à desapropriação dos terrenos inundados (capítulo 8). Por outro lado, o conhecimento dos solos ocorrentes nas proximidades do futuro reservatório constituirá um elemento de base, essencial para futuros planejamentos agrícolas, escolha de áreas prioritárias que justifiquem levantamentos mais detalhados e seleção de áreas para implementação de projetos de irrigação na bacia hidráulica ou a jusante da barragem.

Na Fig. 3.5 apresenta-se o mapa de solos da área objecto de estudo, descrevendo-se em seguida as principais características dos grandes grupos de solos ocorrentes.



## LEGENDA

- PVa - Associação de: Podzólio Vermelho Amarelo Álico Tb abruptico textura arenosa/média + Areias Quartzosas Distróficas, ambos A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano e suave ondulado.
- PVd - Associação de: Podzólio Vermelho Amarelo Distrófico Tb textura arenosa/média + Regossolo Distrófico com fragipan, ambos com A fraco, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano e suave ondulado.
- PE - Associação de: Podzólio Vermelho Amarelo Eutrófico Tb rasa abruptico com A fraco textura arenosa/argilosa cascalhenta relevo suave ondulado + Podzólio Vermelho Amarelo Eutrófico Tb com A moderado textura média/argilosa, relevo suave e ondulado, substrato gnaisse e granito, ambos fase caatinga hiperxerófila.
- NC - Associação de: Bruno Não Calcico textura média/argilosa fase, com calhaus, relevo suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa, relevo suave e ondulado, substrato gnaisse e granito + Planossolo Solódico textura arenosa/argilosa relevo plano e suave ondulado, todos A fraco, fase caatinga hiperxerófila.
- V - Vertissolo com A fraco, fase calhaus, caatinga hiperxerófila, relevo plano e suave ondulado.
- SS - Associação de: Solonetz Solodizado textura arenosa/argilosa, relevo plano + Regossolo Eutrófico com fragipan, relevo plano e suave ondulado, ambos com A fraco, fase caatinga hiperxerófila
- Ae1 - Associação de: Solos Aluviais Eutróficos textura arenosa/média, ambos com A fraco, fase caatinga hiperxerófila de várzea e floresta ciliar de carnaúba, relevo plano e suave ondulado.
- Ae2 - Associação de: Solos Aluviais Eutróficos textura indiscriminada + Vertissolo + Planossolo Solódico Ta textura arenosa/média, todos com A fraco, fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hiperxerófila de várzea, relevo plano.
- Re1 - Solos Litólicos Eutróficos com A fraco textura arenosa e média fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave e ondulado, substrato gnaisse e granito.
- Re2 - Associação de: Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaisse, granito e filito + Bruno Não Calcico textura média/argilosa, fase pedregosa, ambos com A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave e ondulado.
- Re3 - Associação de: Solos Litólicos Eutróficos com A fraco textura arenosa e média, fase erodida e não erodida, pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave e ondulado, substrato gnaisse e granito + Afloramentos Rochosos.
- Re4 - Associação de: Solos Litólicos Eutróficos com A fraco textura arenosa e média cascalhenta, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo ondulado e montanhoso, substrato gnaisse e granito + Afloramentos Rochosos.
- Re5 - Associação de: Solos Litólicos Eutróficos com A fraco textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa, substrato gnaisse e granito + Bruno Não Calcico com moderado textura média/argilosa, fase com calhaus, ambos fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + Afloramentos Rochosos.
- Re6 - Associação de: Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa, relevo suave e ondulado, substrato gnaisse e granito + Solonetz Solodizado textura arenosa/argilosa, fase pedregosa, relevo plano e suave ondulado + Planossolo Solódico Ta textura arenosa/média/argilosa, relevo plano e suave ondulado, todos com A fraco, fase caatinga hiperxerófila.
- Re7 - Associação de: Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato gnaisse e granito + Podzólio Vermelho Amarelo Eutrófico Tb com A moderado textura média/argilosa cascalhenta, relevo forte ondulado, ambos fase caatinga hiperxerófila + Afloramentos Rochosos.
- AR - Associação de: Afloramentos Rochosos + Solos Litólicos Eutróficos com A fraco textura arenosa e média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo

Fig. 3.5 - CARTA DE SOLOS

Esc. 1/100000

#### Unidade de Mapeamento – PVa

Ocupa uma extensão razoável situada próxima da margem esquerda do rio Jaguaribe, a jusante da confluência deste com o seu afluente pela margem direita, o rio Figueiredo. Os solos Podzólicos Vermelhos Amarelos Álicos ocorrem associados, nesta unidade de mapeamento, às Areias Quartzosas Distróficas. Apresentam deficiências de solos, topografia e drenagem que tornam o seu aproveitamento muito restrito para a agricultura irrigada.

#### Unidade de Mapeamento – PVd

Localiza-se na margem direita do rio Figueiredo, constituindo-se como extensões dos solos predominantes da Chapada do Apodi. Os solos Podzólicos Vermelhos Amarelos Distróficos ocorrem associados nesta unidade de mapeamento a solos de pouco ou nenhum potencial para a agricultura irrigada formados pelos Regossolos Distróficos com Fragipan. O primeiro componente da associação apresenta bom potencial agrícola com algumas deficiências de solos e topografia, no entanto, o segundo componente, face às inúmeras limitações para solos, topografia e drenagem, torna-os impróprios para irrigação.

#### Unidade de Mapeamento – PE

Situa-se à esquerda da futura bacia hidráulica da Barragem de Figueiredo. Trata-se de uma associação de solos formada por Podzólicos Vermelhos Amarelos Eutróficos com textura cascalhenta e por Podzólicos Vermelhos Amarelos Eutróficos de relevo suave ondulado e ondulado com deficiências acentuadas de solos, topografia e drenagem que reduzem drasticamente as suas potencialidades agrícolas.

#### Unidade de Mapeamento – NC

Abrange extensas áreas em torno da futura bacia hidráulica, sendo formada pela associação de três tipos de solos: Bruno Não Cálcico, Solos Litólicos Eutróficos e Planossolo Solódico. As características físicas e químicas destes solos constituem fortes fatores limitantes ligados a solos, topografia e drenagem que os tornam impróprios para agricultura irrigada.

#### Unidade de Mapeamento – V

Ocorre isoladamente ao sul da área, sendo formada por uma unidade de mapeamento simples constituída por Vertissolos. Face à sua posição em relação à bacia hidráulica, o seu

aproveitamento para agricultura irrigada é inviável, apesar de apresentar algumas pequenas restrições de solos, topografia e drenagem.

#### Unidade de Mapeamento – SS

Abrange pequenas manchas situadas nas margens esquerda e direita do rio Figueiredo, na região centro-norte da área considerada, formada pela associação de solos Solonetz Solodizado e Regossolos Eutróficos. Em virtude dos inúmeros fatores limitantes de solos, topografia e drenagem, os solos componentes desta associação tornam-se imprestáveis para agricultura irrigada.

#### Unidade de Mapeamento – Ae

Ocupa uma faixa bastante extensa de solos situados nas margens esquerda e direita do rio Figueiredo e na confluência deste com o rio Jaguaribe. Esta unidade de mapeamento é formada principalmente por Aluviões de textura indiscriminada associados a Planossolos e Solonetz Solodizados. Em razão do excelente potencial agrícola dos aluviões, esta unidade constitui uma das associações com o maior índice de aproveitamento para agricultura irrigada, mesmo considerando os fatores limitantes de solos, topografia e drenagem dos demais componentes da associação.

#### Unidade de Mapeamento – Re

Esta unidade de mapeamento distribui-se indiscriminadamente por toda a área considerada no âmbito do estudo. É formada, na sua maioria, por Solos Litólicos Eutróficos, em unidades simples ou associados a outros tipos de solos sem nenhum potencial agrícola com fortes limitações de solos, topografia e drenagem.

### **3.2.4 – População, estruturas e infraestruturas interferidas**

A área do reservatório da futura Barragem de Figueiredo tem densidade populacional significativa. A extensão total do reservatório, a partir do Eixo I, é de, aproximadamente, 30 km, podendo ser visualizadas diversas interferências, tais como núcleos populacionais, estradas, obras de infra-estrutura urbana, pequenas barragens (“barreiros”), e redes de energia elétrica trifásicas e monofásicas. Nos capítulos 7 e 8 faz-se uma análise detalhada destas interferências para cada um dos eixos alternativos estudados.

As localidades afetadas encontram-se identificadas no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1 – Localidades e unidades habitacionais existentes na bacia hidráulica**

Localidade	Localidade
01 - Extrema	10 - Tabuleiro Comprido
02 - Batuquim	11 - Jurema
03 - Barra da Pedra	12 - Maria Guerra
04 - Várzea de Baixo	13 - Pilar
05 - São Paulo	14 - Liberdade
06 - Cajazeiras	15 - Juazeiro
07 - Araras	16 - Varginha
08 - São José	17 - Grossos
09 - São Pedro	18 - Passagem
	19 - Lapa

Das localidades citadas, merecem destaque, pela sua maior concentração populacional, as de São José (interferida pelos Eixos I, Extrema, II e Cajazeira), Pilar (interferida por todos os eixos alternativos) e Lapa (que só será interferida para cotas superiores à 105). Nelas foi ainda observada a presença de obras de infra-estrutura urbana, tais como rede de distribuição de água e energia, igreja, cemitério, etc., que se podem considerar, contudo, de pequena dimensão e pouco representativas, pelo que a sua substituição ou relocação se traduzem por custos reduzidos a moderados (cerca de 10 a 15% do valor das obras).

Para além das localidades existem ainda, em toda o reservatório, diversas residências ao longo do eixo do Rio Figueiredo na sua maioria abandonadas.

No que diz respeito ao tipo de edificação mais frequente na área em estudo, foi observada uma certa predominância de padrões construtivos semelhantes na região. Com efeito, a maior parte das unidades habitacionais apresenta um aspecto geral rústico e são de alvenaria cobertas com estrutura de madeira e telha cerâmica.

Em relação às infra-estruturas rodoviárias existentes na área de influência do projeto, a implantação da Barragem de Figueiredo exigirá, nos Eixos I, Extrema, II e Cajazeira a alteração do traçado da Rodovia CE-138. Dependendo do local de implantação, este trecho poderá ter uma extensão variando de 5 a 15 km, sendo a penalização tanto maior quanto mais a jusante estiver este eixo, aproximadamente. A rodovia CE470, que ligará Poliretama à CE-138 e se encontra em fase de implantação, deverá ser objeto de alteração na área interferida pelos reservatórios associados a todos os eixos (com excepção do III). Na área dos futuros reservatórios existem ainda redes de baixa tensão que deverão ser substituídas.

### 3.3 - RECONHECIMENTO DOS LOCAIS BARRÁVEIS

Os locais de barragem equacionados no âmbito do presente estudo integram três locais já analisados em estudos anteriores, designados por Extrema, Cajazeira e Jurema, e três novos locais, identificados no âmbito dos presentes estudos, que se designaram por I, II, III.

Foram efetuadas visitas de reconhecimento aos locais alternativos de implantação da Barragem de Figueiredo, apresentando-se em anexo uma reportagem fotográfica das referidas visitas.

Na área em estudo, a topografia da área envolvente do rio é relativamente suave, correspondendo-lhe locais de barragem de grande desenvolvimento longitudinal – da ordem de 2 a 4 km, e por vezes superiores – para alturas de obra compreendidas entre 28 e 40 m.

Assim sendo, e para permitir uma análise comparativa dos locais de barragem em estudo – no que se refere às condições topográficas e geológicas de implantação e às interferências inerentes aos reservatórios criados, com terrenos, estruturas e infra-estruturas – assumiu-se para a definição dos níveis de reservamento normal e respectivas cotas de coroamento uma vazão regularizada de 4,4 m<sup>3</sup>/s (Capítulos 4 e 5), correspondendo, para os locais de jusante, a volumes armazenados da ordem de 500 hm<sup>3</sup>.

Tal fato levou, naturalmente, à definição de cotas de plano de água e de crista de barragem diferentes (representados nos perfis longitudinais de cada eixo na Fig. 3.3), para efeitos de comparação técnico-econômica dos locais em estudo, que se apresenta mais pormenorizadamente nos capítulos 6 a 10.

O Eixo situado na área mais a jusante (**Eixo I**) está localizado a cerca de 5,3 km de distância (pelo rio Figueiredo) da Cidade de Alto Santo e a 2,0 km a jusante do boqueirão Extrema identificado em estudos anteriores. A jusante deste eixo, a topografia abre sensivelmente nas cotas altas, podendo considerar-se pois este local como aquele que delimita, por jusante, o trecho do rio com locais de barragem de interesse técnico-econômico.

De modo a garantir, anualmente, um caudal regularizado de 4,4 m<sup>3</sup>/s, a barragem terá que ter uma altura de 28 m (admitindo uma folga de 5 m). A localização deste eixo possibilita, comparativamente aos outros, a construção da barragem com menor altura e com um desenvolvimento de aproximadamente 2220 m à cota do coroamento, além do que, a implantação seria facilitada dado o vale ser bastante aberto, apresentando uma inclinação muito suave ao longo de todo o seu desenvolvimento.

O **Eixo Extrema**, situado 2,0 km a montante do eixo acima referenciado, está localizado cerca de 7,3 km a montante da cidade de Alto Santo. Este local permite criar, para uma altura de barragem de 31 m, um reservatório de grande capacidade de armazenamento, de cerca de 476 hm<sup>3</sup>, possibilitando uma satisfatória rentabilização dos recursos hídricos disponíveis. É aliás de referir que entre o Eixo I e este local não ocorre grande perda de recursos hídricos, devido à inexistência de linhas de água importantes entre os dois locais.

O local pode ser descrito como sendo um boqueirão relativamente aberto, com cerca de 2,2 km de desenvolvimento à cota definida para o coroamento (96).

O local barrável aqui denominado de **Eixo II** situa-se a 2,7 km de distância a montante do boqueirão Extrema, e a cerca de 10,0 km de distância da sede do Município de Alto Santo. Este local permite criar também um reservatório com armazenamento importante, garantindo para a cota de pleno armazenamento (101) um volume armazenado de aproximadamente 501 hm<sup>3</sup>. Em relação ao Eixo de Extrema verifica-se, naturalmente, a redução da bacia hidrográfica e a consequente perda das afluições provenientes de quatro linhas de água de alguma importância.

No entanto, a este eixo corresponde um maior desenvolvimento longitudinal. Com efeito, o boqueirão principal apresenta 2,5 km de desenvolvimento à cota do coroamento e, de modo a garantir o fecho, será necessária, devido à irregularidade do terreno na margem direita, a construção de uma portela com 400 m de desenvolvimento. Esta alternativa de eixo possibilita a minimização de algumas interferências com terrenos agricultados, açudes e acessibilidades, designadamente não afetando significativamente a Rodovia CE-205.

O **Eixo denominado Cajazeira** está localizado a 12,3 km de distância de Alto Santo, medidos ao longo do rio Figueiredo, e a 2,3 km a montante do Eixo II. A implantação de uma barragem neste boqueirão permite ainda criar um reservatório com uma capacidade de 520 hm<sup>3</sup>, correspondente à cota de reservamento normal - (99). O boqueirão principal onde corre o rio Figueiredo tem uma extensão de cerca de 2,7 km de extensão à cota do coroamento, correspondendo-lhe uma altura de barragem de 34 m. Na ombreira esquerda é necessário proceder ao fecho dos dois boqueirões secundários, um com 160 m e outro de 240 m de extensão. O local apresenta algumas singularidades, correspondendo a uma topografia mais irregular que a dos restantes eixos.

O **Eixo denominado Jurema** situa-se a, aproximadamente, 19,0 km de distância (pelo rio Figueiredo) da Cidade Alto Santo, a montante, e a cerca de 6,7 km do Eixo Cajazeira. Relativamente ao eixo de jusante verifica-se uma perda significativa de recursos hídricos em



relação aos restantes eixos. Este local de barragem possibilita a criação de um reservatório a uma cota mais alta que os restantes, cerca da (114), com um volume de armazenamento de 667 hm<sup>3</sup> e ao qual corresponde uma altura de barragem de 39 m.

Este local possui uma topografia relativamente aberta, onde se destaca a presença de uma grande área plana junto à margem esquerda, na qual se verifica uma forte predominância de depósitos aluvionares. Na margem direita a topografia abre, de uma forma irregular, nas cotas mais altas, fazendo com que este eixo tenha o maior desenvolvimento longitudinal, com cerca de 4,2 km à cota do coroamento.

O local barrável aqui designado por **Eixo III** localiza-se cerca de 1,2 km a montante do boqueirão Jurema e a aproximadamente 20 km da Alto Santo. O volume armazenado neste local seria, para garantir o mesmo caudal regularizado, obviamente o maior de todos, de cerca de 721 hm<sup>3</sup> correspondendo-lhe uma altura de barragem de 40 m. Mas a possível aptidão do local para a implantação de uma barragem e os seus menores impactos poderiam ser fatores de interesse eventual. No entanto, a topografia do vale não torna, neste local, a implantação mais favorável. O vale é menos aberto que os anteriores, tendo a ombreira esquerda maior pendente que a direita onde a topografia abre significativamente nas cotas mais elevadas (acima da cota 100), o que leva a um desenvolvimento longitudinal bastante extenso de, aproximadamente, 4,5 km para uma cota de coroamento de (120).

## **4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

## **4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

### **4.1 – ESTUDOS EXISTENTES E DADOS DISPONÍVEIS**

A Barragem de Figueiredo foi estudada anteriormente no âmbito de três estudos principais: “Plano Estadual de Recursos Hídricos”, “Estudos de Inserção Regional da Transposição do Rio São Francisco” e “Plano de Gerenciamento de Águas da Bacia do Rio Jaguaribe”.

A partir destes estudos foi possível obter séries diárias de precipitações para postos pluviométricos na bacia hidrográfica do Figueiredo, dados de estações climatológicas e ainda parâmetros regionais para calibração do modelo chuva-vazão.

### **4.2– CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E CLIMATOLÓGICA**

A bacia da Barragem de Figueiredo situa-se na região do médio Jaguaribe, aproximadamente entre os paralelos 05°20' e 06°15' e os meridianos 38°00' e 38°45', abrangendo uma área que varia entre 1452 km<sup>2</sup> a 1712 km<sup>2</sup>, função do local de barragem alternativo.

O rio Figueiredo nasce na Serra do Pereiro e desemboca no rio Jaguaribe na localidade denominada Barra do Figueiredo, percorrendo entre esses dois pontos uma distância total de 115,8 km. Destacam-se como principais afluentes o riacho do Amparo, pela margem direita, e o riacho das Flores, pela margem esquerda, este último deságua no rio Figueiredo a jusante da cidade de Alto Santo.

A Figura 4.1 apresenta um perfil longitudinal do Rio Figueiredo, com a identificação das diversas opções estudadas de localização do eixo da barragem.

Os dados de evaporação mensal, necessários para simulação da operação dos reservatórios, foram obtidos da estação climatológica de Quixeramobim, constantes no Plano de Gerenciamento de Águas do Jaguaribe e apresentados no Quadro 4.1.

FIGURA 4.1 PERFIL LONGITUDINAL DO RIO FIGUEIREDO



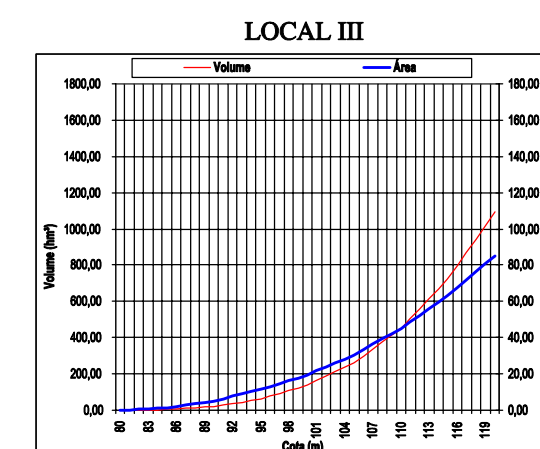
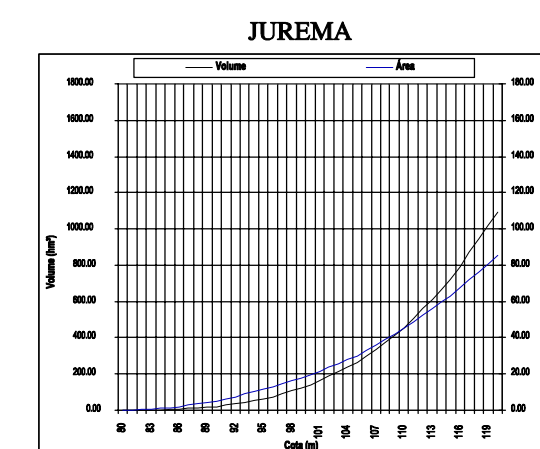
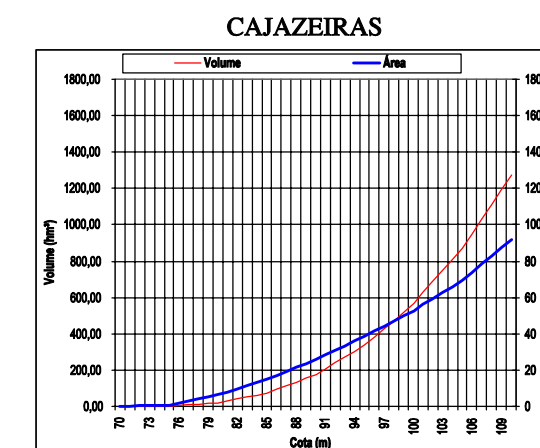
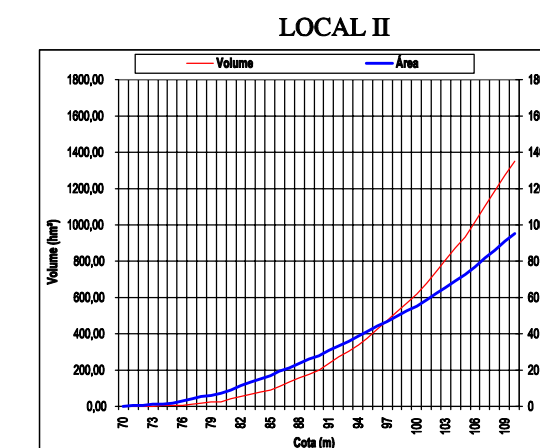
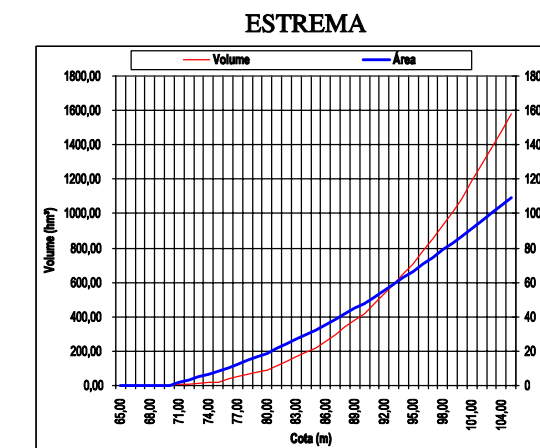
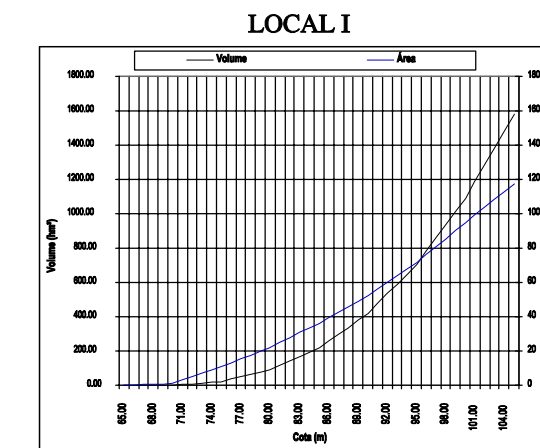
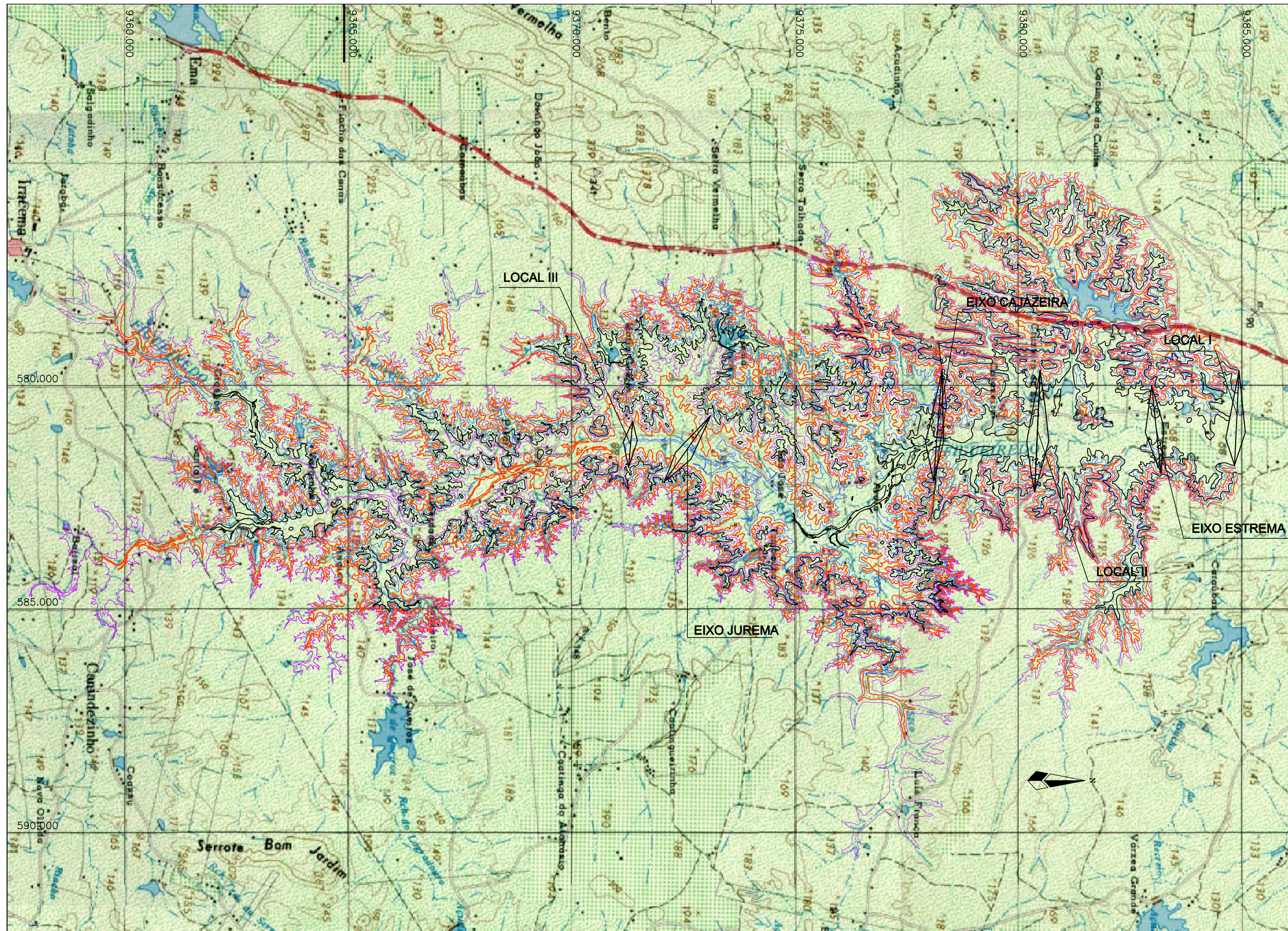
**Quadro 4.1 - Evaporação**

Evaporação Posto de Quixeramobim (Dados do PGAJ)			
mês	EVP do Lago (mm)	Precip (mm)	EVP-P (mm)
1	172.99	76.90	96.09
2	125.30	120.90	4.40
3	94.18	224.40	-130.22
4	74.87	206.40	-131.53
5	76.52	120.00	-43.48
6	99.03	60.60	38.43
7	136.38	40.10	96.28
8	189.28	3.80	185.48
9	225.07	2.80	222.27
10	258.39	5.80	252.59
11	220.86	1.50	219.36
12	221.32	27.80	193.52
<b>total</b>	<b>1 894.19</b>	<b>891.00</b>	<b>1 003.19</b>

As curvas cota-área-volume utilizadas nas simulações da operação dos reservatórios, foram obtidas a partir da medição das áreas de inundação das bacias hidráulicas, a cada metro de incremento de cota, na restituição aerofotogramétrica em escala 1:5000. As mesmas são apresentadas na Figura 4.2.

A região onde se insere a barragem Figueiredo é, comparativamente com outros locais dentro da bacia do Jaguaribe, privilegiada do ponto de vista de média pluviométrica anual, muito embora seja uma zona típica da irregularidade de distribuição temporal das chuvas, característica do nordeste semi-árido brasileiro.

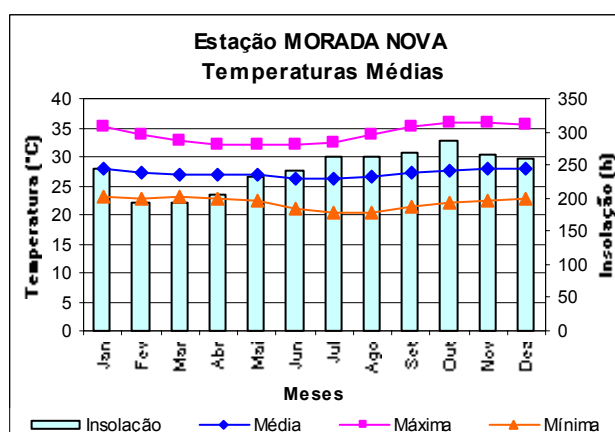
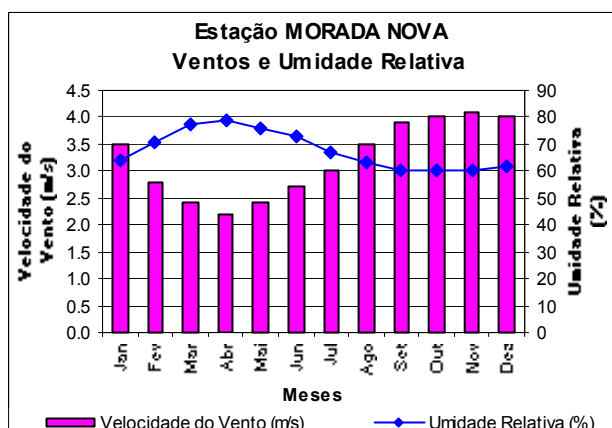
Na caracterização dos elementos climáticos na bacia deste açude tomou-se como base os registros da estação climatológica Morada Nova, dada a proximidade com o local e a inexistência de estações climatológicas dentro da bacia do mesmo. A Figura 4.3 apresenta as distribuições médias mensais da velocidade do vento, umidade relativa do ar e das temperaturas (máxima, média e mínima).



**CONVENÇÕES**

—	Curva 75	—	Curva 95
—	Curva 80	—	Curva 100
—	Curva 85	—	Curva 105
—	Curva 90	—	Curva 110

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH  
 PRÓGUA/SEMI-ÁRIDO  
 BARRAGEM FIGUEIREDO  
 FASE I - ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA  
 A LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM  
 TÍTULO: FIGURA 4.2 - BACIAS HIDRÁULICAS E CAV  
 ESCALA: 1:75.000 DATA: JAN/2002 CONTRATO: Nº DO DESENHO:

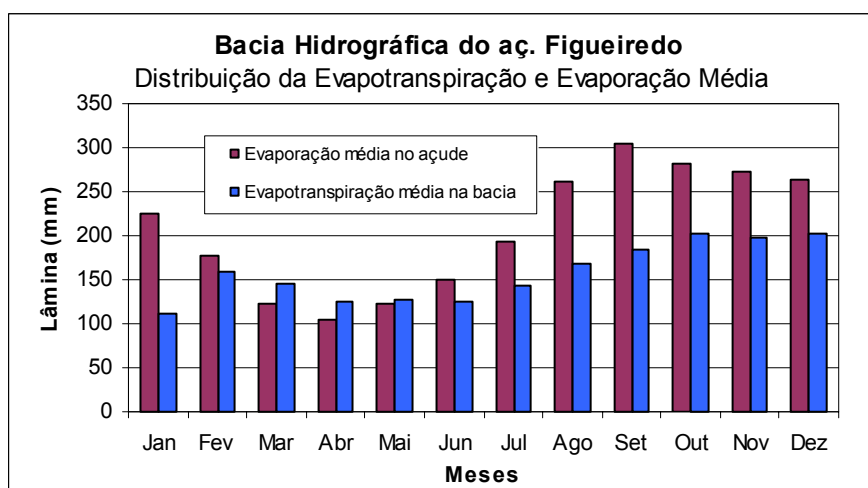
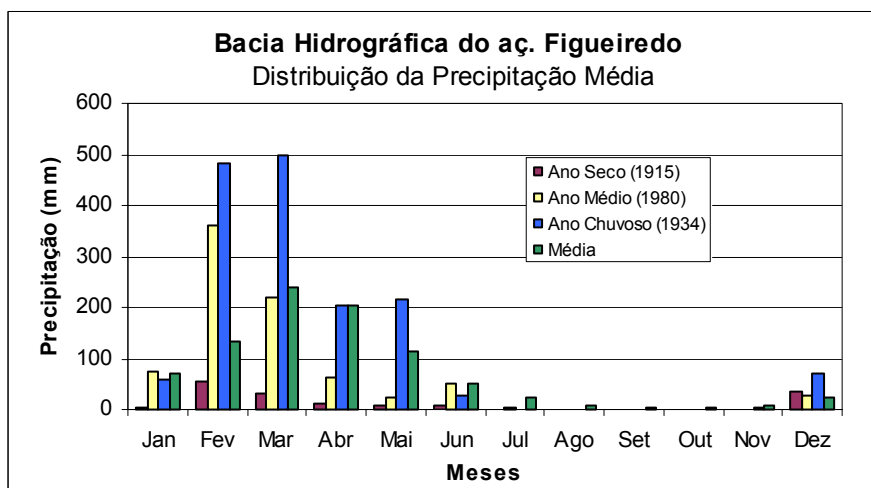


**Fig. 4.3 – Médias Mensais de Vento, Umidade Relativa e Temperaturas Médias**

A evaporação anual, também obtida com base no posto de Morada Nova, atinge 2.476 mm, com o máximo de 305 mm em Setembro (estação seca) e o mínimo de 105 mm em Abril (estação chuvosa). A Figura 4.4 apresenta o comportamento intra-anual da evaporação e da evapotranspiração potencial tomada como base para a bacia hidrográfica da Barragem de Figueiredo.

Em se tratando de caracterização pluviométrica, e iniciando a análise com base em precipitações mensais, a mesma Figura 4.4 mostra a distribuição mensal da precipitação para anos seco (1915) e chuvoso (1934) e para um ano considerado normal (1980), bem como o comportamento intra-anual da precipitação média mensal na bacia hidrográfica da barragem em estudo. É visível a diferença entre os anos secos e chuvosos; observe-se que para a precipitação total anual, o ano chuvoso apresenta um valor (1558 mm) 78% maior que a média esperada (877 mm) e 922% maior que a precipitação total no ano seco (153 mm). Observa-se

ainda que, mesmo nos anos mais chuvosos, a precipitação no quadrimestre Agosto - Novembro é praticamente nula.



**Fig. 4.4 – Distribuição Temporal de Variáveis Climatológicas na Bacia Hidrográfica da Barragem Figueiredo**

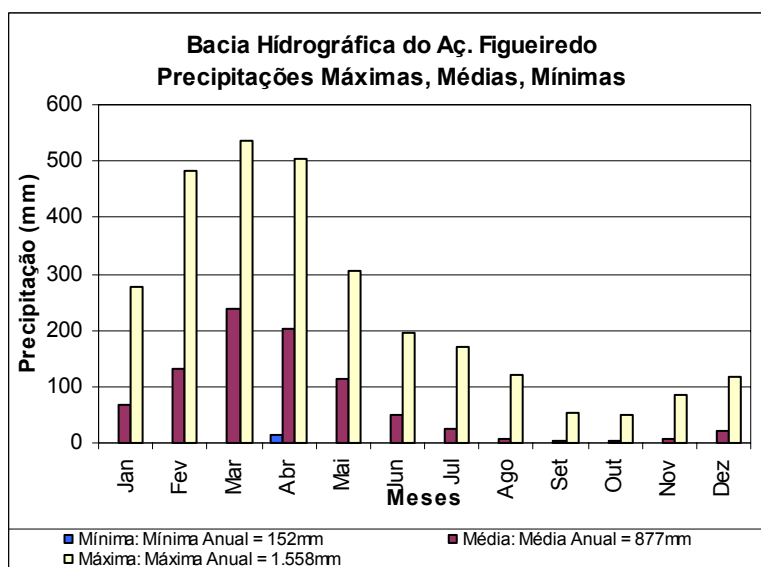
A Figura 4.5, por sua vez, retrata as máximas e mínimas precipitações mensais já registradas na série de precipitações médias na bacia da Barragem de Figueiredo, plotadas mês a mês conjuntamente com a precipitação média mensal. Observe-se que apenas no mês de Abril a mínima mensal registrada é diferente de zero.

Uma análise mensal constata que o trimestre Setembro - Novembro apresenta as menores médias mensais, com valor inferior a 15 mm e representando apenas 1,7% da precipitação média anual, bem como as menores máximas mensais (valores entre 54 e 86 mm), caracterizando-se, portanto, como o trimestre mais seco do ano. Com relação às máximas

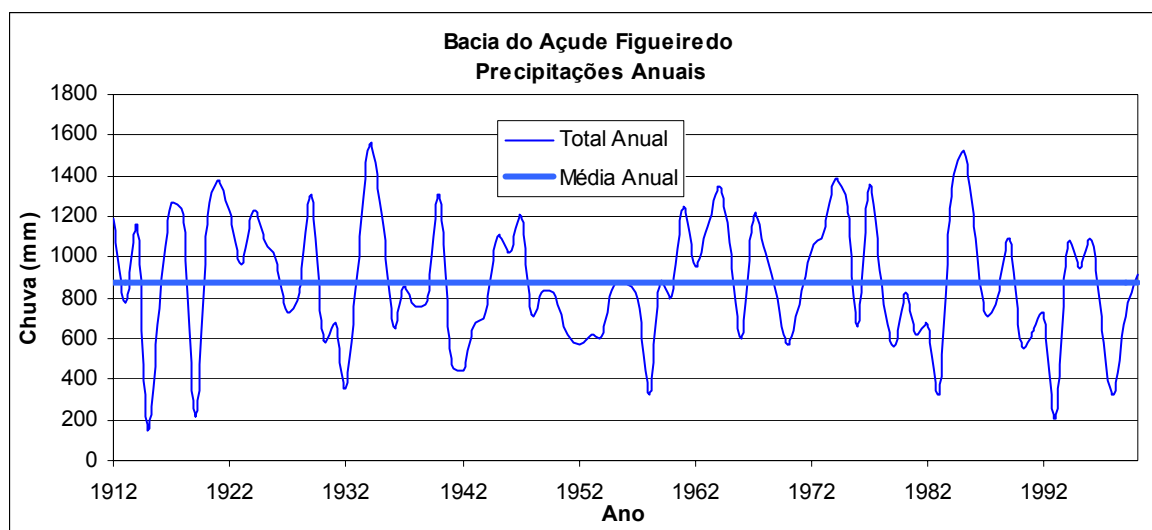


precipitações mínimas, médias e máximas registradas, caracteriza o trimestre Fevereiro - Abril como aquele que contém os meses mais chuvosos do ano, representando 64% da média anual, sendo registrado um máximo de 535 mm no mês de Março e média de 238,7 mm no mesmo mês. Análise semelhante, feita a nível semestral, aponta Janeiro - Junho como o semestre mais chuvoso (92,2% da precipitação anual) e Julho - Dezembro o período mais seco do ano (7,8% da precipitação anual).

Em termos de totais anuais, o valor esperado para a precipitação é de 876 mm, com a mínima registrada correspondente a apenas 153 mm precipitados em 1915 (17,4% do valor esperado), enquanto a máxima precipitação anual da série foi registrada em 1934 e representou 1.558mm (178% da média anual). A Figura 4.6 apresenta a distribuição inter-anual da precipitação na bacia da Barragem de Figueiredo, graficada em conjunto com a média anual. Através desta é possível constatar que o triênio 1991/1993 é o que apresenta as mais baixas precipitações e que o período crítico 1948/1959 representa a mais longa seqüência de anos com total precipitado abaixo da média. Por outro lado, as décadas de 20 e 60 foram as mais chuvosas de todos os 85 anos do traço histórico 1912 a 1996. Salienta-se ainda que desde o terço final da década de 80 (1987) têm-se observado valores de precipitações preponderantemente abaixo da média histórica, caracterizando um novo e importante período crítico que se estende até as observações atuais (2000).



**Fig. 4.5 – Precipitações Máximas, Médias e Mínimas**



**Fig. 4.6 – Série de Precipitações Totais Anuais**

### 4.3 – PLUVIOMETRIA

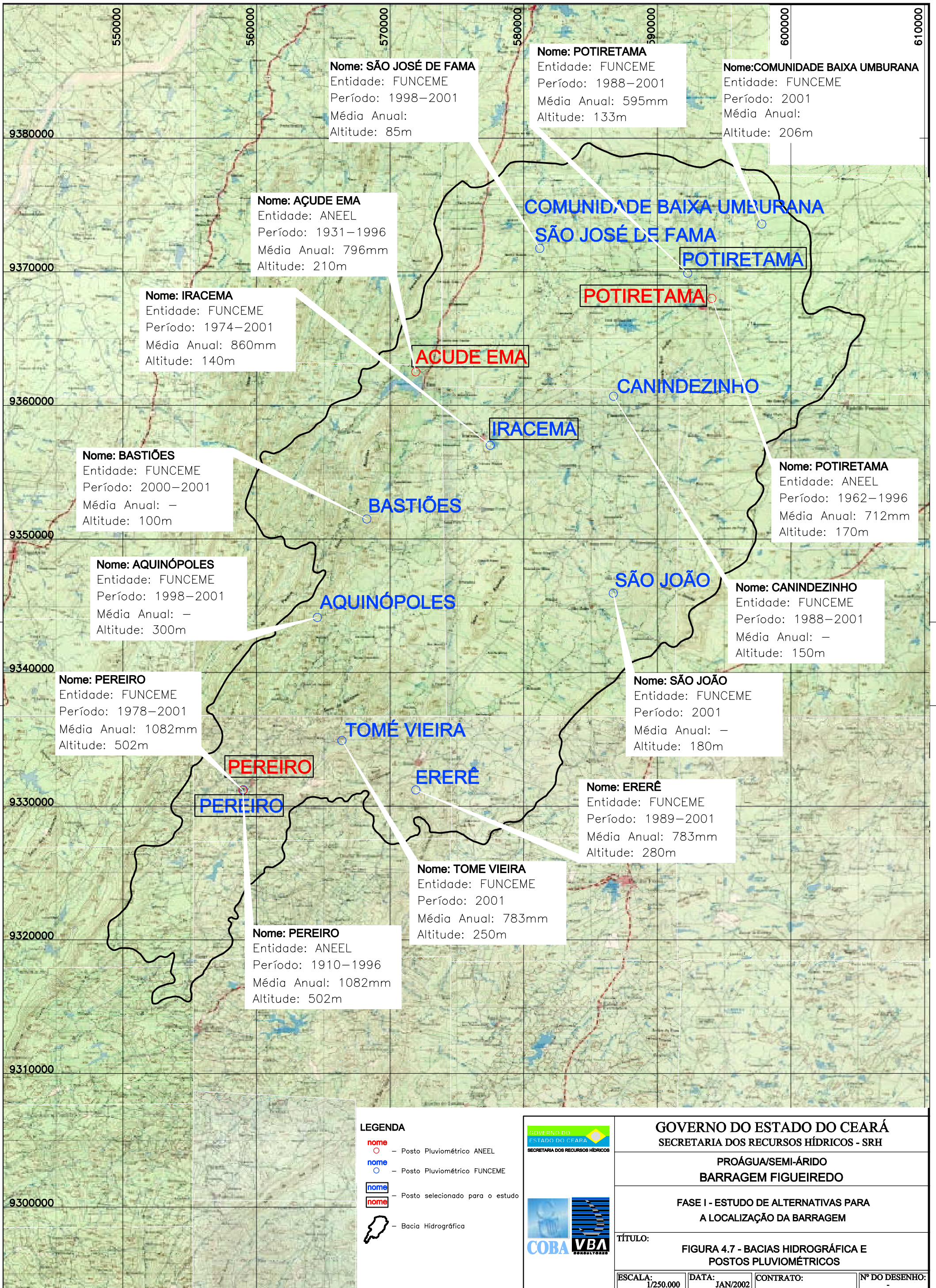
Os dados pluviométricos utilizados nos estudos da Barragem de Figueiredo têm basicamente duas origens distintas:

- Postos pluviométricos operados pela FUNCEME, cujos dados foram coletados junto ao referido órgão.
- Postos pluviométricos operados pela ANEEL. Os dados destes postos também foram obtidos junto ao referido órgão.

O mapa da Figura 4.7 apresenta a localização e as características principais dos dados dos referidos postos e a bacia hidrográfica na secção do eixo intermédio do estudo (Cajazeira). As bacias hidrográficas dos eixos alternativos a montante encontram-se englobadas nesta e o acréscimo de área de bacia para os dois eixos mais a jusante ( Local I e Extrema) é muito pequeno, não existindo postos pluviométricos com influência nessa área adicional .

Observa-se em algumas localidades, a ocorrência de superposição de postos da FUNCEME e da ANEEL; nestes postos foi possível complementar as séries da ANEEL, mais antigas e extensas, com dados mais recentes dos postos da FUNCEME (1996 a 2000).

Com os dados básicos dos postos disponíveis foram compostas duas séries completas de dados diários de 1912 a 2000, sendo uma para o posto Pereiro e outra para o posto Açude Ema.



**LEGENDA**

- nome - Posto Pluviométrico ANEEL
- nome - Posto Pluviométrico FUNCEME
- nome - Posto selecionado para o estudo
- nome - Posto selecionado para o estudo
- Bacia Hidrográfica

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

**COBA VBA**  
CONSULTORES

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

**PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO**  
**BARRAGEM FIGUEIREDO**

**FASE I - ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA**  
**A LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM**

TÍTULO: **FIGURA 4.7 - BACIAS HIDROGRÁFICA E**  
**POSTOS PLUVIOMÉTRICOS**

ESCALA: 1/250.000    DATA: JAN/2002    CONTRATO:    Nº DO DESENHO:

Quadro 4.2 – Precipitações médias mensais na bacia de Figueiredo

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
1912	104,6	244,1	207,1	331,6	181,4	61,0	0,0	8,3	54,0	0,0	0,0	0,0	1192,0
1913	30,3	231,6	104,6	135,9	82,6	49,8	41,7	13,7	0,0	14,9	0,0	68,1	773,1
1914	236,6	133,0	105,7	160,4	108,1	111,9	171,8	122,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1149,4
1915	2,7	54,4	29,9	13,3	8,7	7,9	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	152,5
1916	56,9	46,5	279,3	165,2	123,3	14,1	0,0	2,5	0,0	0,0	25,3	33,2	746,2
1917	217,9	246,9	326,6	219,1	146,5	49,8	2,5	0,0	9,1	0,0	25,7	28,2	1272,4
1918	122,0	218,3	255,6	227,8	210,0	118,7	4,2	37,4	0,0	0,0	0,0	14,9	1208,9
1919	61,4	36,5	0,0	12,5	0,0	11,6	59,8	31,5	0,0	2,5	0,0	0,0	215,8
1920	5,8	19,5	535,4	205,8	120,4	95,0	56,4	0,0	52,3	26,6	0,0	85,9	1203,1
1921	99,2	198,8	512,5	183,4	244,4	22,0	4,6	0,0	42,7	0,0	34,4	34,9	1377,0
1922	15,8	98,4	189,2	468,1	150,2	154,0	38,2	21,6	0,0	0,0	86,3	12,0	1233,8
1923	88,8	211,7	188,4	263,1	34,0	105,8	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,5	962,4
1924	24,9	248,2	439,1	313,7	102,9	79,7	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	5,8	1231,7
1925	144,4	164,3	361,9	216,6	123,7	9,1	21,6	0,0	34,0	0,0	0,0	0,0	1075,7
1926	69,7	102,1	328,7	317,1	165,2	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	991,0
1927	4,2	234,9	236,1	130,3	49,8	43,2	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	725,0
1928	49,0	0,0	498,0	147,7	68,9	23,2	0,0	0,0	20,8	0,0	0,0	19,1	826,7
1929	110,4	349,4	380,1	284,7	83,0	21,6	16,6	5,0	0,0	0,0	0,0	54,8	1305,6
1930	95,5	32,4	176,0	176,8	21,6	64,7	0,0	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	591,8
1931	43,2	157,7	119,5	228,7	66,4	35,7	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0	12,9	675,6
1932	114,4	74,2	61,9	33,0	2,9	44,8	4,2	0,0	17,8	0,0	0,0	3,4	356,8
1933	87,0	215,4	224,7	356,6	10,4	16,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	921,3
1934	60,6	482,6	496,9	202,7	215,9	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	68,7	1558,4
1935	75,9	284,7	202,2	315,9	245,0	85,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1222,6
1936	10,0	255,8	119,7	47,2	145,3	83,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	663,0
1937	0,0	212,2	212,2	227,4	109,3	43,9	43,6	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	855,8
1938	20,7	15,0	313,9	316,2	83,6	2,1	1,4	0,0	0,0	0,0	2,2	1,8	756,9
1939	27,9	117,4	325,0	97,0	44,6	19,1	46,0	7,0	17,9	34,6	39,2	9,4	785,1
1940	71,6	203,8	370,6	292,3	306,8	37,9	12,1	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1311,6
1941	9,2	71,6	145,9	210,4	8,6	0,0	18,3	7,9	2,3	0,0	0,0	0,9	475,1
1942	25,4	118,4	99,7	73,6	55,9	8,0	0,6	15,3	0,0	10,9	4,1	33,4	445,3
1943	80,4	118,6	207,5	116,6	34,1	18,9	54,7	13,8	0,0	0,0	3,7	13,4	661,7
1944	62,7	14,6	254,7	237,4	69,2	31,7	7,5	3,6	0,0	0,0	0,0	47,8	729,3
1945	113,3	324,8	165,7	177,3	197,2	57,9	40,9	0,0	5,1	0,0	0,0	20,3	1102,6
1946	190,6	110,0	263,3	235,4	100,8	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,7	1022,6
1947	58,0	166,3	411,5	148,1	153,9	62,5	25,3	9,0	0,5	0,0	52,9	116,6	1204,4
1948	18,3	50,5	265,7	172,2	92,0	50,5	29,1	1,4	3,6	11,5	0,0	19,3	714,0
1949	10,9	40,2	228,2	134,0	256,8	72,4	1,8	6,6	0,0	0,0	62,3	21,4	834,7
1950	9,4	16,9	248,3	407,1	96,9	4,3	2,9	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	805,8
1951	40,8	21,3	76,7	157,0	92,4	157,6	6,0	0,0	0,0	10,4	4,0	56,9	623,1
1952	0,0	55,0	191,6	138,2	155,3	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	2,6	23,6	567,6
1953	5,7	9,9	89,6	285,7	151,9	48,6	4,3	0,0	2,0	0,0	21,9	0,0	619,5
1954	4,3	83,0	183,3	60,9	198,8	52,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	0,0	608,0
1955	85,2	148,4	224,7	250,7	100,9	50,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	860,1
1956	17,1	353,5	240,1	174,8	37,1	28,7	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	872,0
1957	83,5	0,0	328,8	328,6	52,4	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	801,3
1958	14,9	7,7	122,0	54,0	71,8	0,9	43,7	4,3	0,0	0,0	0,0	2,3	321,6
1959	89,7	232,3	174,8	139,2	157,1	72,6	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	871,4
1960	0,0	29,8	478,0	167,0	86,6	20,7	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	801,7
1961	192,8	197,8	529,8	173,8	135,4	4,3	15,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1251,6
1962	103,4	49,5	231,6	305,1	177,0	12,0	24,3	0,5	0,0	0,0	6,9	39,0	949,4
1963	130,0	224,6	450,4	219,8	17,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	92,3	1146,0
1964	276,7	225,3	284,3	305,4	172,7	30,3	52,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	1351,8
1965	48,9	58,5	232,9	376,5	143,6	194,9	3,8	0,0	0,0	0,0	1,8	9,8	1070,6
1966	3,5	107,2	74,1	134,8	121,2	41,1	67,0	24,6	24,8	0,0	0,0	2,8	601,0
1967	4,0	217,0	288,0	315,3	196,3	21,0	69,1	4,6	0,0	0,0	0,0	87,4	1202,8
1968	146,6	45,8	371,4	214,3	164,8	17,8	7,2	11,3	4,1	0,0	0,0	38,5	1021,9
1969	76,3	33,6	228,8	151,1	173,0	62,7	64,4	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	792,5
1970	53,4	62,6	257,9	141,9	12,0	17,4	18,7	0,0	0,9	1,6	0,0	0,0	566,3
1971	61,9	143,7	97,3	167,8	65,6	128,7	26,7	15,7	2,5	49,1	11,1	0,0	770,4
1972	48,2	171,5	212,5	334,2	51,2	78,5	40,8	9,4	0,0	0,0	0,0	84,2	1030,6
1973	118,0	89,2	205,9	319,1	100,3	163,1	70,5	10,6	30,2	0,0	0,0	17,6	1124,5
1974	149,2	187,3	374,9	302,7	182,6	33,4	61,9	0,0	13,7	26,1	3,4	48,1	1383,4
1975	51,9	173,1	216,9	239,6	295,0	167,7	88,7	0,9	2,7	0,0	2,3	12,3	1251,1
1976	15,1	211,5	234,6	85,6	24,8	15,9	0,0	11,0	0,0	28,6	7,7	27,8	662,6
1977	212,0	153,6	223,0	312,8	183,0	192,2	61,3	0,6	4,9	0,0	0,0	9,5	1352,8
1978	34,9	102,8	170,0	141,0	256,0	62,1	58,4	0,6	28,0	0,0	8,0	15,9	877,5
1979	69,6	126,8	107,7	100,4	73,9	47,7	1,4	0,0	1,7	4,0	22,8	8,8	564,8
1980	76,0	360,3	221,5	63,5	24,6	51,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	828,7
1981	62,1	31,4	375,1	85,0	9,2	10,1	2,0	0,0	0,0	0,0	3,2	41,6	619,7
1982	22,3	90,5	95,9	198,6	167,8	36,6	14,1	1,7	0,0	30,2	0,0	9,8	667,6
1983	6,6	77,3	141,4	97,6	12,6	4,6	2,9	4,0	0,0	0,3	0,0	0,0	347,3
1984	20,5	54,2	464,9	503,1	164,8	46,0	32,4	26,0	22,8	0,0	4,3	0,0	1339,0
1985	225,1	282,0	253,7	369,7	159,7	90,0	58,5	7,4	0,0	0,0	0,0	83,0	1529,1
1986	69,2	145,9	332,1	232,1	144,5	82,0	56,4	24,4	2,3	0,0	2,9	0,0	1091,7
1987	32,0	36,2	404,1	147,8	40,1	44,8	4,6	2,9	2,3	0,0	0,0	0,0	714,6
1988	37,1	42,3	158,1	281,2	162,1	52,4	10,3	0,0	0,0	4,9	0,0	62,8	811,3
1989	60,1	21,8	191,2	392,0	151,7	72,0	81,4	9,2	0,0	13,2	0,0	102,9	1095,6
1990	0,0	136,6	77,5	152,9	138,6	3,2	44,4	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	556,1
1991	88,9	105,1	199,5	101,6	134,3	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	637,1
1992	65,2	214,4	245,2	185,9	2,1	4,6	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	721,5
1993	22,7	13,3	67,1	38,4	30,3	6,4	20,7	0,0	1,9	4,2	0,9	0,0	205,8
1994	101,4	174,5	236,1	180,4	117,4	176,6	24,1	0,6	2,0	0,0	0,0	57,1	1070,3
1995	69,6	105,1	185,3	213,6	203,4	81,7	68,6	0,0	0,0	0,0	15,7	0,0	943,0
1996	91,4	112,0	282,4	328,7	160,9	26,2	42,8	7,6	2,6	0,0	13,2	13,7	1081,6
1997	55,3	105,8	114,6	169,8	66,1	2,3	5,2	12,7	0,0	3,8	0,0	41,2	576,8
1998	124,5	7,5	120,2	36,4	15,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	320,3
1999	60,0	62,9	166,2	87,0	206,9	17,9	0,5	0,0	5,7	0,0	30,4	72,9	710,3
2000	99,7	224,4	116,4	187,0	117,5	56,5	32,0	55,5	8,7	0,0	0,1	21,4	919,2

A série para o posto Pereiro foi obtida a partir da complementação da série da ANEEL (1912 a 1996) com os dados da série da FUNCEME (1978 a 2001), visto que os dois postos apresentam a mesma localização.

A série para o posto Açude Ema foi obtida da complementação, a partir de regressão linear, da série da ANEEL para o Posto Açude Ema (1931 a 1996) com os dados da série da FUNCEME para o Posto Iracema (1974 a 2001) distante cerca de 8 km daquele.

A partir destas duas séries de precipitação gerou-se uma série única de precipitações diárias para a bacia de Figueiredo através do método dos polígonos de Thiessen. As estatísticas mensais e a série resultante podem ser observadas na Figura 4.8, enquanto a série de pluviometria média mensal é apresentada no Quadro 4.2.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<b>Média</b>	69,2	133,1	238,7	204,0	114,6	49,1	23,9	7,0	4,8	3,6	6,2	22,7	876,9
<b>D.P.</b>	60,0	99,5	122,9	104,4	73,5	47,4	29,0	15,6	11,2	9,2	14,5	29,7	315,3
<b>C.V.</b>	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	1,0	1,2	2,2	0,0	0,0	0,0	1,3	0,4
<b>Mínimo</b>	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	152,5
<b>Máximo</b>	276,7	482,6	535,4	503,1	306,8	194,9	171,8	122,0	54,0	49,1	86,3	116,6	1.558,4

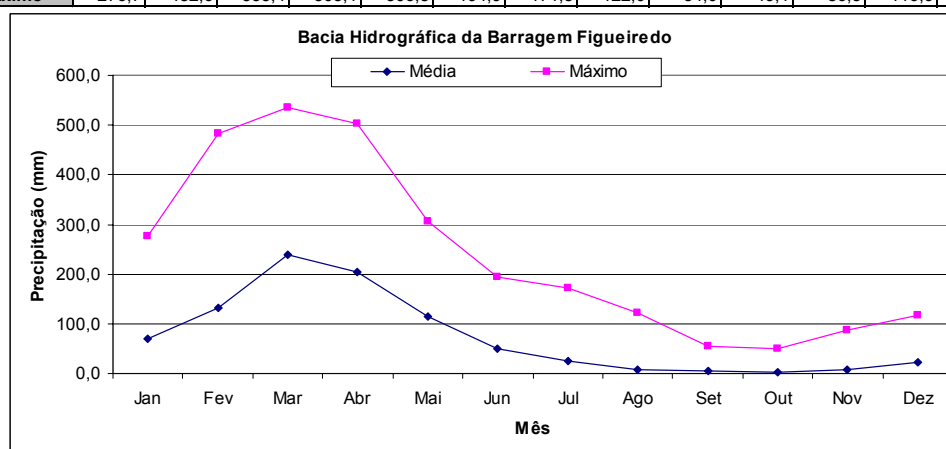


Fig. 4.8 - Características Relativas a Série de Precipitação na Bacia da Barragem de Figueiredo

#### 4.4 – FLUVIOMETRIA

O principal objetivo da construção de açudes no semi-árido nordestino é o aumento de reservas hídricas que possam ser aproveitadas para o abastecimento humano e, secundariamente, para uso agrícola. Portanto a determinação da vazão que pode ser retirada do reservatório, e sua garantia, são de grande importância. O primeiro passo para conhecer a oferta hídrica de um açude é proceder à estimativa do regime fluvial do rio barrado, isto é, conhecer a vazão afluente e suas principais características de ocorrência.

As vazões afluentes, quando não se dispõe de registros fluviométricos do rio barrado, podem ser obtidas com base na modelagem da transformação da chuva em deflúvio para a bacia hidrográfica contribuinte à seção da barragem.

Para este fim, consideram-se a pluviometria e a evapotranspiração ocorridas e as condições topográficas e pedológicas da bacia contribuinte. Este procedimento requer da disponibilidade de uma ferramenta computacional apropriada, ou seja um modelo matemático que descreva os processos do ciclo hidrológico na bacia, e de uma série de parâmetros que caracterizem climática e morfologicamente a bacia.

Para a obtenção de vazões afluentes ao local da barragem, onde não se dispõe de nenhum registro fluviométrico, foi utilizado o modelo de transformação chuva x deflúvio denominado MODHAC, desenvolvido por A. E. Lanna no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Este modelo, desenvolvido para as condições do semi-árido nordestino e amplamente utilizado no Ceará, simula o processo de transformação chuva-deflúvio de forma contínua a nível diário, fornecendo os deflúvios médios mensais para a seção de controle da bacia hidrográfica.

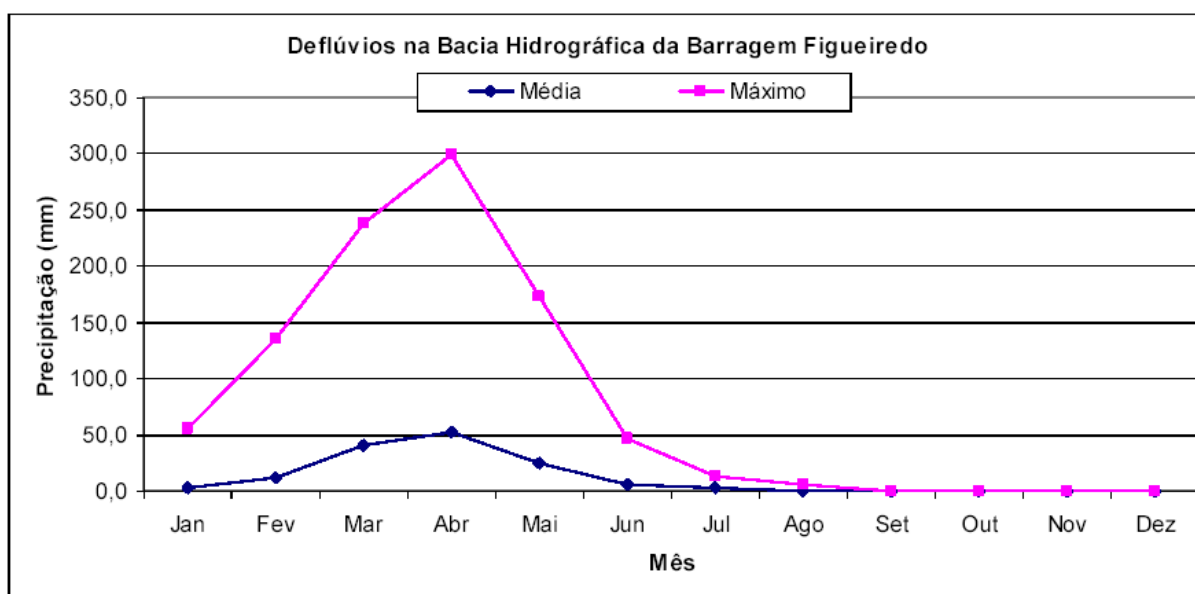
O referido modelo baseia-se numa analogia hidráulica composta de três reservatórios, correspondentes aos armazenamentos superficial, sub-superficial e subterrâneo para descrever o processo de separação do escoamento. Estes reservatórios são representados no modelo por nove parâmetros que definem, basicamente, as capacidades máximas dos reservatórios e as taxas de esvaziamento dos mesmos.

O modelo é também auto-calibrável, isto é, possui uma rotina que, a partir de dados de deflúvios observados, realiza uma busca automática do conjunto de parâmetros que melhor explicam o comportamento da bacia em estudo. Esta característica do modelo permite que, a partir de um limitado período de observações de vazão, juntamente com dados pluviométricos diários, sejam determinados os parâmetros do modelo que, posteriormente, possam ser utilizados para transformar em vazões os registros de chuvas dos períodos em que não se dispõe dados de vazões correspondente.

Como não existe, ao longo do Rio Figueiredo, sequer um posto fluviométrico que permita a calibração dos parâmetros do MODHAC, utilizou-se, na geração das vazões, os parâmetros obtidos para o posto fluviométrico de Arneiroz no IRTSF (Estudo de Inserção Regional da Transposição do São Francisco). A decisão de utilizar os parâmetros do posto de Arneiroz, se deu pela compatibilidade das características fisiográfica e dimensões de sua bacia hidrográfica com a de Figueiredo.

A série deflúvios gerados para a bacia de Figueiredo, bem como as suas estatísticas principais estão apresentadas na Figura 4.9 e no Quadro 4.3.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Média	2,7	11,2	41,2	52,4	24,8	6,2	2,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	141,1
D.P.	9,6	23,5	50,8	56,8	32,0	7,7	3,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	126,3
C.V.	3,6	2,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,4	2,7	0,0	0,0	0,0	3,4	0,9
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	55,6	135,6	238,0	299,6	172,5	46,7	12,4	5,7	0,1	0,1	0,0	0,1	590,4
C.E.													16,09%



**Fig. 4.9 - Características Relativas a Série de Deflúvios da Bacia do Açude Figueiredo**

Quadro 4.3 - Açude Figueiredo (Dados Gerados pelo MODHAC com Parâmetros do Suassurana e Precipitação Bacia Figueiredo 1912 - 2000)  
(deflúvios em mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1912	0,02	29,82	25,00	102,32	65,59	10,61	4,72	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	238,11
1913	0,02	0,17	28,62	2,63	1,40	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,88
1914	38,02	6,65	2,89	1,64	2,43	1,21	9,64	2,21	0,06	0,00	0,00	0,00	64,75
1915	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
1916	0,03	0,05	25,91	15,63	34,19	3,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	78,85
1917	11,62	47,29	107,20	13,72	80,43	10,38	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	274,74
1918	0,30	13,66	25,47	61,23	30,50	36,14	7,47	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	175,68
1919	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
1920	0,00	0,00	161,72	53,22	15,42	11,67	8,20	1,61	0,00	0,08	0,00	0,00	251,93
1921	0,46	0,24	163,31	51,71	127,94	9,29	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	355,83
1922	0,00	0,06	6,86	181,83	28,83	13,18	9,86	3,03	0,00	0,00	0,00	0,11	243,76
1923	0,08	21,48	23,34	66,86	5,24	3,50	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,94
1924	0,00	13,80	106,02	158,80	25,94	10,68	6,20	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	321,72
1925	0,06	28,39	77,75	54,83	13,25	8,31	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184,41
1926	0,06	0,05	78,38	100,91	36,27	8,56	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	226,06
1927	0,00	35,31	40,53	30,72	4,73	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	112,85
1928	0,06	0,00	114,30	38,67	12,57	5,71	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	171,96
1929	0,06	78,90	109,84	167,82	11,97	7,85	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	378,23
1930	0,05	0,28	23,67	6,07	4,46	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,91
1931	0,00	0,16	0,39	41,73	7,62	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,24
1932	0,11	0,33	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47
1933	0,05	25,80	10,74	139,09	8,20	2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	186,40
1934	0,06	135,62	237,98	101,98	99,82	11,12	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	590,44
1935	0,00	57,51	4,21	109,07	100,50	16,78	7,79	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	296,81
1936	0,00	21,83	32,50	1,40	0,39	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,38
1937	0,00	0,08	20,66	83,63	7,41	6,09	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,92
1938	0,00	0,00	54,93	93,71	9,23	5,74	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	163,94
1939	0,00	0,02	73,90	3,90	1,77	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,59
1940	0,05	13,50	107,57	82,76	172,49	11,50	6,45	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	394,68
1941	0,00	0,02	5,58	14,41	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,67
1942	0,00	0,24	0,03	0,11	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
1943	0,00	0,25	7,49	34,73	0,43	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,94
1944	0,08	0,03	18,99	41,68	10,47	3,33	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,61
1945	0,14	79,65	9,84	20,06	52,86	7,25	3,91	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	173,74
1946	3,67	1,09	34,25	40,99	18,88	5,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	104,24
1947	0,08	2,11	107,19	22,72	32,30	9,00	4,38	0,03	0,00	0,00	0,02	0,08	177,92
1948	0,13	0,00	32,33	3,53	4,16	2,95	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,18
1949	0,00	0,00	13,92	2,05	32,83	5,50	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	57,01
1950	0,00	0,00	5,85	130,72	20,96	7,43	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	165,99
1951	0,03	0,00	0,00	23,21	2,32	6,43	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	32,64
1952	0,00	0,05	0,13	3,88	27,69	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,99
1953	0,00	0,00	0,00	52,36	29,93	5,38	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,61
1954	0,00	0,02	5,50	0,99	0,24	0,57	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,36
1955	0,02	21,56	2,27	51,49	7,44	5,30	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,69
1956	0,00	59,59	37,96	41,66	7,71	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,31
1957	0,03	0,02	65,98	97,47	8,64	4,40	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	176,62
1958	0,00	0,00	0,03	0,27	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
1959	0,05	29,98	11,70	26,97	21,95	4,43	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,68
1960	0,00	0,00	136,87	21,79	9,21	6,59	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	175,35
1961	41,73	16,05	186,43	114,85	11,91	8,93	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	381,89
1962	0,02	0,16	0,71	122,20	22,98	7,41	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	155,11
1963	0,05	24,22	153,52	106,26	11,59	4,24	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	299,94
1964	55,64	26,82	66,47	154,72	72,31	9,81	4,83	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	390,84
1965	0,00	0,00	22,27	129,57	27,88	32,96	9,07	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	223,29
1966	0,00	0,03	0,06	0,17	1,10	0,85	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29
1967	0,00	0,19	58,62	98,45	76,36	10,09	5,16	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	249,45
1968	12,40	0,60	87,62	36,24	42,22	7,71	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	188,42
1969	0,02	0,06	5,82	46,21	4,27	4,53	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,02
1970	0,03	0,02	35,26	4,98	3,04	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,48
1971	0,00	0,05	0,27	0,38	0,58	8,75	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	10,08
1972	0,00	23,24	5,14	91,53	15,75	6,48	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	143,74
1973	0,36	0,09	13,23	75,08	11,81	12,36	7,36	2,74	0,00	0,00	0,00	0,00	123,05
1974	8,88	14,05	109,32	112,08	63,82	11,99	6,39	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	327,34
1975	0,02	0,02	40,58	38,64	94,57	23,94	12,40	5,72	0,06	0,00	0,00	0,00	215,94
1976	0,00	0,54	15,86	3,61	1,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,59
1977	24,06	2,54	6,09	78,93	77,08	46,69	10,25	4,24	0,00	0,00	0,00	0,00	249,89
1978	0,02	0,14	14,07	0,27	53,03	3,14	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,20
1979	0,05	0,03	0,43	0,16	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
1980	0,09	92,27	67,23	6,99	2,63	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	169,26
1981	0,00	0,02	104,90	31,70	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	139,49
1982	0,00	0,00	0,14	20,83	28,29	3,58	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,99
1983	0,00	0,00	0,03	18,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,20
1984	0,00	0,00	119,93	299,65	34,73	12,41	6,43	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	473,59
1985	39,28	46,88	55,65	197,96	73,96	11,26	8,34	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	435,14
1986	0,02	0,60	46,51	61,20	8,07	8,58	6,18	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	132,06
1987	0,00	0,00	99,81	36,89	6,67	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	145,30
1988	0,00	0,00	0,16	36,16	39,42	4,49	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,15
1989	0,05	0,00	16,34	132,20	44,00	10,74	7,54	1,39	0,00	0,00	0,00	0,03	212,28
1990	0,05	0,09	8,00	3,45	31,26	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,78
1991	0,06	0,22	11,15	2,44	15,25	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,09
1992	0,00	5,90	38,32	60,27	5,03	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,73
1993	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1994	0,08	0,08	20,36	23,12	5,44	7,70	6,20	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	63,73
1995	0,11	0,05	14,87	27,03	32,47	6,48	5,14	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	86,70
1996	0,13	0,03	68,46	81,97	58,81	8,66	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	220,40
1997	0,03	0,09	0,03	0,80	1,92	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,08
1998	0,06	0,22	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
1999	0,02	0,00	8,93	0,93	9,79	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,86
2000	0,50	18,62	2,11	6,21	13,06	3,04	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,67



## 4.5 – VAZÕES AFLUENTES DE CHEIAS

O cálculo pormenorizado de hidrogramas de cheias só se justifica em estudos hidrológicos detalhados a realizar para o local de barragem seleccionado.

Atendendo ao fato dos estudos da Fase III estarem já em curso para o eixo seleccionado – Cajazeira - é possível apresentar neste item valores subsidiados de vazões máximas, para diferentes períodos de retorno, que podem ser extrapolados sem perda de grande rigor para os eixos fundamentais em análise (Quadro 4.4).

**Quadro 4.4 – Vazões máximas**

<b>Período de retorno (anos)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)</b>
100	2.15
1000	3.21
10 000	4.32

A determinação dos hidrogramas de cheia que permitiram calcular as vazões máximas específicas constantes do Quadro 4.4 baseou-se na aplicação de métodos indiretos, com base na precipitação. De fato, diante da escassez de registos históricos de vazões que permitissem a utilização de métodos diretos, recorreu-se à elaboração de hidrogramas sintéticos de projeto com base na maximização da precipitação.

Os métodos baseados na precipitação, também conhecidos como métodos de transformação chuva em deflúvio, consistem na maximização de um determinado evento chuvoso que, mediante técnicas de transformação chuva – deflúvio, é transformado num hidrograma afluente ao reservatório.

Assim sendo, para o cálculo das cheias de projeto, utilizou-se uma metodologia que segue os seguintes aspectos:

- escolha da chuva de projeto;
- constituição do hietograma utilizado;
- definição da precipitação efetiva;
- constituição do hidrograma de cheia da bacia.

A ferramenta matemática utilizada para a implementação dessa metodologia foi o programa HEC-1, desenvolvido pelo US ARMY CORPS OF ENGENIERING.

O critério seguido para a composição do hietograma, foi considerar que o menor intervalo de tempo com estimativa de chuvas intensas compõe a parte central do hietograma, os valores de intensidade são calculados de forma tal que seja possível encontrar para cada intervalo de tempo uma intensidade de chuva igual à calculada como máxima para aquela duração e para um dado período de retorno.

Em seguida o hietograma foi ajustado para cada sub-bacia, em função da relação entre sua área e área total da bacia e em seguida fez-se a separação do escoamento mediante o Método do Número de Curva de Perdas. Todos estes procedimentos encontram-se incorporados no programa HEC-1.

## **5 – NECESSIDADES DE ÁGUA E VAZÕES REGULARIZADAS**

## **5 – NECESSIDADES DE ÁGUA E VAZÕES REGULARIZADAS**

### **5.1 – NECESSIDADES DE ÁGUA**

A Barragem Figueiredo criará um grande reservatório cuja função será a satisfação das demandas de água para consumo humano na região, designadamente nos municípios de Alto Santo e Iracema. Possibilitará também a irrigação no vale a jusante da barragem e o reforço dos projetos de irrigação previstos no baixo Jaguaribe.

O novo reservatório se constituirá em um possível e importante elemento da infra-estrutura hídrica da Bacia do Médio Jaguaribe. O reservatório, pelos múltiplos benefícios que poderá proporcionar, terá repercussão econômica e social na região, e de forma indireta em outras áreas circunvizinhas, como a zona de influência das cidades de Iracema e Alto Santo. Para estas Cidades, em primeiro lugar, deverá ser assegurado o abastecimento de água para consumo humano e animal. A barragem permitirá ainda o desenvolvimento de atividades associadas ao turismo, piscicultura e aproveitamento agrícola.

A criação desta nova reserva deverá prover reforço da perenização do baixo Jaguaribe, a qual será garantida conjuntamente pelos grandes reservatórios a montante (Orós, Castanhão, Banabuiú e Pedras Brancas), que funcionarão ainda como suprimento às demandas da Região Metropolitana de Fortaleza através do Eixo de Integração Castanhão-RMF.

No Quadro 5.1 apresenta-se, de acordo com os dados contidos no Plano de Gerenciamento de Águas do Jaguaribe, as demandas humanas e industriais no conjunto de municípios adjacente ao açude, que inclui, além de Iracema e Alto Santo, os municípios de Ererê, Pereiro e Potiretama, enquanto o mapa da [Figura 5.1](#) apresenta os principais projetos de irrigação localizados no Jaguaribe, de acordo com o Projeto do Eixo de Integração Jaguaribe-RMF, inclusive os localizados a jusante do Figueiredo que por ele seriam integralmente ou parcialmente atendidos.

**Quadro 5.1 – Demandas Diretamente Agregadas ao Açude Figueiredo**

Município	Ano 2000			Ano 2030		
	Demanda Humana (l/s)	Demanda Industrial (l/s)	Total (l/s)	Demanda Humana (l/s)	Demanda Industrial (l/s)	Total (l/s)
Alto Santo	6.2	0.9	7.2	19.6	2.7	22.3
Ererê	2.4	0.0	2.4	5.9	0.0	5.9
Iracema	10.8	3.5	14.3	60.1	13.7	73.8
Pereiro	4.9	0.5	5.4	10.1	0.7	10.8
Potiretama	2.2	1.0	3.2	8.9	3.0	11.9
<b>Total</b>	<b>26.6</b>	<b>5.9</b>	<b>32.5</b>	<b>104.6</b>	<b>20.1</b>	<b>124.7</b>

Atualmente, a irrigação na bacia do Jaguaribe a Jusante do Açude Figueiredo totaliza uma área de 9.772 ha, o que corresponderia uma demanda média de 4,9 m<sup>3</sup>/s. As projeções de demandas de irrigação apontam para um total de 30.595 ha no horizonte 2020, correspondendo a uma demanda média de 15,3 m<sup>3</sup>/s.

A simulação do sistema integrado Castanhão-RMF, de acordo com os resultados apresentados nos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração Castanhão-RMF, indica que existiriam recursos hídricos regularizáveis no baixo Jaguaribe para atender cerca de 22.956 ha, correspondendo a uma demanda média de 11,5 m<sup>3</sup>/s, ou seja, espera-se um déficit no baixo Jaguaribe de cerca de 3,8 m<sup>3</sup>/s, que poderia ser integralmente atendido pelo Açude Figueiredo.

Por conta desta escassez de recursos hídricos na bacia do Jaguaribe, imposições de limites à área irrigada teriam que ser aplicadas também em outros projetos de irrigação nas Bacias do Médio e Alto Jaguaribe e no Banabuiú. De acordo com os resultados da simulação do Sistema Integrado Castanhão-RMF, o déficit hídrico de irrigação para o horizonte 2020 nestas bacias totalizaria uma vazão média de 4,1 m<sup>3</sup>/s.

Parte desse déficit poderia ser indiretamente atendido pelo açude Figueiredo através de compensação hídrica com os açudes Orós e Castanhão, ou seja parte da regularização do Orós e do Castanhão comprometida com o Baixo Jaguaribe seria atendida pelo Figueiredo, liberando desta forma recurso daqueles açudes para atendimento das demandas do Alto e Médio Jaguaribe.

Na [Figura 5.1](#) observa-se a identificação de mancha de solo denominada Chapada do Atanásio, que se localiza bastante próxima ao açude Figueiredo, contudo em cotas mais elevadas. O aproveitamento desta mancha de solos com agricultura irrigada, fora objeto de um estudo específico, contratado pelo IPLANCE, de dezembro de 1994. Nesse estudo, intitulado “Estudos de Reconhecimento do Sistema do Rio Figueiredo para o Plano de Aproveitamento

Figura 5.1 – Projetos de Irrigação

Hidroagrícola da Chapa do Atanásio / Catinga Grande”, preconiza-se a irrigação de 2.000 ha a partir dos recursos hídricos a serem acumulados no Figueiredo, que seriam aduzidos por um sistema com capacidade de 1480 l/s e desnível geométrico total de 106,5m.

Somando-se as demandas humanas e industriais dos centros urbanos próximos ao reservatório (124,7 l/s) com os déficits de atendimento da demanda de irrigação projetada para o horizonte 2030 no Alto, Médio e Baixo Jaguaribe e Chapada do Atanásio (4,1 m<sup>3</sup>/s + 3,8 m<sup>3</sup>/s + 1,48 m<sup>3</sup>/s), se obtêm um total de 9,5 m<sup>3</sup>/s de demandas passíveis de atendimento direto ou através de compensação hídrica pelo Açude Figueiredo.

No que se refere à barragem do Figueiredo a vazão regularizada máxima seria 5,5 m<sup>3</sup>/s sendo que as demandas humanas e industriais prioritariamente atendidas, a regularização disponível para atendimento das demandas de irrigação seriam insuficientes para fazer face ao déficit de 9,38 m<sup>3</sup>/s. Assim sendo, as demandas de irrigação a serem atendidas pelo Figueiredo, deverão ser hierarquizadas em função de critérios que visem a maximização dos benefícios econômicos para a região.

Atualmente existem demandas de irrigação reprimidas, em grandes projetos já implantados ou em vias de implantação, devida a escassez de recursos hídricos que se atribui às baixas médias pluviométricas nos últimos anos e pela não efetivação completa da obra do açude Castanhão. Porém, mesmo contando com a regularização normal do açude Castanhão e dos demais grandes açudes da bacia do Jaguaribe (Orós, Banabuiú e Pedras Brancas), o balanço hídrico aponta para déficits no atendimento das demandas de irrigação iguais a 3,18 m<sup>3</sup>/s em 2005, 5,71 m<sup>3</sup>/s em 2010 e 7,40 m<sup>3</sup>/s em 2015. Tal fato aponta para a imediata oportunidade de implantação do açude Figueiredo, que representa o último significativo incremento das disponibilidades hídricas da bacia do Jaguaribe.

Ressalta-se que este déficit calculado refere-se aos projetos de irrigação programados no Jaguaribe mais a demanda potencial da Chapada do Atanásio, os quais representam apenas uma parte do potencial de solos agricultáveis na bacia do Jaguaribe que totalizariam uma área extremamente maior, ou seja o déficit hídrico potencial é bastante superior ao indicado.

Devido à magnitude dos déficits passíveis de atendimento pelo Açude Figueiredo, conclui-se que no dimensionamento do volume máximo de acumulação do açude, deva-se buscar o maior valor possível que não implique em custos excessivamente altos para o m<sup>3</sup> de água regularizado.

## 5.2 – REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES

Conforme dito anteriormente, a operação do reservatório de Figueiredo deverá estar inserida dentro de um sistema global de gerenciamento que abrangeria toda a bacia do Jaguaribe e as Bacias da RMF. Contudo, para fins de dimensionamento de seu volume ótimo, a operação da Barragem de Figueiredo pode ser considerada de forma isolada, pois este se localiza em uma bacia onde não existem grandes reservatórios a montante nem a jusante, não apresentando portanto nenhuma interferência hidrológica com outras barragens, ou seja, não recebe aflúncias significativas de vertimentos a montante e os seus próprios não podem ser armazenados a jusante. Além disso, o regime hidrológico de sua bacia é análogo ao das demais sub-bacias do Jaguaribe, o que sugere que o ganho em seu rendimento a partir de uma operação integrada com os demais reservatórios do Jaguaribe seria pouco significativo.

Tendo em vista as considerações supracitadas, procedeu-se a simulação da operação do Figueiredo utilizando o mesmo modelo teórico definido nos Planos de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Ceará. Este modelo baseia-se na equação de balanço volumétrico no reservatório e utilização do mecanismo de volume de alerta para garantir em 100% do tempo o suprimento mínimo de 50% da Vazão Regularizada.

Na Figura 5.2 apresenta-se um resumo dos resultados de vazões regularizadas para diferentes cotas de acumulação nos três eixos alternativos fundamentais preconizados nos estudos, designadamente, Extrema, Cajazeira e Jurema. Verifica-se, como seria de se esperar, que a altura necessária da barragem para regularizar uma mesma vazão cresce à medida que os eixos alternativos se localizam mais a montante. Observa-se ainda que, pelos resultados apresentados, a vazão regularizada com garantia de 90% varia de 3,26 a 5,38 considerando barragens de 25 a 35 m de altura nos diferentes eixos alternativos.

Tendo por base a conclusão retirada da exposição das necessidades de água (item 5.1) – de que se deve buscar o maior volume de acumulação possível que não implique custos excessivamente elevados para o m<sup>3</sup> de água – e a análise das especificidades das obras nos eixos alternativos estudados e das respectivas interferências e custos associados (capítulo 10), pode concluir-se que o volume regularizado ótimo varia, para a globalidade dos eixos, entre cerca de 3 e 4 m<sup>3</sup>/s, sendo que valores da ordem de 4,2 a 4,4 m<sup>3</sup>/s constituem a ordem de grandeza do limite superior ainda aceitável sem acréscimos de custos muito penalizantes – que não ultrapassarão cerca de 20% relativamente aos valores ótimos. Assim sendo, assumiu-se 4,4 m<sup>3</sup>/s para valor de referência da vazão regularizada.



JUREMA						CAJAZEIRAS						EXTREMA					
Altura da Barragem (m)	Cota Máxima (m)	Volume Máximo (m³)	Vol Alerta (%)	Garantia Verificada	Vazão Regularizada (m³/s)	Altura da Barragem (m)	Cota Máxima (m)	Volume Máximo (m³)	Vol Alerta (%)	Garantia Verificada	Vazão Regularizada (m³/s)	Altura da Barragem (m)	Cota Máxima (m)	Volume Máximo (m³)	Vol Alerta (%)	Garantia Verificada	Vazão Regularizada (m³/s)
20	95	60.8	43.0%	90.0%	0.98	20	85	74.1	42.0%	90.0%	1.14	20	80	89.8	41.0%	90.0%	1.31
21	96	76.2	41.0%	90.0%	1.19	21	86	94.5	40.0%	90.0%	1.41	21	81	115.4	39.0%	90.0%	1.64
22	97	91.6	40.0%	90.0%	1.41	22	87	114.9	39.0%	90.0%	1.69	22	82	141.0	39.0%	90.0%	1.99
23	98	107.0	39.0%	90.0%	1.62	23	88	135.3	39.0%	90.0%	1.97	23	83	166.6	34.0%	90.0%	2.29
24	99	122.4	39.0%	90.0%	1.83	24	89	155.6	34.0%	90.0%	2.20	24	84	192.2	34.0%	90.0%	2.62
25	100	137.8	34.0%	90.0%	2.00	25	90	176.0	34.0%	90.0%	2.47	25	85	217.8	29.0%	90.0%	2.90
26	101	162.7	34.0%	90.0%	2.31	26	91	208.2	26.0%	90.0%	2.79	26	86	258.0	23.0%	90.0%	3.30
27	102	187.5	26.0%	90.0%	2.57	27	92	240.4	23.0%	90.0%	3.15	27	87	298.1	23.0%	90.0%	3.60
28	103	212.3	24.0%	90.0%	2.85	28	93	272.6	23.0%	90.0%	3.41	28	88	338.2	21.0%	90.0%	3.92
29	104	237.1	23.0%	90.0%	3.03	29	94	304.8	21.0%	90.0%	3.65	29	89	378.4	19.0%	90.0%	4.15
30	105	261.9	22.0%	90.0%	3.26	30	95	336.9	20.0%	90.0%	3.90	30	90	418.5	20.0%	90.0%	4.26
31	106	299.6	20.0%	90.0%	3.54	31	96	382.6	19.0%	90.0%	4.08	31	91	475.7	19.0%	90.0%	4.41
32	107	337.3	19.0%	90.0%	3.70	32	97	428.3	20.0%	90.0%	4.20	32	92	532.9	19.0%	90.0%	4.58
33	108	375.0	19.0%	90.0%	3.80	33	98	473.9	19.0%	90.0%	4.32	33	93	590.1	19.0%	90.0%	4.72
34	109	412.8	19.0%	90.0%	3.90	34	99	519.6	19.0%	90.0%	4.43	34	94	647.2	19.0%	90.0%	4.80
35	110	450.5	19.0%	90.0%	3.99	35	100	565.2	19.0%	90.0%	4.54	35	95	704.4	18.0%	90.0%	4.92
36	111	504.7	19.0%	90.0%	4.12	36	101	626.3	19.0%	90.0%	4.65	36	96	781.2	18.0%	90.0%	5.04
37	112	558.9	19.0%	90.0%	4.20	37	102	687.3	18.0%	90.0%	4.75	37	97	858.0	17.0%	90.0%	5.15
38	113	613.1	18.0%	90.0%	4.30	38	103	748.3	18.0%	90.0%	4.88	38	98	934.7	16.0%	90.0%	5.25
39	114	667.3	18.0%	90.0%	4.38	39	104	809.3	17.0%	90.0%	4.95	39	99	1011.5	16.0%	90.0%	5.34
40	115	721.5	17.0%	90.0%	4.47	40	105	870.4	16.0%	90.0%	5.05	40	100	1088.3	15.0%	90.0%	5.38
41	116	795.6	16.0%	90.0%	4.57	41	106	951.1	16.0%	90.0%	5.16	41	101	1186.6	14.0%	90.0%	5.43
42	117	869.8	15.0%	90.0%	4.62	42	107	1031.8	15.0%	90.0%	5.21	42	102	1284.9	14.0%	90.0%	5.47
43	118	944.0	15.0%	90.0%	4.66	43	108	1112.6	15.0%	90.0%	5.25	43	103	1383.3	14.0%	90.0%	5.48
44	119	1018.1	14.0%	90.0%	4.70	44	109	1193.3	14.0%	90.0%	5.28	44	104	1481.6	13.0%	90.0%	5.51
45	120	1092.3	14.0%	90.0%	4.74	45	110	1274.0	14.0%	90.0%	5.30	45	105	1579.9	12.0%	90.0%	5.55

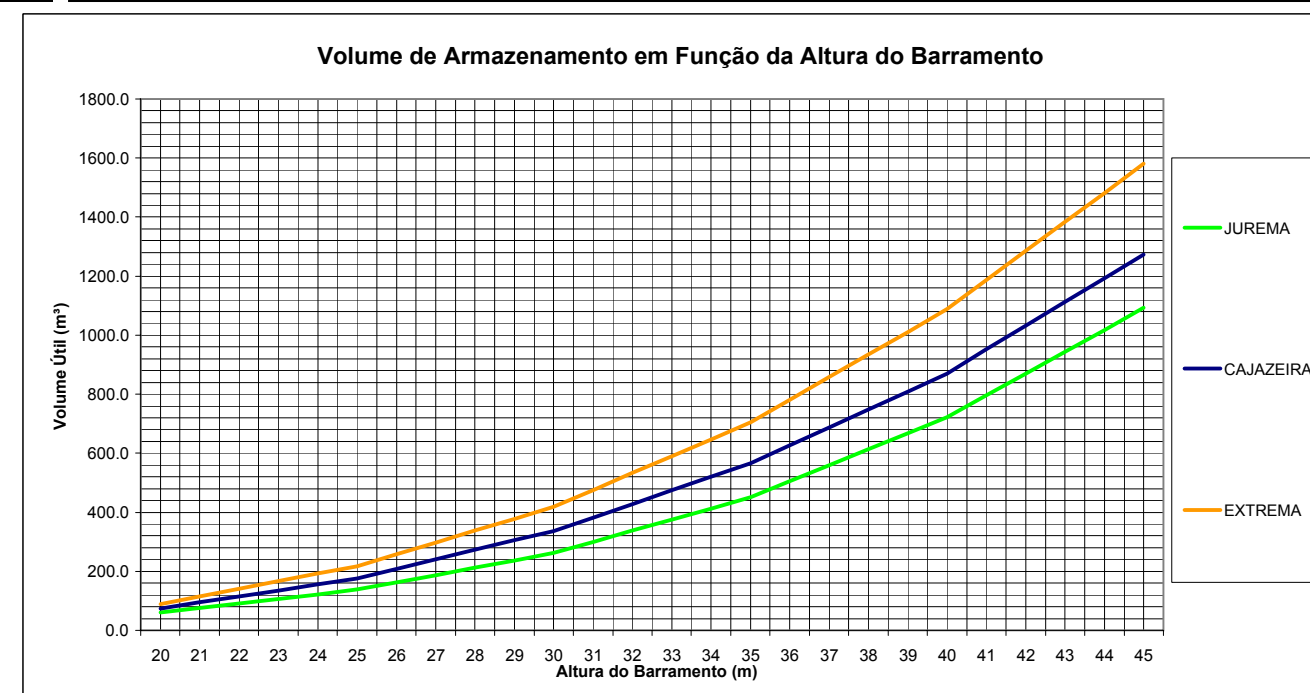
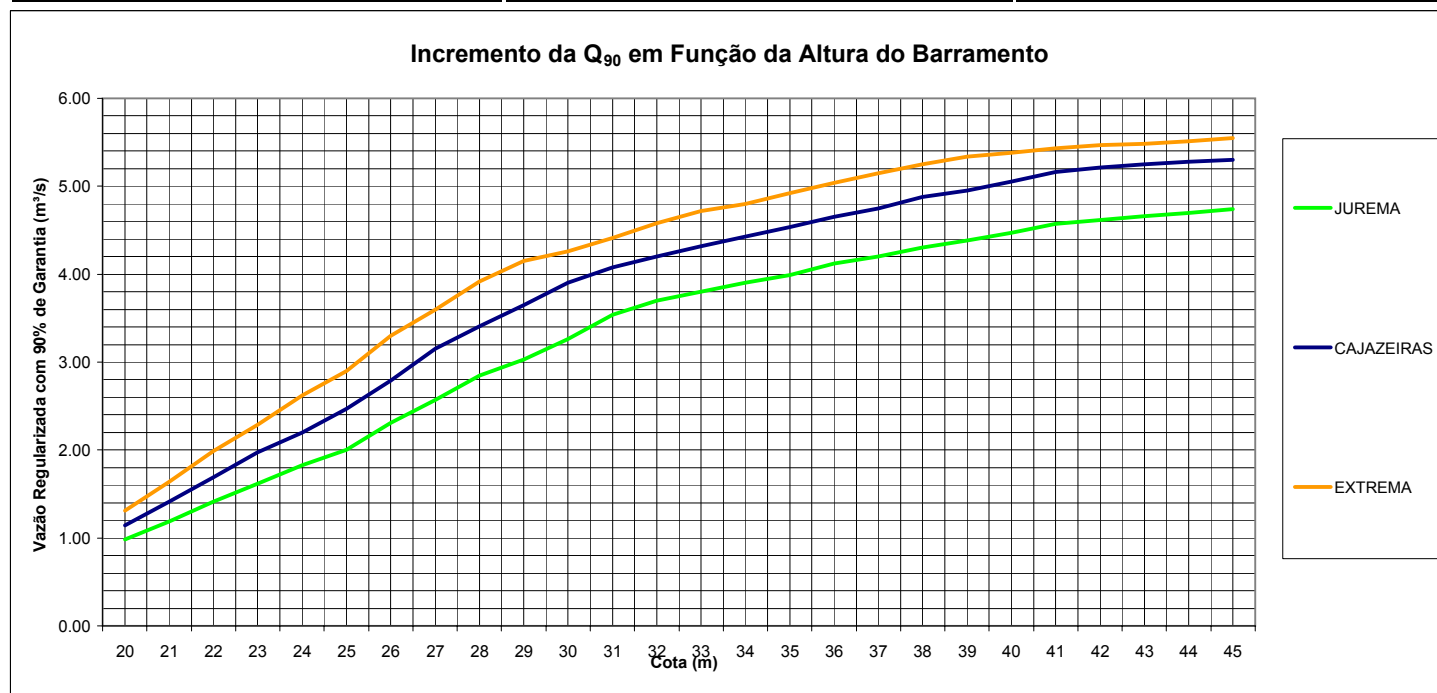
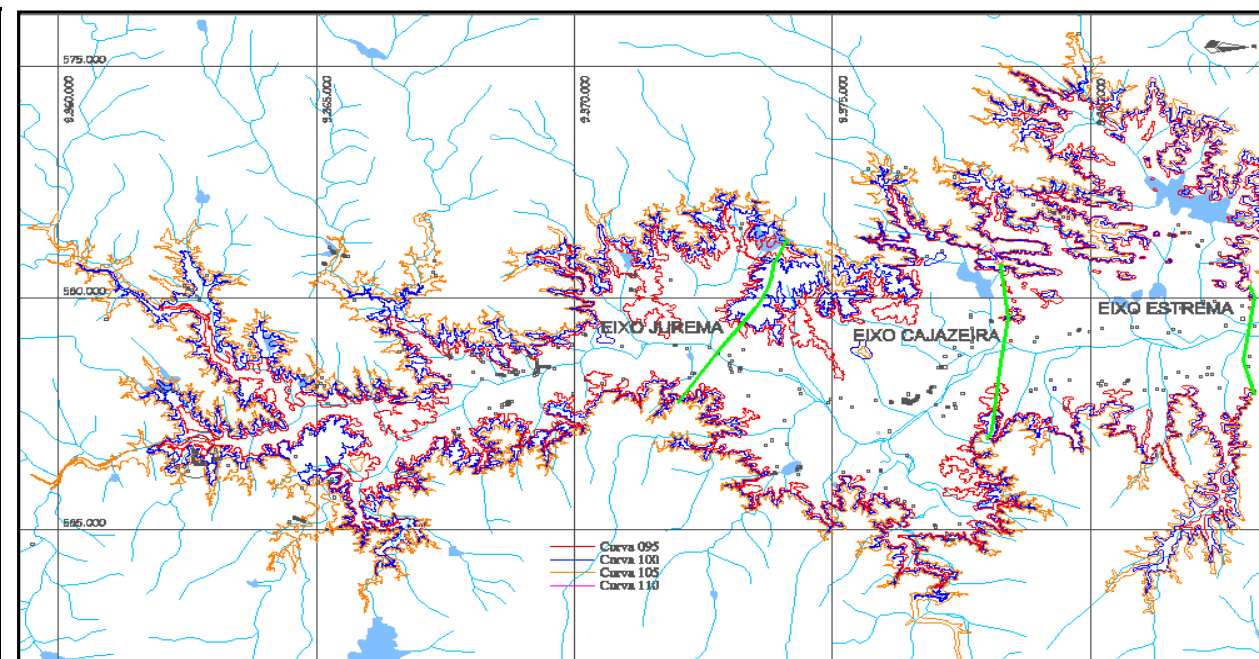


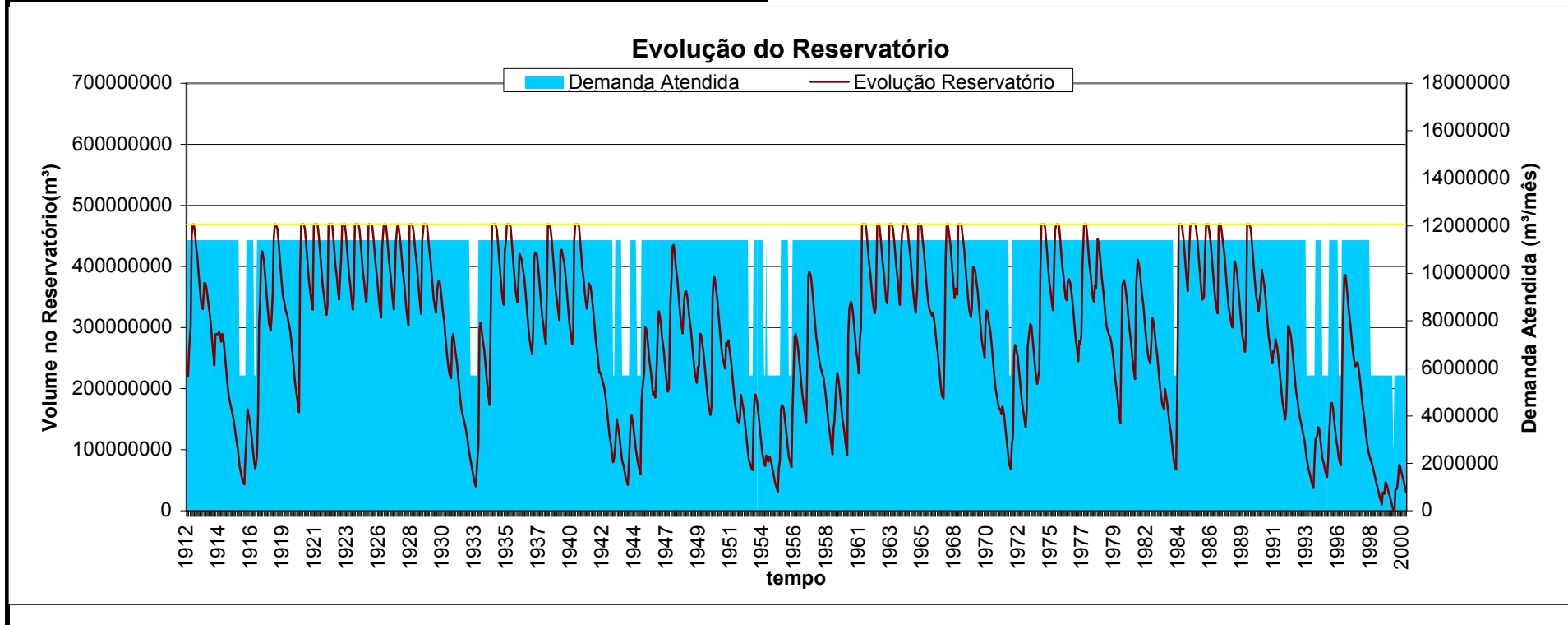
Fig. 5.2 - Resultado da Simulação da Operação do Reservatório Figueiredo para Diferentes Localizações de Barramento

As Figuras 5.3 a 5.5, apresentam os resultados de evolução do reservatório para os três eixos simulados, considerando a regularização supracitada (4,4 m<sup>3</sup>/s com 90% de garantia). Observa-se a ocorrência de 3 períodos críticos: um em meados de 1915, outro entre 1940 e 1960 e, o último, a partir de 1989 e estendendo-se até o final da simulação (ano 2000). Este resultado indica que se a Barragem de Figueiredo já tivesse sido construída em anos passados, em 2000 o reservatório estaria praticamente seco, tal fato não indica que o reservatório não irá encher ou não irá proporcionar a regulação preconizada, apenas reflete a situação de baixíssimas médias pluviométricas observadas nos últimos anos na Bacia do Jaguaribe.

Nome do Eixo	<b>ESTREMA</b>
Nome do Açude	<b>Figueiredo</b>
Área de Drenagem (km²)	1712.0
Volume Útil (hm³)	468.9

	Demanda (m³/s)	Volume de Alerta (% do Volume Útil)	Garantia Exigida (% dos meses)	Garantia Verificada (% dos meses)	verificação
Normal	4.40	0.00%	90.00%	89.98%	<b>ok</b>
Emergência	2.20	19.00%	100.00%	99.91%	<b>ok</b>

Ano Início	Ano Fim	Vol. Med. Afluente (hm³/ano)	Vol. Med. Evaporado (hm³/ano)	Vol. Med. Efluente (hm³/ano)	Vol. Med. Vertido (h³/ano)
1912	2000	219.1	37.5	130.2	53.7

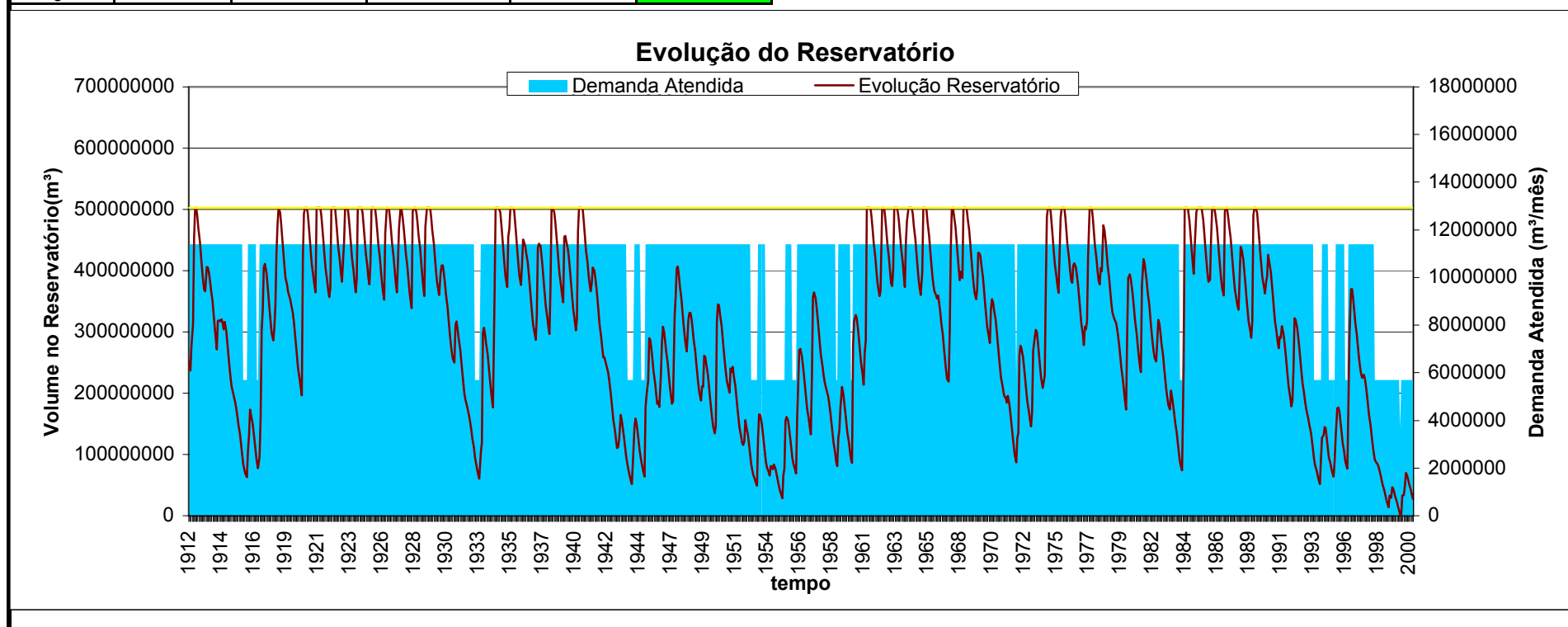


**Fig. 5.3 - Resumo da Simulação do Açude Figueiredo - Resultado Típico para o Eixo Extrema**

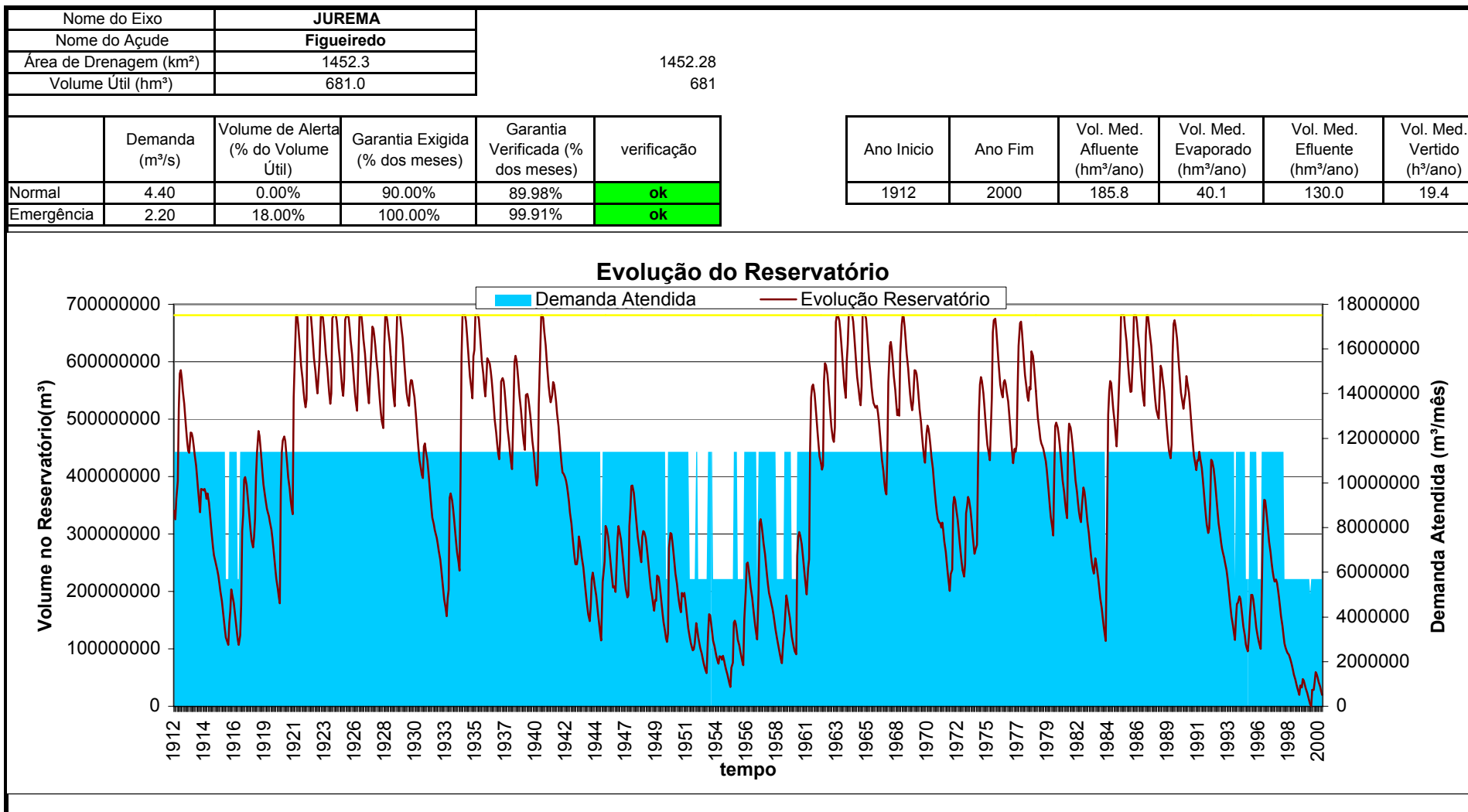
Nome do Eixo	<b>CAJAZEIRAS</b>
Nome do Açude	<b>Figueiredo</b>
Área de Drenagem (km²)	1621.0
Volume Útil (hm³)	503.0

	Demanda (m³/s)	Volume de Alerta (% do Volume Útil)	Garantia Exigida (% dos meses)	Garantia Verificada (% dos meses)	verificação
Normal	4.40	0.00%	90.00%	90.07%	<b>ok</b>
Emergência	2.20	19.00%	100.00%	99.91%	<b>ok</b>

Ano Início	Ano Fim	Vol. Med. Afluente (hm³/ano)	Vol. Med. Evaporado (hm³/ano)	Vol. Med. Efluente (hm³/ano)	Vol. Med. Vertido (h³/ano)
1912	2000	207.4	35.4	130.0	44.5



**Fig. 5.4 - Resumo da Simulação do Açude Figueiredo - Resultado Típico para o Eixo Cajazeiras**



**Fig. 5.5 - Resumo da Simulação do Açude Figueiredo - Resultado Típico para o Eixo Jurema**

## **6 - ASPECTOS GEOLÓGICO – GEOTÉCNICOS**

## **6 - ASPECTOS GEOLÓGICO – GEOTÉCNICOS**

### **6.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A análise conjugada dos diferentes elementos disponíveis, designadamente da fotografia aérea, do mapa geológico e do reconhecimento de superfície, permitem concluir que os diferentes locais de barragem em estudo apresentam características geológicas semelhantes, coincidindo a sua implantação com cenários geológicos de características muito próximas em termos de litologia e tectónica.

As formações que ocorrem em toda a zona objeto do estudo pertencem ao embasamento cristalino e são constituídas essencialmente por gnaisses com numerosas ocorrências de migmatitos, do Pré-Cambriano não diferenciado (Fig. 3.4). De acordo com o Mapa Geológico do Estado do Ceará (Ministério das Minas e Energia, 1983), este grupo litológico - designado como PX - é constituído por uma associação complexa de migmatitos e gnaisses diversos, encerrando jazimentos subordinados de corpos metacalcários, anfibolitos, rochas calciosilicáticas e quartzitos.

A estrutura destas formações está bem definida nos afloramentos da região, exibindo para além da foliação das rochas algumas famílias de diaclases conjugadas. O reconhecimento geológico de superfície feito nas visitas aos vários locais alternativos, mostra certa constância na atitude da foliação, o que permite concluir provisoriamente que não terá ocorrido forte tectonismo durante a história geológica do maciço cristalino.

Ao longo dos eixos alternativos que foram percorridos, o maciço é praticamente aflorante em toda a extensão, mostrando pequena cobertura, de apenas algumas dezenas de centímetros de solo residual de alteração da rocha. Os afloramentos alinham-se grosseiramente segundo a direção NE-SW.

Desenvolvendo-se o curso do rio ao longo de um eixo sensivelmente paralelo ao sentido de ocorrência dos afloramentos rochosos da região, tem-se que cada um dos locais de barragem em análise intercepta, de forma mais ou menos perpendicular, esses alinhamentos geomorfológicos, não havendo a registar qualquer aspecto singular em relação com qualquer dos locais.

Na área Oeste do reservatório dos locais mais a jusante ou a Oeste dos reservatórios de montante, ocorre igualmente um outro grupo litológico designado como Granitóides Pereiro

(PSy), compreendendo essencialmente intrusões de composições granítica a granodioríticas, com fácies sienítica de granulação média a grosseira, às vezes porfiroblásticas, apresentando estruturas equigranulares, xenolíticas com encraves de anfibólios, gnaisses e dioritos.

Na calha do rio Figueiredo ocorrem aluviões (QHa) com alguns metros de espessura. Nos trechos em que existe um leito de cheias, por vezes com muitas centenas de metros de largura, esses aluviões têm uma camada superior argilosa ou siltosa de 2 a 3 m de espessura, onde são feitas culturas irrigadas, sobrejacente a uma camada essencialmente arenosa.

A calha propriamente dita está preenchida por aluviões arenosas com seixo fino com cerca de 5 a 6 m de espessura, constituindo grandes reservas de materiais granulares com blocos de quartzo e rochas cristalinas diversas.

Concluindo, uma análise de pormenor no sentido de montante para jusante revela idênticas condições de fundação para os 6 eixos em estudo, com predomínio dos materiais gnaisso-migmatíticos em todas as situações, sendo que apenas se regista - à medida que se avança para jusante - um ligeiro aumento da largura das aluviões localizadas na calha do rio Figueiredo.

## **6.2 - CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO DA OBRA**

Face à descrição feita no item 6.1, pode dizer-se que as condições de fundação são relativamente semelhantes em qualquer dos eixos considerados.

Nas zonas onde aflora o cristalino, tudo leva a crer que a escavação de 2 a 3 m será suficiente para a fundação de qualquer tipo de barragem, mesmo de concreto. Em geral, para uma solução em aterro, será mesmo suficiente uma escavação de 1 a 2 m para se encontrar condições adequadas de fundação.

Na calha do rio e nos leitos de cheias, haverá que remover os aluviões para se atingir o maciço cristalino que exhibirá, por certo, excelentes condições de fundação para qualquer tipo de barragem. Essa remoção exigirá a escavação de cerca de 7 a 8 m na calha do rio e provavelmente um pouco inferior na zona do leito de cheias.

No que se refere às características hidráulicas do maciço de fundação, e tendo em conta o conhecimento que se detém do mesmo noutros locais, prevê-se a necessidade de realizar um tratamento de impermeabilização do maciço, pelo menos nalguns trechos, em todos os eixos alternativos estudados até profundidades máximas da ordem de 15 m, devendo-se a



permeabilidade superficial da fundação à abertura das diaclases por descompressão das formações.

Relativamente aos órgãos hidráulicos anexos da solução em aterro, o reconhecimento efetuado nos seis locais permite pensar numa solução de vertedouro em canal escavado no maciço rochoso, numa profundidade de cerca de 10 a 15 m, sendo apenas revestido com concreto pontualmente e a jusante da soleira de controlo, esta também em concreto. Na quase totalidade dos eixos estudados, o vertedouro poderia ficar localizado num dos boqueirões secundários, separado, como tal, da barragem. O volume de material escavado para implantação do vertedouro seria reutilizado no aterro da barragem, viabilizando a solução. Relativamente à fundação da tomada de água e descarga de fundo, haveria apenas que minimizar eventuais estrangimentos relativos às formações aluvionares de menor consistência e freqüentemente saturadas, ocorrentes no leito de cheias do rio.

No que se refere ao **Eixo I**, localizado a cerca de 5,3 km da cidade de Alto Santo, foi possível identificar, através do reconhecimento efetuado no local, uma área plana de grande extensão com uma consistente ocorrência de depósitos aluvionares silto-argilosos.

No **Eixo Extrema** a seção em estudo apresenta ombreiras de inclinação suave, onde podem ser observados diversos afloramentos rochosos, sugerindo uma pequena profundidade provável do estrato rochoso ao longo de parte do eixo da barragem - e a menos do leito de cheias e terraços adjacentes que cobrem uma área significativa adjacente à calha do rio. Também na margem direita deste eixo são visíveis afloramentos de rocha sã, com alguma expressão.

Relativamente ao **Eixo II**, situado a 2,7 km de distância do Boqueirão Extrema, o local apresenta, à semelhança das restantes alternativas, uma topografia relativamente aberta, sendo visível, na ombreira esquerda, uma área de grande dimensão de afloramento de rocha sã. Este local é caracterizado por trechos de maior inclinação nas ombreiras por comparação com os restantes locais, o que em termos geológicos poderá indiciar a presença de maciço rochoso um pouco mais resistente.

A montante deste eixo, no local do **Eixo Cajazeira**, ocorrem diversos afloramentos rochosos irregulares, em particular na margem esquerda, que irão exigir escavações de maior porte para se conseguir alguma regularização da superfície de fundação, aliás à semelhança do que acontece nalguns trechos, de menor extensão, dos eixos alternativos mais próximos – Eixo II e Extrema.

Continuando para montante, ao longo do rio Figueiredo, no **Eixo Jurema**, o local apresenta topografia aberta onde se destaca a presença de uma área plana junto à margem esquerda, na qual pode ser observada uma forte predominância de depósitos aluvionares.

Por último, no local do **Eixo III**, a cerca de 1,2 km a montante do eixo anterior, o boqueirão é, no seu trecho central, menos aberto, tendo a ombreira esquerda maior pendente que a direita.

De uma forma geral, e como referido anteriormente, as condições de fundação nos locais escolhidos não diferem significativamente, não sendo como tal um fator condicionante da escolha do eixo.

### **6.3 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**

Atendendo ao fato das características dos maciços rochosos de fundação serem idênticas para qualquer eixo alternativo, a escolha da solução mais adequada para a barragem fica muito dependente da existência de materiais. Deu-se assim prioridade à identificação de jazidas de solos em princípio apropriados para utilização no núcleo e de pedreiras ou potenciais zonas para exploração de pedreiras.

Face à dificuldade reconhecida de se dispor de áreas de empréstimo de material fino em quantidade adequada perto dos locais barráveis, considerou-se pertinente prever a adoção de um perfil-tipo de barragem de aterro zonado. Tal solução exigirá ainda assim um volume entre 500 mil e um milhão de metros cúbicos de solos finos - dependendo do perfil adotado e do local de barragem escolhido - que permitam a sua colocação em boas condições e garantam a necessária baixa permeabilidade do núcleo.

Foi assim feito o reconhecimento geológico de uma zona abrangendo a área envolvente dos possíveis eixos e identificadas áreas potencialmente adequadas à exploração dos materiais.

Foram, desta forma, identificadas prováveis jazidas de material terroso na proximidade do Eixo Jurema e do Eixo III que podem ainda ser utilizadas na construção de uma barragem zonada no Eixo Cajazeira. Tratam-se de jazidas de saibros resultantes da meteorização dos gnaisses, com volumes exploráveis da ordem de 200 000 m<sup>3</sup> – jazida mais próxima do Eixo Cajazeira – e de 1 milhão de metros cúbicos – jazida junto à estrada Alto Santo – Iracema, localizada a cerca de 6 km a montante do Eixo Cajazeira.

Nas áreas mais próximas da cidade de Alto Santo, interessando o Eixo I, Eixo Extrema e Eixo II, há aparentemente maior escassez de materiais finos, podendo inviabilizar uma solução de aterro zonado.

O enchimento da calha do rio com aluviões arenosos em grande quantidade permite prever que não haverá qualquer dificuldade na exploração próxima dos eixos alternativos de barragem, de areias de boa qualidade que poderão ser utilizadas com vários fins, designadamente filtros, camadas de transição, etc..

Também em todas as áreas interessadas pelos eixos alternativos ocorrem granitos gnaissoides que permitem, sem dificuldade, obter grandes volumes de rocha sã, adequada quer para enrocamento quer para inertes a utilizar na fabricação do concreto, viabilizando a consideração de soluções de barragem zonada, de enrocamento ou de concreto.

Aliás, foram exploradas diversas pedreiras a distâncias de apenas alguns quilômetros que poderiam ser retomadas se não se encontrasse material disponível na proximidade das obras, o que não parece ser o caso.

As próprias escavações que serão levadas a cabo para regularizar a superfície de fundação ou eventualmente para a construção do vertedouro darão já origem a volumes significativos de materiais rochosos adequados, dada a excelente qualidade do maciço, mesmo a pequenas profundidades.

## **7 - DIAGNÓSTICO SÓCIO-ECONÔMICO E AMBIENTAL DA REGIÃO**

## **7 - DIAGNÓSTICO SÓCIO-ECONÔMICO E AMBIENTAL DA REGIÃO**

### **7.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS HIDRÁULICAS DOS EIXOS ESTUDADOS**

#### **7.1.1 - Generalidades**

Os principais impactos adversos decorrentes da implantação e operação de projetos hidráulicos, principalmente barramentos, estão associados a desapropriação das áreas das bacias hidráulicas dos reservatórios e de suas faixas de proteção, implicando, geralmente, na mobilização de um grande contingente populacional. Além disso, pode ocorrer a submersão de núcleos urbanos, de infra-estruturas de uso público, de grandes extensões de solos agricultáveis e de áreas de relevante interesse ambiental (áreas indígenas, unidades de conservação e patrimônios histórico, arqueológico, paleontológico e espeleológico). É importante, ainda, que seja avaliado preliminarmente o custo de oportunidade da terra nas áreas das bacias hidráulicas dos reservatórios com base nas atividades econômicas aí desenvolvidas, bem como os riscos de salinização das águas represadas ou de sua poluição por efluentes sanitários e industriais de núcleos urbanos situados a montante dos reservatórios.

No estudo de alternativas para a Barragem de Figueiredo foram identificados seis eixos barráveis ao longo do rio homônimo (Eixo I, Eixo Extrema, Eixo II, Eixo Cajazeiras, Eixo Jurema e Eixo III), para os quais são efetuadas as caracterizações das áreas das bacias hidráulicas correspondentes, considerando variações nas cotas de inundação de (95) a (110).

Foram efetuados levantamentos expeditos de campo nas áreas das bacias hidráulicas dos referidos eixos, em meados de 2001, por equipe do Consórcio COBA/VBA, os quais procuraram englobar todas as propriedades que serão afetadas com a implantação das barragens correspondentes a cada eixo.

Os levantamentos efetuados procuraram obter informações relativas ao número de propriedades a serem desapropriadas e suas respectivas áreas, núcleos urbanos e infra-estruturas de uso público a serem atingidos, populações a serem remanejadas e atividades econômicas a serem paralisadas, entre outros. Apresenta-se a seguir a caracterização das áreas das bacias hidráulicas dos eixos estudados elaborada com base nos dados levantados em campo, bem como em dados secundários obtidos em estudos realizados anteriormente por ocasião do inventário dos fatores naturais e sócio-econômicos da bacia hidrográfica do rio

Jaguaribe, no âmbito do “Estudo para Atendimento das Demandas Hídricas da Região Metropolitana de Fortaleza”. A referida caracterização servirá de base para a hierarquização dos impactos ambientais e sócio-econômicos concernentes aos fatores diretamente afetados pela implementação dos eixos estudados, permitindo a estimativa dos custos a serem incorridos com as medidas mitigadoras em cada alternativa de barramento.

### **7.1.2 - Potencial Agrícola dos Solos**

Analisando a distribuição dos principais tipos de solos nas áreas das bacias hidráulicas dos eixos estudados observa-se a predominância de solos pouco propícios ao uso agrícola qualquer que seja o eixo selecionado, conforme pode-se constatar no Quadro 7.1 e nas configurações apresentadas a seguir, as quais serão acompanhadas por uma breve descrição das características destes tipos de solos:

- Eixos I, Extrema e II: predominam os solos Bruno Não Cálcicos, geralmente associados aos Litólicos e Planossolos Solódicos. Em segundo lugar aparece os Litólicos Eutróficos, seguidos pelos Solos Aluviais em associação com os Solonetz Solodizados. Em escala relativamente reduzida aparecem os solos Podzólicos Vermelho Amarelo;
- Eixo Cajazeiras: a associação de solos Bruno Não Cálcicos, Litólicos e Planossolos Solódicos, ainda, apresenta-se predominante. Em segundo lugar aparecem os Solos Aluviais formando associação com os Solonetz Solodizados, sendo seguidos pelos Litólicos. Os Podzólicos Vermelho Amarelo apresentam-se pouco expressivos em termos de extensão territorial;
- Eixos Jurema e III: a exemplo do que ocorre nos demais eixos a associação de solos Bruno Não Cálcicos, Litólicos e Planossolos apresenta-se dominante. Em segundo plano aparecem os Aluviões associados com os Solonetz Solodizados. Os Litólicos e os Podzólicos Vermelho Amarelo apresentam-se pouco representativos nas áreas destes eixos.

Os Brunos Não Cálcicos são solos medianamente profundos a rasos, de alta fertilidade natural, moderado a imperfeitamente drenados, ácidos a praticamente neutros e com grande susceptibilidade à erosão. Caracterizam-se, também pela freqüente presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e matacões, formando aparentemente um pavimento desértico. Apresentam fortes limitações ao uso agrícola, em particular a agricultura irrigada.

**Quadro 7.1 - Potencial Agrícola dos Solos**

Discriminação	Cotas de Coroamento							
	95		100		105		110	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
<b>EIXO I</b>	<b>6,978.96</b>	<b>100.00</b>	<b>9,176.58</b>	<b>100.00</b>	<b>11,527.35</b>	<b>100.00</b>	<b>14,055.58</b>	<b>100.00</b>
Solos Agricultáveis	1,615.78	23.15	1,702.63	18.55	1,757.12	15.24	1,870.39	13.31
Solos Não Agricultáveis	5,363.18	76.85	7,473.95	81.45	9,770.23	84.76	12,185.19	86.69
<b>EIXO EXTREMA</b>	<b>6,483.05</b>	<b>100.00</b>	<b>8,410.93</b>	<b>100.00</b>	<b>10,746.84</b>	<b>100.00</b>	<b>13,416.12</b>	<b>100.00</b>
Solos Agricultáveis	1,465.58	22.61	1,552.43	18.46	1,606.93	14.95	1,708.94	12.74
Solos Não Agricultáveis	5,017.47	77.39	6,858.50	81.54	9,139.91	85.05	11,707.18	87.26
<b>EIXO II</b>	<b>4,794.96</b>	<b>100.00</b>	<b>6,684.62</b>	<b>100.00</b>	<b>8,778.52</b>	<b>100.00</b>	<b>10,359.99</b>	<b>100.00</b>
Solos Agricultáveis	1,124.23	23.45	1,273.05	19.04	1,327.55	15.12	1,247.39	12.04
Solos Não Agricultáveis	3,670.73	76.55	5,411.57	80.96	7,450.97	84.88	9,112.60	87.96
<b>EIXO CAJAZEIRAS</b>	<b>3,994.12</b>	<b>100.00</b>	<b>5,431.39</b>	<b>100.00</b>	<b>7,145.45</b>	<b>100.00</b>	<b>9,147.30</b>	<b>100.00</b>
Solos Agricultáveis	995.52	24.92	1,037.48	19.10	1,038.87	14.54	1,095.93	11.98
Solos Não Agricultáveis	2,998.60	75.08	4,393.91	80.90	6,106.58	85.46	8,051.37	88.02
<b>EIXO JUREMA</b>	<b>1,656.25</b>	<b>100.00</b>	<b>2,679.19</b>	<b>100.00</b>	<b>3,878.53</b>	<b>100.00</b>	<b>5,305.68</b>	<b>100.00</b>
Solos Agricultáveis	473.28	28.58	514.72	19.21	516.11	13.31	569.35	10.73
Solos Não Agricultáveis	1,182.97	71.42	2,164.47	80.79	3,362.42	86.69	4,736.33	89.27
<b>EIXO III</b>	<b>1,188.92</b>	<b>100.00</b>	<b>2,022.61</b>	<b>100.00</b>	<b>3,117.16</b>	<b>100.00</b>	<b>4,419.11</b>	<b>100.00</b>
Solos Agricultáveis	386.55	32.51	427.91	21.16	429.29	13.77	485.75	10.99
Solos Não Agricultáveis	802.37	67.49	1,594.70	78.84	2,687.87	86.23	3,933.36	89.01

FONTE: COBA/VBA, Pesquisa de Campo, 2001.

Os Litólicos são solos rasos de textura arenosa/média, apresentando pedregosidade/rochosidade superficial, sendo bastante susceptíveis à erosão face à reduzida espessura, não se prestando ao uso agrícola, razão pela qual geralmente apresentam a sua cobertura vegetal preservada. São comuns as presenças de afloramentos rochosos associados a este tipo de solo.

Os solos Aluviais são moderadamente profundos a muito profundos, de fertilidade natural alta, com drenagem moderada a imperfeita, sem problemas de erosão, mas com riscos periódicos de inundação. Ocorrem ao longo do rio Figueiredo e apresentam grande potencialidade para a agricultura, não sofrendo maiores restrições ao seu uso, devendo ser conservados intensivamente.

Os Planossolos e os Solonetz são solos moderadamente profundos a rasos, imperfeitamente drenados, com teores elevados de sódio nos horizontes subsuperficiais, bastante susceptíveis à erosão, se caracterizando por apresentarem problemas de encharcamento no período chuvoso e ressecamento/fendilhamento durante a época seca. A exploração dos carnaubais nativos constitui o aproveitamento econômico mais recomendável no caso dos Solonetz, enquanto os Planossolos são adequados para o cultivo de algodão, palma forrageira e capineiras. Do ponto de vista do potencial para exploração com agricultura irrigada são solos de muito baixo ou nenhum potencial.

Os Podzólicos Vermelho Amarelo Eutróficos apresentam média a alta fertilidade natural, textura arenosa/argilosa, sendo moderadamente a bem drenados, com média a baixa acidez. Ocorrem em relevo suave ondulado a ondulado. Exigem práticas de conservação e adubação simples, tendo como principal limitação ao desenvolvimento agrícola a escassez de recursos hídricos e as condições de relevo.

Os Podzólicos Vermelho Amarelo Distróficos são solos profundos, de textura arenosa/média, em geral, ácidos a moderadamente ácidos, porosos a muito porosos, bem drenados e de baixa fertilidade natural. Requerem para o seu aproveitamento racional o uso de fertilizantes e corretivos. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado.

Os Regossolos Distróficos compreendem solos muito arenosos, medianamente profundos a profundos, em geral, com fragipan. São solos cuja drenagem é função da profundidade onde se encontra o fragipan e a rocha, podendo variar desde moderada até excessiva. O cultivo racional destes solos requer, mesmo em regime de sequeiro, controle rigoroso da erosão, bem



como adubações que supram as deficiências de Fósforo e Nitrogênio. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado, em associação com os Podzólicos Vermelho Amarelo Distróficos.

### **7.1.3 - Riscos de Salinização das Águas Represadas**

As condições climáticas da região, caracterizadas pelas altas taxas de evaporação, aliadas à localização de açudes em áreas onde predominam solos com elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais (Planossolos Solódicos e Solonetz Solodizados) nas suas bacias de contribuição, torna relativamente elevado os riscos de salinização das águas aí represadas. Caso estes solos não estejam presentes, o risco é baixo e nas situações intermediárias o risco é médio. Entretanto esse risco depende também das condições de renovação da água do açude, que podem ser representadas pelo tempo médio de detenção da água no reservatório. Tempo de detenção superior a um ano significa risco alto, entre um ano e seis meses, risco médio e menos de seis meses, risco baixo.

No caso específico da Barragem de Figueiredo, qualquer que seja o eixo selecionado, observa-se, na sua bacia de contribuição, a presença de Planossolos Solódicos como o terceiro elemento da associação de solos NC (Bruno Não Cálcicos + Litólicos + Planossolos Solódicos). Constata-se, ainda, a ocorrência de Solonetz Solodizados nas bacias hidráulicas dos eixos estudados, como o segundo elemento da associação Ae1 ( Solos Aluviais + Solonetz Solodizados). Tal situação pode ser enquadrada como de risco médio de salinização para águas represadas, risco que poderá ser agravado função de tempos de detenção da água no reservatório superiores a 1 ano.

Assim, é importante que esta questão seja considerada na operação deste reservatório, procurando formas de conciliar a necessidade de redução do tempo de residência da água, visando a manutenção de sua qualidade, e a operação do reservatório levando em conta as vazões afluentes. Visando detectar os níveis de sais atualmente vigentes no curso d'água a ser barrado para formação do referido reservatório, deverá ser efetuada pela SRH uma bateria de análises físico-químicas da água por ocasião do próximo período chuvoso.

### **7.1.4 - Riscos de Sismicidade Induzida**

A análise do panorama sismotectônico da Região Nordeste revela uma maior concentração de sismos nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, onde os abalos ocorrem em áreas de rochas do embasamento e nas áreas próximas ao litoral onde se iniciam as rochas sedimentares das bacias costeiras. Nos estados da Paraíba, Piauí e Alagoas as atividades sísmicas são praticamente ausentes. Além disso, verifica-se que os sismos

nordestinos dificilmente atingem magnitude 5 na escala Richter, conforme pode ser visualizado nos Quadros 7.2 e 7.3.

No Ceará, especificamente, já foram identificadas quatro regiões sísmicas na zona nordeste do Estado: Cascavel (Pitombeiras), Chorozinho, Pacajus e Palhano. Dessas regiões, foi Pacajus a que apresentou eventos de maior magnitude, chegando a atingir em 1980, 5,2 graus na escala Richter e intensidade VII na escala Mercalli. O Quadro 7.4 mostra a relação dos sismos com magnitudes superiores a 3,0 mb ocorridos no Estado do Ceará.

Quanto à ocorrência de eventos sísmicos na área do estudo, observa-se que num raio de 100 km em torno dos eixos estudados, há registro de ocorrência de atividades sísmicas em 11 localidades, cujas distâncias aproximadas das áreas dos eixos podem ser visualizadas no Quadro 7.5. Dessas regiões, quatro são consideradas áreas com tradição em eventos sísmicos (Ererê, Pereiro, Morada Nova (sede) e Ibareta (Serra Azul)), merecendo destaque Pereiro e Ibareta por terem apresentado eventos de maior magnitude. Em Pereiro, o sismo ocorrido em 1968 atingiu 4,5 graus na escala Richter e intensidade VII na escala Mercalli, enquanto em Ibareta, o sismo ocorrido em 1977, atingiu 3,9 graus na escala Richter.

**Quadro 7.2 - Distribuição Geográfica dos Sismos do Nordeste de Magnitude  $M_b \geq 3.0$**

Estado	Até 31/12/1980		Até 31/10/1986	
	Nº	%	Nº	%
Alagoas	2	2,5	2	1,8
Bahia	19	24,1	20	18,4
Ceará	23	29,1	25	22,9
Maranhão	4	5,1	5	4,6
Paraíba	-	-	-	-
Pernambuco	9	11,4	14	12,8
Piauí	-	-	-	-
Rio G. do Norte	22	27,8	43	39,5
Sergipe	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>79</b>	<b>100</b>	<b>109</b>	<b>100</b>

FONTE: Berrocal, J. et alli, Sismicidade do Brasil JAG/USP. São Paulo, 1984.

Ferreira, J.M., Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de mestrado. JAG/USP. São Paulo, 1983.

RBGf, ESB/UNB e CAI/UFRN, Boletins Sísmicos.

**Quadro 7.3 - Distribuição dos Sismos no Nordeste, Segundo a Magnitude (Mb ≥ 3,0)**

MAGNITUDE DOS SISMOS (mb)	ANOS									
	1801/1820	1821/1840	1841/1860	1861/1880	1881/1900	1901/1920	1921/1940	1941/1960	1961/1980	1981/1986(*)
3,0	-	-	-	-	-	1	2	3	8	5
3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5
3,2	-	-	-	1	-	-	-	-	3	2
3,3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
3,4	-	-	-	1	-	1	-	-	3	4
3,5	-	-	1	-	1	2	-	-	6	2
3,6	-	-	-	-	-	1	1	-	4	2
3,7	-	-	-	1	-	3	-	-	5	1
3,8	1	-	-	-	-	1	-	-	2	5
3,9	-	-	-	-	-	2	-	1	7	-
4,0	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-
4,1	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-
4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,3	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
4,7	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-
4,8	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-

FONTE: Berrocal, J. et all, Sismicidade do Brasil JAG/USP. São Paulo, 1984.

Ferreira, J.M., Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de mestrado. JAG/USP. São Paulo, 1983.

RBGf, ESB/UNB e CAI/UFRN, Boletins Sísmicos.

(\*) Excluindo o ano de 1983.

**Quadro 7.4 - Relação dos Sismos com Magnitude Mb ≥ 3,0 ocorridos no Estado do Ceará**

Localidade	Data	Magnitude (Mb)	Intensidade (MMI) (1)	Observações
BATURITÉ	02/1903	3,9	-	3 sismos
BATURITÉ	02/1903	4,1	VI	2 sismos
MARANGUAPE	24/11/1919	4,5	IV	-
ARACATI	14/04/1928	4,0	VI	-
PEREIRO	1968	3,9 – 4,5	V - VII	5 sismos (janeiro a março)
BEBERIBE	03/1974	-	V	vários sismos
SÃO LUIZ DO CURU	1974/1976	3,4	VI	Sismos alternados
IBARETAMA	07/1976	-	V	-
IBARETAMA	12/03/1977	3,9	-	-
PACAJUS	20/11/1980	5,2	VII	-
CASCAVEL (PITOMBEIRAS)	22/04/1995	3,8	VI	-

FONTE: Ferreira, J.M., Sismicidade no Rio Grande do Norte in Simpósio sobre Sismicidade Atual em João Câmara (RN). Rio de Janeiro, 10 a 11 de novembro de 1986.p.32-48.

Berrocal, J. et all, Sismicidade do Brasil. São Paulo, JAG/USP,1984

Defesa Civil do Ceará.

Nota: (1) Intensidade Modificada de Mercalli.

**Quadro 7.5 - Distribuição dos Sismos na Área do Estudo (Raio de 100 km)**

Ocorrências Sísmicas	Distância Aproximada (km)					
	Eixo I	Extrema	Eixo II	Cajazeiras	Jurema	Eixo III
Ererê (1)	55.50	24.00	51.50	49.00	46.50	43.50
Pereiro (1)	55.30	53.80	51.30	48.80	46.30	43.30
Morada Nova (sede) (1)	45.70	47.20	49.70	52.20	54.70	57.70
Morada Nova (Serra do Félix)	80.00	81.50	84.00	86.50	89.00	92.00
Morada Nova/S.J. Jaguaribe (divisa)	35.00	36.50	39.00	41.50	44.00	47.00
Morada Nova/Aracoiaba (divisa)	65.50	67.00	69.50	72.00	74.50	77.50
Banabuiú (Sitiá)	92.50	94.00	96.50	99.00	101.50	104.50
Ibaretama (Serra Azul) (1)	75.60	77.10	79.60	82.10	84.60	87.60
Russas (CE-138)	85.50	87.00	89.50	92.00	94.50	97.50
Russas (Serra do Félix)	100.00	101.50	102.70	105.00	106.30	107.50
Quixeramobim (Belém)	100.00	101.50	104.00	106.50	109.00	112.00

Nota: (1) Áreas com tradição em eventos sísmicos.

Tendo em conta que os eventos sísmicos registados são de magnitude baixa a moderada, que a barragem de Figueiredo se funda totalmente sobre rochas do embasamento cristalino e que a carga hidráulica associada ao reservatório é baixa - com valores máximos de 30 m e médios de cerca de 10 m – não são de prever que se levantem questões associadas a sismicidade induzida que, tradicionalmente, são apenas tratadas - em regiões de sismicidade moderada - para cargas hidráulicas máximas da ordem de 100 m.

### **7.1.5 - Patrimônio Histórico, Arqueológico, Paleontológico e Espeleológico**

Não foi constatada nas áreas das bacias hidráulicas dos eixos estudados a ocorrência de monumentos históricos, sítios arqueológicos e paleontológicos, ou cavernas e grutas tombados, em processo de tombamento ou apenas identificados preliminarmente pelos órgãos competentes, no caso o IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e a SECULT - Secretaria de Cultura e Desporto, que atua a nível estadual.

Entretanto como a região da bacia hidrográfica do rio Figueiredo é considerada relativamente rica neste tipo de patrimônio arqueológico e paleontológico, tendo sido registrado a presença de sítios paleontológicos no município de Alto Santo, deverá ser efetuado antes da implementação das obras de engenharia, qualquer que seja o eixo selecionado, a realização de estudos nestes campos.

### **7.1.6 - Unidades de Conservação e Terras Indígenas**

Não há ocorrência de reservas indígenas e unidades de conservação nas áreas das bacias hidráulicas dos eixos estudados. A Estação Ecológica do Castanhão, representativa do ecossistema de caatinga, que se encontra em fase de estudo pela SEMCE para regulamentação do diploma legal, devendo contar com uma área de no mínimo 800 ha, embora englobe terras dos municípios de Alto Santo e Jaguaribara, não será afetada pelo empreendimento. A referida unidade de conservação situa-se na região da Serra da Micaela, distando 10 a 15 km da bacia hidráulica da Barragem de Figueiredo.

### **7.1.7 - Estrutura Fundiária**

No caso específico dos seis eixos ora em análise, os levantamentos preliminares de campo efetuados pelo Consórcio COBA/VBA permitiram identificar que qualquer que seja o eixo selecionado, o número de imóveis atingidos em relação ao porte do reservatório apresenta-se relativamente pouco significativo.

Tendo em vista que a configuração da estrutura fundiária da região apresenta uma distribuição das propriedades de forma perpendicular em relação ao leito do rio Figueiredo, à medida que se eleva a cota de inundação do reservatório, observa-se uma redução nas áreas remanescentes das propriedades. A situação fundiária vigente nas bacias hidráulicas dos eixos estudados para as cotas definidas no Capítulo 4, pode ser visualizada no Quadro 7.6, sendo comentada de forma mais detalhada a seguir:

- **Eixo I:** a área da bacia hidráulica do reservatório abrange total ou parcialmente 266 imóveis rurais, os quais perfazem uma área total de 19.105 ha. Trinta e um imóveis não tiveram sua área informada por encontrarem-se desabitados por ocasião da pesquisa de campo. O elevado número de propriedades sem área informada deve-se ao fato da região estudada situar-se próximo da cidade de Alto Santo, estando boa parte dos proprietários residindo nesta localidade, só se deslocando para a área nos períodos de plantio e colheita. As propriedades com menos de 20 ha correspondem a 3,1% do número total de imóveis pesquisados, ocupando apenas 0,5% da área total. Em contrapartida as grandes propriedades (estratos 100-200 e > 200 ha), representam 26,5% do total de imóveis, ocupando 63,2,6% da área, caracterizando uma forte concentração da ocupação da terra. Constatou-se, ainda, a presença de um assentamento do INCRA (Assentamento Boa Esperança) numa área localizada nas margens do rio Figueiredo, contando com 32 famílias alojadas em lotes de 39 ha cada.
- **Eixo Extrema:** constatou-se a presença de 258 imóveis rurais na área da bacia hidráulica do reservatório, os quais perfazem uma área total de 25.697 ha, sendo que destes 27%, ou seja, 18 imóveis, não informaram sua área. Observa-se o predomínio da média propriedade na região, com os imóveis com área entre 20-50 e 50-100 ha, representando 60,4% do número total de imóveis, ocupando no entanto, 35% da área pesquisada, estando aí incluso a área do assentamento do INCRA. As grandes propriedades (100-200 e > 200 ha) correspondem a 29,1% dos imóveis pesquisados, ocupando 64,2% da área total.

**Quadro 7.6 - Estrutura Fundiária da Área da Bacia Hidráulica dos Eixos Estudados**

**EIXO I**

Estrato de Área (ha)	Nº de Imóveis	% Sobre o Total	Área Total (ha)	% Sobre a Área Total
< 20	7	9.6	89	3.1
20 - 50 <sup>(1)</sup>	73	100.0	2,910	100.0
50 - 100	55	75.3	4,045	139.0
100 - 200	40	54.8	5,570	191.4
> 200	20	27.4	6,491	223.1
Não Informada a Área	-1	-1.4	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>194</b>	<b>100.0</b>	<b>19,105</b>	<b>100.0</b>

**EIXO EXTREMA**

Estrato de Área (ha)	Nº de Imóveis	% Sobre o Total	Área Total (ha)	% Sobre a Área Total
< 20	9	11.7	110	3.6
20 - 50 <sup>(1)</sup>	77	100.0	3,082	100.0
50 - 100	79	102.6	5,908	191.7
100 - 200	48	62.3	6,706	217.6
> 200	27	35.1	9,781	317.4
Não Informada a Área	-14	-18.2	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>226</b>	<b>100.0</b>	<b>25,697</b>	<b>100.0</b>

**EIXO II**

Estrato de Área (ha)	Nº de Imóveis	% Sobre o Total	Área Total (ha)	% Sobre a Área Total
< 20	12	17.1	126	4.5
20 - 50 <sup>(1)</sup>	70	100.0	2,802	100.0
50 - 100	47	67.1	7,280	259.8
100 - 200	42	60.0	5,705	203.6
> 200	26	37.1	10,026	357.8
Não Informada a Área	39	55.7	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>236</b>	<b>100.0</b>	<b>25,939</b>	<b>100.0</b>

**EIXO CAJAZEIRAS**

Estrato de Área (ha)	Nº de Imóveis	% Sobre o Total	Área Total (ha)	% Sobre a Área Total
< 20	12	17.4	112	4.0
20 - 50 <sup>(1)</sup>	69	100.0	2,790	100.0
50 - 100	105	152.2	7,861	281.8
100 - 200	42	60.9	5,666	203.1
> 200	27	39.1	10,601	380.0
Não Informada a Área	-14	-20.3	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>241</b>	<b>100.0</b>	<b>27,030</b>	<b>100.0</b>

**EIXO JUREMA**

Estrato de Área (ha)	Nº de Imóveis	% Sobre o Total	Área Total (ha)	% Sobre a Área Total
< 20	6	8.2	44	2.3
20 - 50 <sup>(1)</sup>	46	63.0	1,875	100.0
50 - 100	96	131.5	7,273	387.9
100 - 200	28	38.4	3,851	205.4
> 200	21	28.8	8,467	451.6
Não Informada a Área	-17	-23.3	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>180</b>	<b>100.0</b>	<b>21,510</b>	<b>100.0</b>

**EIXO III**

Estrato de Área (ha)	Nº de Imóveis	% Sobre o Total	Área Total (ha)	% Sobre a Área Total
< 20	5	11.1	40	2.2
20 - 50 <sup>(1)</sup>	45	100.0	1,827	100.0
50 - 100	87	193.3	6,560	359.1
100 - 200	26	57.8	3,557	194.7
> 200	21	46.7	8,467	463.4
Não Informada a Área	-18	-40.0	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>100.0</b>	<b>20,451</b>	<b>100.0</b>

FONTE: COBA/VBA, Pesquisa de Campo, 2001.

(1) Inclui os 32 lotes do assentamento do INCRA, com tamanho médio de 39 ha cada.

- **Eixo II:** abrange 268 imóveis rurais que perfazem uma área total de 25.939 ha. A exemplo do que ocorre com as áreas dos Eixos I e Extrema, apresenta elevada concentração de terras, com as grandes propriedades, em número de 68, ocupando 60,6% da área total, embora representem apenas 25,4% do total de imóveis. Setenta e uma propriedades não informaram suas áreas e o assentamento do INCRA encontra-se incluso entre os imóveis com áreas entre 20 e 50 ha.
- **Eixo Cajazeiras:** abrange total ou parcialmente a área de 273 imóveis rurais, perfazendo uma área total de 23.030 ha. Apenas 18 propriedades não tiveram suas áreas informadas, e a área do assentamento do INCRA também é atingida nesta alternativa de barramento. Assim, as médias propriedades com áreas de 20-50 ha e 50-100 ha correspondem a 63,8% do número total de imóveis, ocupando 34,9% da área total. Por outro lado, as propriedades com área entre 100 e 200 ha e com mais de 200 ha, que representam 25,3% do número total de imóveis, ocupam 60,2% da área total.
- **Eixo Jurema:** serão atingidos total ou parcialmente 212 imóveis rurais, perfazendo uma área de 21.510 ha. Destes, apenas 15 imóveis não informaram suas áreas. A exemplo do que ocorre na região dos outros eixos, observa-se o predomínio da média propriedade, com os imóveis com área de 20-50 ha e de 50-100 ha que correspondem a 62,9% do total pesquisado, ocupando apenas 42,5% da área. Por sua vez, as propriedades com área entre 100-200 ha e > 200 ha, representando 21,7% do número total de imóveis, ocupam 57,3% da área pesquisada.
- **Eixo III:** engloba total ou parcialmente o território de 198 imóveis rurais, que juntos perfazem uma área total de 20.451 ha. Destes, 14 imóveis não informaram suas áreas e dos imóveis com área entre 20-50 ha, 32 estão associados ao assentamento do INCRA. A estrutura fundiária da área revela a significativa concentração da posse da terra com as grandes propriedades (100-200 ha e > 200 ha), que representam 23,7% do total de imóveis, ocupando 58,8% da área do total estudada.

### 7.1.8 - Aspectos Demográficos

Quanto aos aspectos demográficos, a região onde será implantado a Barragem de Figueiredo apresenta, em geral, densidade demográfica rarefeita, sendo relativamente comum a presença de habitações desocupadas. As maiores concentrações populacionais estão associados a três



pequenos povoados aí existentes (São José, Pilar e Lapa). Analisando a distribuição da população pelos povoados atingidos, observa-se que os núcleos urbanos de São José e Pilar apresentam praticamente o mesmo porte, contando com 74 e 99 habitantes, respectivamente. O povoado de Lapa apresenta contingente populacional um pouco mais expressivo, contando com 150 habitantes.

Por estarem localizados nas margens do rio Figueiredo, os povoados de São José e Pilar (Assentamento Boa Esperança), terão suas áreas submersas - o primeiro, para reservatórios criados nos Eixos I, Extrema, II e Cajazeira e, o segundo, qualquer que seja o eixo adotado - independente da cota de inundação. O povoado de Lapa, por sua vez, só terá sua área submersa em qualquer um dos eixos a partir da cota (105,0), ficando localizado na faixa de proteção do reservatório quando se opta pela adoção de cotas inferiores a esta. Ressalta-se que, dado o pequeno porte apresentado pelos referidos povoados, as populações aí residentes serão consideradas para fins de reassentamento como populações rurais, não sendo previsto a relocação destes núcleos urbanos.

Considerando a população a ser desalojada das áreas das bacias hidráulicas dos eixos estudados, constata-se que o contingente populacional se reduz à medida que o eixo barrável é deslocado para montante para a mesma cota do reservatório. Com relação às cotas de inundação de cada eixo, estas apresentam uma correlação direta com os níveis populacionais, ou seja, à medida que se eleva as cotas de inundação, aumenta o contingente populacional a ser relocado. Os contingentes populacionais a serem relocados segundo os eixos estudados, considerando variações nas cotas de inundação podem ser visualizados no Quadro 7.7.

**Quadro 7.7 - População a ser Desalojada**

Eixo	Cotas de Inundação			
	95	100	105	110
Eixo I	325	382	477	661
Extrema	325	382	477	661
Eixo II	292	349	444	628
Cajazeiras	273	330	425	609
Jurema	69	114	209	393
Eixo III	57	102	196	375

FONTE: COBA/VBA, Pesquisa de Campo, 2001.

Tendo em conta os valores apresentados no Quadro 7.7, pode-se afirmar, que mesmo que fossem selecionados o eixo e a cota de inundação, que resultem no maior contingente

populacional a ser desalojado (Eixo I na cota 110), o grande porte apresentado pela Barragem de Figueiredo torna este contingente populacional (661 pessoas) pouco expressivo.

### **7.1.9 - Infra-estruturas de Uso Público a serem Atingidas**

Com a formação dos reservatórios dos eixos propostos diversas infra-estruturas de uso público serão submersas, fazendo-se necessário suas relocações, estando estas representadas, principalmente por escolas, postos de saúde, cemitérios, rodovias e redes elétricas, entre outros.

O setor educacional da área englobada pela bacia hidráulica da Barragem de Figueiredo encontra-se composto por três grupos escolares ministrando o ensino de 1º grau a 96 alunos, estando dois destes localizados nos núcleos urbanos de São José e Pilar (Assentamento Boa Esperança) e o outro na região compreendida entre os Eixos II e Cajazeiras. Foi constatado, ainda, a presença de um grupo escolar na região compreendida entre os eixos Cajazeiras e Jurema, o qual encontra-se desativado.

O setor saúde da área da bacia hidráulica do açude Figueiredo encontra-se representado apenas pelo posto de saúde de São José, o qual conta com visitas periódicas de um médico e de uma enfermeira para atendimento da população.

A presença de necrópoles na área da bacia hidráulica do reservatório, qualquer que seja o eixo selecionado, apresenta-se pouco representativa, contando apenas com dois cemitérios localizados nos povoados de São José e Pilar, perfazendo ao todo 65 e 8 túmulos, respectivamente. Estas infra-estruturas deverão ser alvo de relocação, dado o elevado risco de poluição das águas represadas por microorganismos patogênicos.

O setor elétrico encontra-se representado, em todos os eixos estudados, por redes de distribuição de baixa tensão (trifásica e/ou monofásica). A rede monofásica a ser submersa nas áreas das bacias hidráulicas dos Eixos I e Extrema perfaz uma extensão de 4,21 km para as áreas das cotas (95), (100) e (105). Para os demais eixos serão submersos apenas 3,61 km de rede monofásica nas áreas das cotas 95, 100, 105 e 110). Quanto à extensão da rede trifásica a ser submersa esta apresenta variações de extensão associadas à localização dos eixos e às cotas de inundação adotadas, conforme pode ser visualizado no Quadro 7.8.

**Quadro 7.8 - Extensão da Rede Elétrica Trifásica a ser Submersa (Km)**

Eixo	Cotas de Inundação			
	95	100	105	110
Eixo I	27,85	30,66	34,91	-
Extrema	27,85	30,66	32,96	-
Eixo II	21,99	24,81	26,51	28,83
Cajazeiras	21,16	23,97	25,67	27,99
Jurema	9,14	11,95	13,65	15,97
Eixo III	7,92	10,36	11,78	14,34

FONTE: COBA/VBA, Pesquisa de Campo, 2001.

O setor rodoviário das bacias hidráulicas dos eixos estudados é constituído preferencialmente por estradas vicinais que permitem o acesso às propriedades rurais e aos núcleos urbanos aí existentes. Os eixos I, Extrema, II e Cajazeiras, no entanto, resultarão, também, na submersão de um trecho da CE-138, rodovia pavimentada que interliga Alto Santo ao município de Iracema. Assim sendo, faz-se necessário a implementação de um desvio da referida rodovia, cuja extensão será de cerca de 15,0 km para o Eixo I (cotas 95, 100 e 105), 14,1 km para o Eixo Extrema (cotas 95, 100 e 105), 8,9 km para o Eixo II (cotas 95, 100, 105 e 110) e de 5,2 km para o eixo Cajazeiras nas cotas 105 e 110. Os eixos Jurema e III não requerem a relocação do trecho da CE-138.

Encontra-se em fase de implantação na região da Barragem de Figueiredo, a rodovia CE-470, que interligaria Potiretama a CE-138. Com o advento da construção do referido reservatório, o projeto desta rodovia teve de ser submetido a alterações, tendo sido proposta a substituição do trecho de 10,97 km projetado nas áreas das bacias hidráulicas dos eixos I, Extrema, II e Cajazeiras pela construção de um desvio, cuja extensão será de: 19,98 km para o Eixo I (cotas 95, 100 e 105), 18,84 km para o Eixo Extrema (cotas 95, 100 e 105) e 17,78 km para os eixos Local II e Cajazeiras, estes dois últimos nas cotas 95, 100, 105 e 110. No Eixo Jurema faz-se necessário apenas a substituição de um trecho de 5,26 km da rodovia projetada (CE-470), por um desvio com extensão de 5,79 km. O Eixo III, por sua vez, não resultará em interferências sobre o projeto da referida rodovia.

Outras infra-estruturas de uso público que serão afetadas na área da bacia hidráulica da Barragem de Figueiredo são a igreja e a creche de São José, e uma igreja localizada na região entre os Eixos I e Extrema. Constata-se, ainda, em São José a existência de um sistema de abastecimento d'água centrado na captação d'água num poço profundo, sendo posteriormente desalinizada e armazenada num reservatório elevado, o qual atende ao grupo escolar aí existente e as habitações deste povoado.

### **7.1.10 - Atividades Econômicas a serem Paralisadas**

As atividades econômicas a serem paralisadas na área da bacia hidráulica da Barragem de Figueiredo encontram-se representadas, principalmente, pela agricultura de subsistência centrada nos cultivos de milho e feijão. Aparecem, ainda, com representatividade, pequenos cultivos de melancia, batata-doce, algodão e capineiras. A produção agrícola destina-se à subsistência do produtor rural e sua família na maioria das propriedades pesquisadas. A atividade pecuária é praticada de forma extensiva, estando centrada no rebanho bovino. A alimentação do rebanho é complementada com restos culturais e em algumas propriedades com forrageiras. O setor secundário encontra-se representado na área apenas por um pequeno fabrico artesanal de queijos, localizado na zona rural. Constatou-se, ainda, a presença de um engenho de cana-de açúcar e de uma cerâmica, ambos apresentando suas atividades paralisadas.

### **7.1.11 - Riscos de Poluição das Águas Represadas por Efluentes Domésticos e Industriais**

A presença de núcleos urbanos de médio e grande porte nas bacias de contribuição de reservatórios, posicionados a uma distância relativamente pequena de suas bacias hidráulicas pode vir a contribuir para a poluição das águas aí represadas pelo aporte de efluentes sanitários e industriais. Tal situação ocorre quando as cargas poluidoras aportantes não estão sendo autodepuradas, requerendo assim a rápida implantação de sistemas de esgotamento sanitário nos referidos núcleos urbanos.

A Barragem de Figueiredo encontra-se enquadrada nesta situação, contando com sete núcleos urbanos na sua retaguarda, os quais, dependendo das cotas de inundação adotadas, distam da bacia hidráulica do reservatório: Iracema (1,0 a 7,0 km), Potiretama (4,0 a 10,0 km), Pereiro (29,0 a 35,0 km) e Ererê (24,0 a 30,0 km), Ema (7,0 a 14,0 km), Canindezinho (5,0 a 8,0 km) e Crioulos (36,0 a 42,0 km). Estes núcleos urbanos contribuem com um aporte de efluentes sanitários de 22,55 l/s aos cursos de água da bacia de drenagem da Barragem de Figueiredo. Aparecem como maiores contribuintes, as cidades de Iracema (10,10 l/s) e Pereiro (5,80 l/s). Ererê, Potiretama, Ema, Crioulos e Canindezinho, por sua vez, apresentam vazões de efluentes sanitários de 2,40 l/s, 2,28 l/s, 1,21 l/s, 0,58 l/s e 0,18 l/s, respectivamente.

Quanto à poluição industrial, ressalta-se que na bacia de contribuição da Barragem de Figueiredo, a presença de indústrias com potencial poluidor dos recursos hídricos é pouco relevante, estando representada apenas por uma fábrica de redes em Pereiro. É provável,

ainda, que haja estabelecimentos do ramo de matadouros e frigoríficos em todos os municípios que integram a bacia de contribuição do referido reservatório, os quais por funcionarem geralmente de forma clandestina, não são registrados nas estatísticas publicadas pela FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará.

Embora a ocupação do reservatório da Barragem de Figueiredo seja baixa, seria interessante avaliar a sua capacidade de autodepuração face às vazões sanitárias aportantes, à sua bacia hidráulica, visando definir a necessidade, ou não, de implementação de sistemas de esgotamento sanitário nestes núcleos urbanos a curto/médio prazos.

### **7.1.12 – Riscos de poluição da Água Represada por Agrotóxicos**

As atividades agrícolas interagem de várias formas sobre os recursos naturais, tendo como principal impacto ambiental, a poluição dos solos e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos decorrentes do uso indiscriminado e intensivo de agrotóxicos, principalmente, nas áreas onde se desenvolve a agricultura irrigada.

Os pesticidas organoclorados, devido à sua maior persistência no solo e na água, a qual muitas vezes atinge dezenas de anos, e ao fato de serem lipossolúveis, tendo portanto efeitos cumulativos, são os que causam maiores problemas, sendo alguns potencialmente cancerígenos e teratogênicos. Já os fosforados orgânicos, embora pouco persistentes, são mais tóxicos, sendo responsáveis pela maioria dos óbitos por agrotóxicos. Assim sendo, os cuidados com a segurança não devem restringir-se apenas aos agricultores, mas estender-se à população em geral, consumidora dos produtos em que foram aplicados os pesticidas e que utiliza os recursos hídricos por estes contaminados.

A atividade hidroagrícola desenvolvida na bacia de contribuição da Barragem de Figueiredo encontra-se restrita ao Perímetro Irrigado Ema (42,0ha), que encontra-se posicionado a menos de 7,0 km a montante da bacia hidráulica do reservatório. Não foi constatado o desenvolvimento da irrigação pela iniciativa provada, o qual ocorre ao longo do rio Figueiredo apenas no trecho compreendido entre a cidade de Alto Santo e a confluência com o rio Jaguaribe, portanto fora da bacia de contribuição do reservatório.

A contaminação dos recursos hídricos superficiais por agrotóxicos no território da bacia do Figueiredo, resulta, geralmente, do carreamento destes produtos da área do perímetro irrigado pelas chuvas para os cursos e mananciais d'água. Há casos, ainda, em que a pulverização atinge alvos diferentes dos planejados e outros em que o descarte de restos de produtos e embalagens e a lavagem de equipamentos em riachos e córregos contaminam a água.

De acordo com os técnicos da SEAGRI - Secretaria da Agricultura Irrigada e da UFC - Universidade Federal do Ceará, o Estado do Ceará não conta com programas de monitoramento que permitam uma avaliação da contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos. Apesar disto, a poluição dos recursos hídricos pelo aporte de agrotóxicos pode ser referendada pela constatação de alterações nos parâmetros de condutividade elétrica, sólidos dissolvidos e teores de cloretos e ferro, logo após ultrapassar áreas hidroagrícolas, onde o consumo de fertilizantes apresenta-se mais intensivo. Assim sendo, dado a proximidade da área do perímetro irrigado da bacia hidráulica da Barragem de Figueiredo, prevê-se, no âmbito do detalhamento do projeto, a elaboração de um plano de monitoramento da qualidade das águas armazenadas. Devem também ser estabelecidas, pelas Entidades Competentes, medidas de controle do uso e manejo de agrotóxicos, bem como a implementação de um programa de educação ambiental junto aos agricultores da região.

## **8 – ÁREAS E INFRAESTRUTURAS INTERFERIDAS**

## **8 – ÁREAS E INFRAESTRUTURAS INTERFERIDAS**

### **8.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

À criação do reservatório de Figueiredo estarão associados impactos cuja natureza e dimensão diferem em função do eixo de implantação que venha a ser selecionado para a implantação da barragem.

Procede-se no presente capítulo à estimativa de custos das várias interferências, já caracterizada no Capítulo 7, que se dividiram nas seguintes componentes principais:

- relocação de estradas;
- inundação da rede elétrica na área do reservatório;
- desapropriação de terras;
- desapropriação das edificações
- reassentamento da população residente no interior da área do reservatório;

A seguir apresenta-se a metodologia utilizada na estimação destes custos.

### **8.2 – RELOCAÇÃO DE ESTRADAS**

São duas as estradas principais (pavimentadas) potencialmente afetadas pela construção do reservatório - CE-138 e CE-470.

A primeira rodovia (CE-138) seria inundada em parte do trecho que interliga as cidades de Alto Santo e Ema, nas seguintes configurações hipotéticas de cota do reservatório e eixo alternativo:

- Eixo Local I;
- Eixo Extrema;
- Eixo Local II com nível do reservatório acima da cota (100) – afetada pontualmente;
- Eixo Cajazeiras com nível do reservatório acima da cota (105) – afetada pontualmente.

Para todas estas configurações estimou-se o traçado e o comprimento do desvio necessário para contornar o reservatório, conforme se pode observar nas Figuras 8.1 a 8.6.



Fig. 8.1

Fig. 8.2

Fig. 8.3

Fig. 8.4

Fig. 8.5

Fig. 8.6

A segunda rodovia potencialmente inundável (CE-470) encontra-se em via de ser construída e tem a função de ligar a cidade de Potiretama à CE-138. O projeto da rodovia atravessa o Rio Figueiredo imediatamente a jusante do eixo Jurema. Desta forma, a necessidade de relocação do eixo da estrada seria nula para o Eixo III e para o Eixo Jurema. Já para os demais eixos, independentemente da cota de coroamento da barragem, existirá sempre a necessidade de uma significativa modificação do traçado da rodovia, tanto mais importante quanto mais a jusante estiver o eixo da barragem, de forma a que mesma contorne o reservatório. Os desvios necessários nesta rodovia, respectivos a cada opção de eixo e cota de barramento, estão apresentados nas Fig. 8.1 a 8.6.

A estimativa de custo destas interferências (Quadro 8.1) foi obtida a partir do produto do custo unitário de 136.000 R\$/km de estrada (custo médio estimado pelo DERT para construção da CE-470) pela totalidade do comprimento de estrada a ser construído. Este comprimento total é o resultado da soma do comprimento do desvio da CE-138, já construída, com a diferença entre o comprimento original do projeto da CE-470 e o novo comprimento do projeto modificado em função dos eixos de implantação alternativos para a barragem.

### **8.3 – REDE ELÉCTRICA**

Para se estimar os custos associados à relocação da rede elétrica, desenhou-se em planta, tendo por base as informações do pré-cadastro, a rede elétrica existente na área de inundação das alternativas de reservatório.

Utilizando ferramentas de geoprocessamento totalizou-se para cada opção de cota e de barramento o comprimento de rede trifásica e monofásica dentro das áreas de inundação.

Estabeleceu-se que os custos referentes a inundação da rede elétrica existente seriam iguais ao custo de construção de uma rede de igual comprimento e capacidade. Estes custos foram calculados a partir do produto do comprimento total de rede inundada pelos custos unitários estimados para implantação da rede elétrica trifásica de baixa tensão (13.000 R\$/Km) e da rede elétrica monofásica (9.100 R\$/km).

O Quadro 8.2 apresenta um sumário dos custos associados à rede elétrica inundada para cada opção de eixo e de cota de barragem.

**Quadro 8.1 – Estimativa dos custos de relocação de estradas**

Eixo	Cota	Comprimento do Desvio de Estrada Existente (CE-738) (km)	Custo de Desvio de Estrada Existente (CE-738) (km)	Comprimento de Estrada Projetada (CE-470) Substituída pelo Desvio (km)	Comprimento de desvio de Estrada Projetada (CE-470) (km)	Custo Incremental Pela Relocação de Estrada Projetada (R\$)	Custo Total de Relocação de Estrada
EIXO I	COTA 95	15.00581	2,040,790	10.971	19.987	1,226,211	<b>3,267,002</b>
	COTA 100	15.00581	2,040,790	10.971	19.987	1,226,211	<b>3,267,002</b>
	COTA 105	15.00581	2,040,790	10.971	19.987	1,226,211	<b>3,267,002</b>
	-	-	-	-	-	-	-
EIXO EXTREMA	COTA 95	14.103	1,918,008	10.971	18.844	1,070,728	<b>2,988,736</b>
	COTA 100	14.103	1,918,008	10.971	18.844	1,070,728	<b>2,988,736</b>
	COTA 105	14.103	1,918,008	10.971	18.844	1,070,728	<b>2,988,736</b>
	-	-	-	-	-	-	-
EIXO II	COTA 95	8.95285	1,217,588	10.971	17.779	925,858	<b>2,143,446</b>
	COTA 100	8.95285	1,217,588	10.971	17.779	925,858	<b>2,143,446</b>
	COTA 105	8.95285	1,217,588	10.971	17.779	925,858	<b>2,143,446</b>
	COTA 110	8.95285	1,217,588	10.971	17.779	925,858	<b>2,143,446</b>
EIXO CAJAZEIRAS	COTA 95	0	0	10.971	17.778	925,752	<b>925,752</b>
	COTA 100	0	0	10.971	17.778	925,752	<b>925,752</b>
	COTA 105	5.2334	711,742	10.971	17.778	925,752	<b>1,637,494</b>
	COTA 110	5.2334	711,742	10.971	17.778	925,752	<b>1,637,494</b>
EIXO JUREMA	COTA 95	0	0	5.265	5.792	71,604	<b>71,604</b>
	COTA 100	0	0	5.265	5.792	71,604	<b>71,604</b>
	COTA 105	0	0	5.265	5.792	71,604	<b>71,604</b>
	COTA 110	0	0	5.265	5.792	71,604	<b>71,604</b>
EIXO III	COTA 95	0	0	0.000	0.000		<b>0</b>
	COTA 100	0	0	0.000	0.000		<b>0</b>
	COTA 105	0	0	0.000	0.000		<b>0</b>
	COTA 110	0	0	0.000	0.000		<b>0</b>



**Quadro 8.2 – Estimativa dos custos associados à rede elétrica**

Eixo	Cota	Comprimento de Rede Trifásica Inundada (km)	Comprimento de Rede Monofásica Inundada (km)	Custo de Indenização por Rede Inundada (R\$)
EIXO I	COTA 95	27.849	4.211	400 357
	COTA 100	30.661	4.211	436 913
	COTA 105	34.908	4.211	492 124
	-	-	-	-
EIXO EXTREMA	COTA 95	27.849	4.211	400 357
	COTA 100	30.661	4.211	436 913
	COTA 105	32.958	4.211	466 774
	-	-	-	-
EIXO II	COTA 95	21.999	3.611	318 847
	COTA 100	24.811	3.611	355 403
	COTA 105	26.508	3.611	377 464
	COTA 110	28.829	3.611	407 637
EIXO CAJAZEIRAS	COTA 95	21.161	3.611	307 953
	COTA 100	23.973	3.611	344 509
	COTA 105	25.670	3.611	366 570
	COTA 110	27.991	3.611	396 743
EIXO JUREMA	COTA 95	9.144	3.611	151 732
	COTA 100	11.950	3.611	188 210
	COTA 105	13.647	3.611	210 271
	COTA 110	15.968	3.611	240 444
EIXO III	COTA 95	7.918	3.611	135 794
	COTA 100	10.355	3.611	167 475
	COTA 105	11.775	3.611	185 935
	COTA 110	14.335	3.611	219 215

#### 8.4 – DESAPROPRIAÇÃO DE TERRAS INUNDADAS

Para análise e estimativa de custos inerentes à desapropriação das terras inundadas, procedeu-se à classificação das áreas totais inundadas, para cada eixo alternativo e para cotas variáveis, em função do tipo de solo, já que a estes, de acordo com a planilha de desapropriação da SRH, aplicam-se diferentes valores unitário de desapropriação, quais sejam:

- Solos Aluviais: 600,00 R\$/ha
- Solos Aluviais com Limitação: 100,00 R\$/ha
- Solos de Chapada Sedimentar: 400,00 R\$/ha
- Solos de Encosta: 80,00 R\$/ha

As informações disponíveis quanto ao tipo de solo foram obtidas a partir do mapa pedológico da região. Desta forma tornou-se necessária a criação de uma correspondência entre a classificação dos solos apresentados na carta e a classificação da SRH para fins de desapropriação. O Quadro 8.3 apresenta esta correlação.

**Quadro 8.3 – Classificação dos Tipos de Solo Encontrados no Interior da Bacia Hidráulica da Barragem Figueiredo**

Tipo de Solo	Classificação do Solo de acordo com a Planilha de desapropriação da SRH	Custo de Desapropriação (R\$/ha)
Ae1	Solos Aluviais	600
PE	Solos de Chapada Sedimentar	400
PVd	Solos de Chapada Sedimentar	400
NC	Solos de Encosta	80
Re1	Solos de Encosta	80
Re2	Solos de Encosta	80
Re3	Solos de Encosta	80
Re4	Solos de Encosta	80

Utilizando ferramentas de geoprocessamento procedeu-se uma classificação dos solos inundados quanto ao tipo nos diversos eixos e cotas de armazenamento alternativas. Em seguida, estimou-se o custo das terras inundadas a partir da ponderação dos custos unitários pelos totais de cada tipo de solo.

A Fig. 8.7 apresenta o mapa de solos da região, a localização dos eixos estudados e a contabilização das áreas inundadas em função do tipo de solo, eixo alternativo e cota de armazenamento.

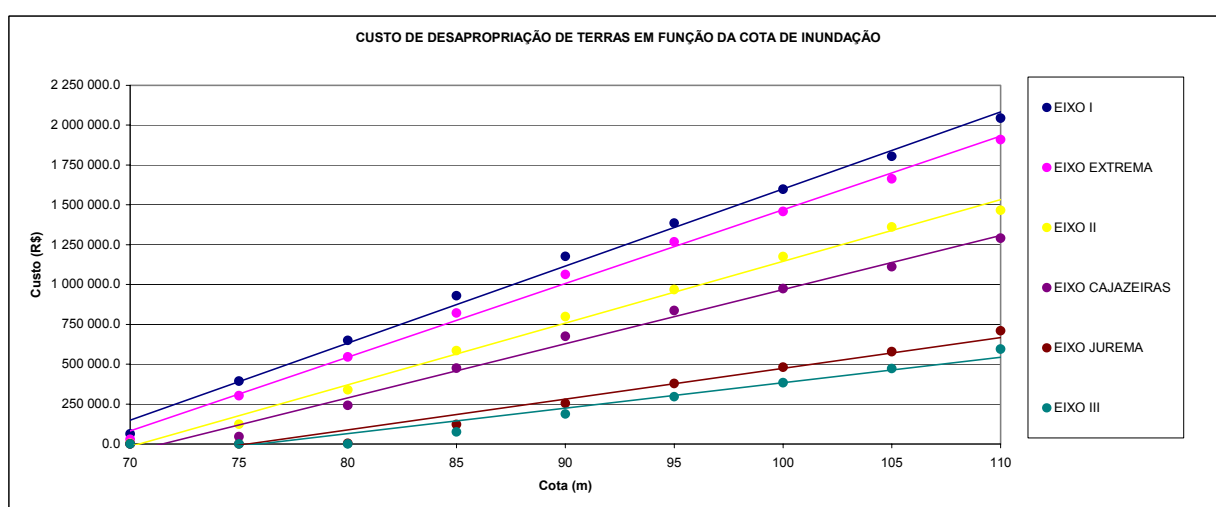
O Quadro 8.4 e a Fig. 8.8 apresentam a contabilização dos custos de desapropriação de terras em função do eixo barrável e da cota de inundação.

Observa-se pelos resultados apresentados que as terras inundadas são em sua maioria de baixo valor, com exceção da faixa de aluvião ao longo do rio que se estende até 6 km a montante do Eixo III. Como era de se esperar, os custos diminuem para os eixos mais a montante, onde a área inundada de um modo geral é menor e é menor também a parcela desta formada por aluvião.

Fig. 8.7

**Quadro 8.4 – Custo de Desapropriação de Terras**

BARRAMENTO \ COTA	CUSTOS (R\$)								
	70	75	80	85	90	95	100	105	110
<b>EIXO I</b>	63 130.9	393 494.8	649 289.1	930 471.4	1 176 896.8	1 386 127.3	1 598 124.2	1 803 804.0	2 044 018.5
<b>EIXO EXTREMA</b>	28 249.3	302 930.4	546 009.9	820 889.9	1 063 374.3	1 268 353.5	1 458 770.4	1 663 261.8	1 908 905.6
<b>EIXO II</b>	4 033.1	123 414.9	339 178.9	585 563.5	798 786.1	968 196.6	1 175 388.5	1 360 519.1	1 466 408.5
<b>EIXO CAJAZEIRAS</b>	0.0	45 164.8	242 349.6	475 949.3	675 891.0	837 198.2	974 002.8	1 111 753.7	1 290 634.3
<b>EIXO JUREMA</b>	0.0	0.0	3 144.7	122 447.8	254 193.3	378 606.5	481 991.5	578 565.3	710 106.0
<b>EIXO III</b>	0.0	0.0	461.7	75 648.6	188 296.5	296 121.5	384 321.4	472 512.6	595 710.4



**Fig. 8.8 – Custo de Desapropriação de Terras**

## 8.5 – DESAPROPRIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A fim de quantificar e classificar qualitativamente as edificações existentes e as populações residentes no interior do reservatório, procedeu-se a um pré-cadastro da área potencialmente inundada.

Este pré-cadastro procurou identificar a quantidade, tipo e estado de conservação das edificações, além da quantidade de pessoas residente em cada uma delas. O Quadro 8.5 apresenta uma síntese das informações coletadas no pré-cadastro e a Fig. 8.9 apresenta a distribuição espacial das edificações existentes no interior das bacias hidráulicas do açude.

Para cada combinação entre o eixo da barragem e cota de inundação, estimou-se o custo de desapropriação das edificações através da soma do produto entre a área de cada edificação inundada pelo custo unitário da mesma.

Quadro 8.5 - Pré-Cadastro da Barragem Figueiredo (Eixo LOCAL I A EIXO EXTREMA)

Eixo Barrável	Resid. No	Coordenadas		Tipo			Estado de Conservação			Situação		Situação			No Pessoas	Area M2	Número da Prop.	Ombreira	Cota
		E	N	Alven	Taipa	Mista	Bom	Reg	Ins	Ocupada	Fechada	Prop.	Morador	Outros					
<b>Eixo Local I</b>	1	581862	9,384,694	1			1			1		1			2	180	3	D	90
	2	581681	9,384,862	1				1		1			1		4	180	3	D	75
	3	581639	9,385,018	1					1		1				100	2	D	74	
	4	581344	9,384,638	1			1			1		1			3	65	3	D	89.5
	5	581804	9,384,500	1				1		1		1			2	300	4	D	82.5
	6	581794	9,384,408	1			1			1		1			4	80	4	D	74
	7	581652	9,384,004	1				1			1					100	5	D	73.5
	8	581605	9,383,862	1					1		1					250	6	D	82
	9	581494	9,383,520	1					1		1					80	6	D	81
	10	581636	9,383,336	1				1		1		1			4	100	7	D	74
	11	581262	9,383,090	1					1		1					200	8	D	77.1
	12	580374	9,384,544	1				1			1					180	1	E	71
	13	580337	9,384,456	1				1			1					400	1	E	74
	14	580561	9,384,320	1				1			1					126	1	E	81
	15	580709	9,383,802	1				1		1			1		5	120	1	E	70
	16	580625	9,383,172	1					1		1					90	1	E	73.5
	17	580458	9,382,948	1				1		1		1			1	50	1	E	75
	18	580186	9,382,946	1			1			1			1		5	80	1	E	87.5
<b>Eixo extrema</b>	19	581480	9,383,052	1					1		1					120	8	D	78.1
	20	581512	9,382,278	1			1			1		1			5	90	11	D	74.2
	21	581649	9,382,260	1				1			1					300	12	D	85
	22	581659	9,382,362	1				1			1					180	11	D	74.5
	23	581955	9,382,502	1				1			1					192	9	D	71.5
	24	581700	9,382,142	1				1			1					64	12	D	75
	25	581708	9,381,860	1				1			1					60	13	D	83
	26	581614	9,381,708	1				1		1		1			3	180	13	D	79
	27	581736	9,381,454	1				1		1		1			5	150	14	D	83
	28	582007	9,381,415	1			1			1		1			7	128	14	D	81
	29	581976	9,381,292	1				1			1					112	14	D	79
	30	582001	9,381,048	1			1				1					150	15	D	98
	31	581810	9,380,704	1			1			1			1		3	169	16	D	74.5
	32	581788	9,380,722	1			1				1					24	16	D	74.8
	33	581858	9,380,652	1				1			1					60	16	D	86
	34	581881	9,380,292	1				1			1					40	16	D	85
	35	581844	9,380,146	1					1		1					300	17	D	85
	36	580644	9,380,798	1				1		1			1		4	250	12	E	74.8
	37	580269	9,380,848	1				1			1					60	12	E	75.5
	38	580268	9,380,848	1				1			1					50	12	E	75.5
	39	581900	9,380,192	1					1		1					50	12	E	75
	40	581800	9,380,220	1					1		1					42	13	E	78
	41	580634	9,380,894	1				1			ESTABULO					30	12	E	73
	42	580760	9,381,508	1					1		1					80	11	E	93
	43	580699	9,381,608	1					1		1					84	11	E	80.2
	44	580747	9,381,714	1				1			1					150	11	E	80.3
	45	580603	9,382,630	1					1		1					48	8	E	79
	46	580663	9,386,690	1					1		1					92	8	E	71
	47	580683	9,386,720	1					1		1					30	6	E	74
	48	580085	9,382,404	1					1		1					96	9	E	75.2
	49	580085	9,382,404	1					1		1		IGREJA			120	9	E	75.2
	50	580134	9,382,187	1					1		1					48	9	E	75.2
	51	580182	9,381,970	1					1		1		GALPAO			80	9	E	75.2
	52	580231	9,381,753	1					1		1					100	9	E	75.2
	53	580280	9,381,536	1					1		1					80	9	E	75.2
	54	580328	9,381,319	1					1		1					80	9	E	75
	55	580075	9,382,182	1					1		1					70	9	E	75.2
	55-A	578601	9,381,926	1				1		1			1		1	80	9	E	77
	55-B	578882	9,382,094	1				1			1		1		5	150	9	E	76.5
	55-C	578624	9,381,538	1				1			1					40	9	E	85
	55-D	578624	9,381,538	1					1		1					40	9	E	93
	55-E	578764	9,382,160	1					1		1					30	9	E	85
	55-F	578595	9,381,762	1				1			1					150	10	E	78
	55-G	578440	9,381,700	1				1			1					24	9	E	98
	55-H	578860	9,382,066	1							ESTABULO DE CARNEIROS					250	9	E	72
<b>Eixo Local II</b>	55-I	579050	9382500	1							ESTABULO					100	9	E	79
	56	581735	9,379,564	1				1			1					63	18	D	74.5
	57	581750	9,379,206	1				1			1					144	18	D	81.6
	58	580704	9,379,752	1				1			1					100	14	E	73.5
	59	580691	9,379,778	1				1			1		DEPOSITO			18	14	E	79
	60	580744	9,379,984	1					1		1					80	13	E	81.5
<b>Eixo Cajazeiras Alternativo</b>	61	580668	9,380,226	1					1		1		ESCOLA			60	13	E	74.8
	62	582000	9,378,830	1				1		1		1			6	48	19	D	77.6
	63	581956	9,378,812	1					1	1		1			5	225	20	D	80.1
	64	582346	9,379,474	1					1		1					24	20	D	97.2
	65	582342	9,379,474	1					1		1					100	20	D	97.2
	66	581973	9,378,172	1					1		1					40	20	D	103.6
	67	581973	9,378,172	1					1		1					100	20	D	103.8
	68	580817	9,378,904	1				1		1			1		4	180	17	E	78
	69	580910	9,378,876	1				1		1			1		4	96	17	E	75
	70	580993	9,379,306	1					1		1					36	17	E	77
<b>Eixo Cajazeiras</b>	71	580770	9,379,540	1					1		1					108	16	E	80
	72	580438	9,378,012	1				1		1		1			7	150	18	E	83.5
	73	580438	9,378,012	1				1		1		1	ESTABULO			60	18	E	82.5
	74	580438	9,378,012	1				1		1		1			1	48	18	E	82.5
	75	580343	9,377,648	1				1			1					130	18	E	86.5
	76	580383	9,377,648	1				1			1		GARAGEM			28	18	E	85.8
	77	580618	9,377,668	1	1				1	1	1		1		3	48	18	E	80.5
	78	580796	9,377,678	1				1			1					42	18	E	79
	79	580922	9,377,668	1					1		1					80	18	E	78
	80	581019	9,377,694	1					1		1		1		2	320	18	E	77
	81	581231	9,377,426	1					1		1					16	18	E	80.5
	82	581130	9,377,280	1					1		1					400	18	E	85
	83	581230	9,377,162	1				1		1		1			3	100	19	E	77
	84	581480	9,377,158	1					1		1					160	19	E	77.2
	85	581487	9,377,058	1				1			1					100	19	E	78
	86	581487	9,377,058	1				1			1					60	20	E	79.5
	87	581484	9,377,038	1					1		1					60	20	E	79.5
	88	581892	9,376,948	1				1		1		1							

Quadro 8.5 - Pré-Cadastro da Barragem Figueiredo (Eixo LOCAL I A EIXO EXTREMA)

Eixo Barrável	Resid. No	Coordenadas		Tipo			Estado de Conservação			Situação		Situação			No Pessoas	Area M2	Número da Prop.	Om breir a	Cota
		E	N	Alven	Taipa	Mista	Bom	Reg	Ins	Ocupada	Fechada	Prop.	Morador	Outros					
89-A	579100	9,377,120			1				1						20	18	E	97	
90	581915	9,376,866	1						1		1		1		32	21	E	82.5	
90-A	578950	9,376,840		1					1				1		20	21	E	83.5	
91	581996	9,376,856	1						1				1		60	21	E	81.8	
92	581984	9,376,848	1						1				1		60	21	E	82.2	
93	581977	9,376,820	1						1				1		48	22	E	81.5	
94	581105	9,376,616	1						1				1	1	105	22	E	82.8	
95	582105	9,376,616	1						1						12	22	E	84.5	
96	582151	9,376,590	1						1				1		5	100	28	E	80
97	582158	9376582	1						1				1		3	64	28	E	80
98	582165	9376574	1						1				1		4	64	28	E	80
99	582171	9376565	1						1				1		11	150	28	E	80.5
100	582178	9376557			1				1				1		64	28	E	80.5	
101	582185	9376549		1					1				1		6	36	28	E	81
102	582192	9376541	1						1				1		6	60	28	E	80.5
103	582198	9376532	1						1				1		3	35	28	E	80.5
104	582205	9,376,524	1						1				1		60	28	E	81	
105	582203	9,376,504	1						1				1		3	42	28	E	81.2
106	582203	9376491	1						1				1		2	48	28	E	81.5
107	582202	9376479	1						1				1		3	48	28	E	81.5
108	582202	9,376,466	1						1				1		6	48	28	E	82
109	582199	9,376,462	1						1				1		64	28	E	82.2	
110	582199	9,376,456	1						1				1		1	28	28	E	82.4
111	582201	9,376,446	1						1				1		2	80	28	E	82.6
112	582200	9,376,438	1						1				1		4	192	28	E	82.8
113	582202	9,376,420	1						1				1		5	180	28	E	82
114	582196	9,376,414	1						1						80	28	E	83	
115	582195	9,376,408	1						1				1		32	28	E	83	
116	582197	9,376,404	1						1				1		6	96	28	E	83
117	582199	9,376,382	1						1						56	28	E	83	
118	582210	9,376,366	1						1				1		4	40	28	E	83
119	582168	9,376,368	1						1				1		8	112	28	E	83.2
120	582163	9,376,364	1						1				1		4	192	28	E	81.5
121	582164	9,376,334	1						1				1		48	28	E	78.5	
122	582306	9,376,258	1												300	28	E	75	
123	582213	9,376,352	1						1				1		112	28	E	79.5	
124	582212	9,376,366	1						1				1		8	170	28	E	81.5
125	582216	9,376,382	1						1				1		3	73	28	E	82
126	582215	9,376,392	1						1				1		2	120	28	E	82.2
127	582212	9,376,378	1						1						140	28	E	82.3	
128	582216	9,376,400	1												12	28	E	82.1	
129	582220	9,376,414	1						1				1		48	28	E	81.6	
130	582225	9,376,450	1						1				1		3	40	28	E	80.5
131	582225	9,376,460	1						1				1		5	48	28	E	79.8
132	582241	9,376,470	1						1				1		1	50	28	E	79.9
133	582224	9,376,470	1						1				1		5	112	28	E	79.8
134	582229	9,376,488		1					1				1		456	28	E	79.5	
135	582226	9,376,436	1												120	28	E	82.2	
136	582047	9,376,444	1						1				1		60	28	E	99	
137	582837	9,375,866	1												30	E	76.5		
138	582222	9,376,098	1						1				1		6	90	30	E	81.6
139	582222	9,376,098	1												120	30	E	81.2	
140	582500	9,375,800	1						1				1		102	31	E	82.2	
141	582330	9,375,346	1						1				1		64	32	E	89.1	
142	582124	9,375,126	1						1				1		4	64	33	E	91
143	582231	9,374,890		1					1				1		64	34	E	87.6	
144	582231	9,374,890	1						1				1		4	128	34	E	82
145	582036	9,374,348	1						1				1		300	35	E	82.5	
146	581943	9,374,314	1						1				1		2	300	36	E	82.5
147	581521	9,373,952	1						1				1		1	100	37	E	91.5
148	581100	9,373,238	1										1		96	38	E	84.5	
149	581209	9,372,962	1						1				1		49	38	E	87.5	
150	581316	9,373,012	1						1				1		7	120	38	E	88
151	581352	9,372,990	1						1				1		40	38	E	86.5	
152	581395	9,373,004	1						1				1		64	38	E	88.5	
153	581496	9,373,020	1												300	38	E	86.3	
154	581547	9,373,040	1						1				1		60	38	E	84	
155	581502	9,373,166	1						1				1		5	250	38	E	86.5
156	581502	9,373,166	1						1				1		200	38	E	86.4	
157	581502	9,373,166	1												100	38	E	86	
158	581502	9,373,166	1												24	38	E	84	
159	581130	9,372,736		1					1				1		40	39	E	86	
160	582025	9,377,478	1						1				1		96	21	D	84	
161	582251	9,377,352	1						1				1		3	120	21	D	87.1
162	582257	9,377,328	1						1						60	21	D	86.2	
163	582324	9,377,370	1						1				1		5	114	21	D	82.5
164	582324	9,377,218	1						1				1		96	22	D	79.5	
165	582325	9,377,190		1											15	22	D	78.9	
166	582497	9,377,114		1					1				1		49	22	D	79.5	
167	583361	9,376,396	1						1				1		3	300	24	D	91.5
168	583361	9,376,396	1												100	24	D	91.5	
169	584456	9,376,514	1						1				1		4	180	24	D	92.5
170	584853	9,377,410		1					1				1		55	21	D	96.5	
171	584920	9,376,948	1						1				1		120	23	D	99.5	
172	584920	9,376,948	1												16	23	D	97.9	
173	585060	9,377,184	1						1				1		20	23	D	96.5	
174	587700	9,375,898	1						1				1		6	275	25	D	88
175	587700	9,375,898	1						1						40	25	D	88	
176	583708	9,375,660	1						1				1		96	25	D	94	
177	584060	9,375,988	1						1				1		91	25	D	96.5	
178	584327	9,376,242	1						1				1		120	24	D	93	
179	584343	9,376,372	1						1				1		104	24	D	86	
180	583722	9,375,174	1						1				1		49	26	D	83.2	
181	583677	9,374,274	1						1				1		4	750	27	D	95.5
182	583756	9,374,292	1						1				1		72	27	D	93.5	
183	583611	9,374,336	1						1				1		5	90	27	D	98.5
184	583611	9,374,336	1												32	27	D	98.5	
185	583597	9,374,304	1												120	27	D	95.5	
186	583754	9,373,850	1						1				1						

Quadro 8.5 - Pré-Cadastro da Barragem Figueiredo (Eixo LOCAL I A EIXO EXTREMA)

Eixo Barrável	Resid. No	Coordenadas		Tipo			Estado de Conservação			Situação		Situação			No Pessoas	Area M2	Número da Prop.	Ombreira	Cota
		E	N	Alven	Taipa	Mista	Bom	Reg	Ins	Ocupada	Fechada	Prop.	Morador	Outros					
	190	583163	9,373,666	1											64	28	D	92.5	
	191	583163	9,373,666	1					1					3	180	28	D	92.5	
	192	583042	9,373,796	1											32	28	D	81.2	
	193	583129	9,374,128	1						1					48	28	D	86.7	
	194	583617	9,373,896	1											16	28	D	82.6	
	195	582616	9,374,040	1						1				8	96	28	D	85.2	
Eixo Jurema	196	582073	9,373,316	1					1						96	29	D	91.5	
	197	579170	9,373,822	1					1						63	37	E	105	
	198	579125	9,373,672	1						1					150	37	E	103.3	
	199	578446	9,373,180	1					1					1	66	39	E	103.6	
	200	578362	9,373,198	1					1					5	96	39	E	108.5	
	201	581023	9,372,580	1					1					6	80	40	E	84	
	202	581065	9,372,142	1						1					64	41	E	85.5	
	203	580993	9,371,920	1					1						96	41	E	85.5	
	204	580993	9,371,920	1						1					48	41	E	85.5	
	205	579597	9,371,830	1					1						80	41	E	93.5	
	206	581565	9,372,248	1					1					4	144	30	D	88.2	
	207	581581	9,372,294	1					1					2	72	30	D	86.1	
	208	581670	9,372,206	1					1						100	30	D	89	
	209	581770	9,370,550	1											4	30	D	101.5	
Eixo Local III	210	579479	9,371,072	1					1					3	625	41	E	97.5	
	211	579479	9,371,072	1												41	E	96.5	
	212	579473	9,371,144	1												41	E	98	
	213	579814	9,371,124	1						1					80	41	E	94	
	214	579770	9,371,052	1											300	41	E	90.5	
	215	579770	9,371,052	1					1					2	300	41	E	90.1	
	216	581013	9,370,876	1						1					225	41	E	88.5	
	217	579200	9,370,652	1					1						36	41	E	98.5	
	218	580775	9,370,186	1					1						80	42	E	90.7	
	219	580748	9,370,142	1					1						120	42	E	91	
	220	580991	9,369,896	1					1						120	42	E	93	
	221	581041	9,369,662	1					1					3	80	43	E	94	
	222	581449	9,369,622	1											40	43	E	88.5	
	223	581476	9,369,570	1					1					7	72	44	E	89	
	224	581457	9,369,480	1					1					5	96	44	E	97.1	
	225	581469	9,369,450	1					1					3	70	44	E	97.5	
	226	581456	9,369,380	1					1					8	70	44	E	94.5	
	227	581446	9,369,342	1											12	44	E	94	
	228	581446	9,369,342	1					1					4	70	44	E	94.8	
	229	581441	9,369,322	1					1					4	70	44	E	96.1	
	230	581444	9,369,268	1					1					2	70	44	E	98.1	
	231	581488	9,369,240	1					1					3	120	44	E	98.3	
	232	581497	9369241	1											77	44	E	98.2	
	233	581506	9369242	1					1						180	44	E	98	
	234	581515	9369243	1					1						96	44	E	97.5	
	235	581524	9369244	1					1						72	44	E	97	
	236	581532	9369245	1					1						72	44	E	96.5	
	237	581541	9369246	1					1						72	44	E	96.4	
	238	581550	9369247	1					1						72	44	E	96.3	
	239	581559	9,369,248	1					1					5	120	44	E	96.2	
	240	581607	9,369,222	1					1						64	44	E	93.7	
	241	581599	9,369,196	1											800	44	E	93	
	242	581536	9,369,228	1					1					5	80	44	E	95.7	
	243	581445	9,369,234	1					1						77	44	E	96.5	
	244	581390	9,369,320	1					1					4	77	44	E	93	
	245	581365	9,369,232	1					1					3	84	44	E	92	
	246	581299	9,369,230	1					1					6	54	44	E	92.5	
	247	581250	9,369,150	1					1					7	98	44	E	99.5	
	248	581200	9,368,852	1					1						96	44	E	96.5	
	249	581583	9,368,838	1					1					5	900	44	E	91	
	250	581583	9,368,838	1					1						75	44	E	87	
	251	581597	9,368,824	1					1						240	44	E	86	
	252	581583	9,368,838	1											36	44	E	92	
	253	581590	9,368,756	1											60	44	E	93	
	254	581590	9,368,756	1											80	44	E	91.5	
	255	581581	9,368,722	1					1						70	44	E	89	
	256	581397	9,368,628	1					1					7	88	44	E	103.5	
	257	581408	9,368,562	1					1					4	130	44	E	100.5	
	258	581644	9,368,592	1						1					81	44	E	97.5	
	259	581631	9,368,558	1					1					6	130	44	E	100.3	
	260	581630	9,368,528	1					1					3	63	44	E	101.8	
	261	581629	9,368,482	1					1					2	70	44	E	103	
	262	581624	9,368,466	1					1					6	63	44	E	101.8	
	263	581351	9,368,188	1						1					176	45	E	92.8	
	264	581314	9,368,150	1					1						80	45	E	96	
	265	581153	9,368,186	1					1						80	46	E	96.5	
	266	581191	9,368,028	1					1					5	360	46	E	100.2	
	267	581199	9,367,976	1					1						72	46	E	97	
	268	581620	9,368,050	1						1					70	45	E	98.2	
	269	581251	9,368,220	1						1					48	45	E	96	
	270	581232	9,367,534	1					1						200	47	E	95.5	
	271	581213	9,367,502	1					1					4	120	47	E	95.2	
	272	581250	9,367,580	1						1					64	47	E	100	
	273	580926	9,367,280	1						1					80	47	E	104	
	274	581079	9,366,946	1					1						400	48	E	96	
	275	581086	9,366,676	1					1					5	200	49	E	106	
	276																		

Quadro 8.5 - Pré-Cadastro da Barragem Figueiredo (Eixo LOCAL I A EIXO EXTREMA)

Eixo Barrável	Resid. No	Coordenadas		Tipo			Estado de Conservação			Situação		Situação			No Pessoas	Area M2	Número da Prop.	Om breira	Cota
		E	N	Alven	Taipa	Mista	Bom	Reg	Ins	Ocupada	Fechada	Prop.	Morador	Outros					
	265	581153	9,368,186	1			1				1				80	46	E	96.5	
	266	581191	9,368,028	1			1			1				5	360	46	E	100.2	
	267	581199	9,367,976	1				1			1				72	46	E	97	
	268	581620	9,368,050	1					1		1				70	45	E	98.2	
	269	581251	9,368,220	1					1		1				48	45	E	96	
	270	581232	9,367,534	1				1			1				200	47	E	95.5	
	271	581213	9,367,502	1				1		1			1	4	120	47	E	95.2	
	272	581250	9,367,580	1					1		1				64	47	E	100	
	273	580926	9,367,280	1					1		1				80	47	E	104	
	274	581079	9,366,946	1			1			1					400	48	E	96	
	275	581086	9,366,676	1				1		1		1		5	200	49	E	106	
	276	581127	9,366,568	1				1			1				64	49	E	106	
	277	582129	9,366,128	1				1		1		1		4	400	50	E	102.8	
	278	582200	9,365,170	1					1		1				100	50	E	98.5	
	279	582300	9,365,220	1					1		1				100	50	E	105	
	280	581692	9,365,066	1					1		1				96	51	E	112.2	
	281	581866	9,365,122	1					1		1				64	51	E	110	
	282	581760	9,365,080	1					1		1				100	51	E	111.3	
	283	581760	9,365,080	1					1		1				48	51	E	110	
	284	581690	9,364,730	1					1		1				48	51	E	104.7	
	285	583390	9,364,572	1					1		1				80	33	D	113.2	
	286	583591	9,363,354	1					1		1				225	33	D	118.5	
	287	583430	9,365,498	1					1		1				48	34	D	101.5	
	288	583435	9,363,012	1			1			1		1		3	400	34	D	106.5	
	289	583917	9,365,202	1				1		1		1		6	150	35	D	104.5	
	290	583932	9,365,160	1				1			1				400	35	D	107	
	291	583552	9,366,640	1				1			1				64	35	D	100.2	
	292	583742	9,366,782	1				1		1		1		7	100	33	D	107.5	
	293	583742	9,366,782	1				1			1				60	34	D	107.5	
	294	582943	9,367,668	1				1			1				80	34	D	97.7	
	295	582918	9,367,730	1					1		1				64	32	D	95.6	
	296	582876	9,367,658	1				1			1				120	32	D	90	
	297	582838	9,367,676	1				1			1				80	32	D	95	
	298	582607	9,368,224	1				1			1				100	32	D	98	
	299	582456	9,368,450	1				1			1				96	31	D	94.5	
	300	583353	9,368,322	1				1		1		1		7	60	31	D	90.5	
	301	582320	9,368,568	1					1		1				80	31	D	98.5	
	302	582269	9,368,576	1					1		1				64	31	D	99.3	
	303	582268	9,368,592	1				1		1		1		8	135	31	D	101.5	
	304	582236	9,368,656	1				1		1		1		3	72	31	D	102.5	
	305	582236	9,368,660	1				1		1		1		4	72	31	D	102.3	
	306	582226	9,368,686	1				1		1		1		6	72	31	D	102	
	307	582220	9,368,686	1				1		1		1		3	77	31	D	102	
	308	582196	9,368,708	1				1		1		1		5	77	31	D	101.2	
	309	582183	9,368,744	1				1		1		1		7	77	31	D	100.1	
	310	581728	9,370,902	1					1		1				96	30	D	95.5	
	311	581739	9,370,186	1				1		1		1		8	240	30	D	94.9	
	312	582017	9,369,936	1				1			1				80	30	D	91.5	
	313	579212	9,365,086	1				1		1		1		5	50	55	E	110.3	
	314	579224	9,365,090	1				1		1		1		3	96	55	E	110.3	
	315	579241	9,365,132	1				1		1		1		4	96	55	E	108	
	316	578886	9,365,212			1		1			1				80	53	E	109	
	317	579000	9,365,286	1				1		1		1		2	192	53	E	109.5	
	318	583498	9362230	1				1			1			5	92	56	D	106	
	319	583664	9362311	1				1			1			5	64	56	D	108	
	320	583476	9362783	1				1			1			4	92	56	D	106	
	321	583234	9362588	1				1			1			4	158	56	D	108	
	322	583303	9362635	1				1			1			5	79	56	D	107	
	323	583297	9362599	1				1			1			5	85	56	D	109	
	324	583332	9362619	1				1			1			5	59	56	D	109	
	325	583370	9362624	1				1			1			5	104	56	D	107	
	326	583424	9362610	1				1			1			5	84	56	D	107	
	327	583345	9362679	1				1			1			5	70	56	D	105	
	328	583327	9362655	1				1			1			5	65	56	D	107	
	329	583562	9362601	1				1			1			5	103	56	D	110	
	330	583492	9362602	1				1			1			4	52	56	D	109	
	331	583535	9362599	1				1			1			5	94	56	D	108	
	332	583653	9362446	1				1			1			4	138	56	D	105	
	333	583737	9362506	1				1			1			4	37	56	D	107	
	334	583595	9362763	1				1			1			5	104	56	D	107	
	335	583545	9362673	1				1			1			5	50	56	D	109	
	336	583577	9362679	1				1			1			5	13	56	D	108	
	337	583588	9362675	1				1			1			5	106	56	D	105	
	338	583592	9362651	1				1			1			5	67	56	D	106	
	339	583596	9362715	1				1			1			5	56	56	D	106	
	340	583582	9362807	1				1			1			5	118	56	D	109	
	341	583586	9362788	1				1			1			5	46	56	D	106	
	342	583606	9362840	1				1			1			5	59	56	D	106	
	343	583470	9363038	1				1			1			5	467	56	D	106	
	344	583285	9363040	1				1			1			5	155	56	D	107	
	345	583512	9363026	1				1			1			5	174	56	D	106	
	346	583489	9363150	1				1			1			5	15	56	D	105	
	347	583620	9363289	1				1			1			5	190	56	D	107	
	348	583437	9363486	1				1			1			5	124	56	D	110	



Fig. 8.9

Com base nos custos unitários, definidos em função do tipo de construção e do estado das mesmas, constantes na tabela de desapropriação da SRH, definiram-se os seguintes custos unitários para cálculo da estimativa de custo de desapropriação:

- Casa de Alvenaria em bom estado: 82,12 R\$/m<sup>2</sup>
- Casa de Alvenaria em estado ruim ou regular: 57,48 R\$/m<sup>2</sup>
- Casa de Taipa em bom estado: 35,00 R\$/m<sup>2</sup>
- Casa de Taipa em estado ruim ou regular: 24,00 R\$/m<sup>2</sup>.

O Quadro 8.6 e a Fig. 8.10 apresentam a contabilização dos custos de desapropriação das edificações em função do eixo e da cota de barramento.

## **8.6 - REASSENTAMENTO DE POPULAÇÕES**

Para efetuar o cálculo do custo de reassentamento da população residente na área do reservatório, procedeu-se à contabilização do número de famílias residentes na área inundada. Para tanto foi utilizado o seguinte critério: em cada casa com menos de dez pessoas (duas vezes o tamanho médio de uma família da região) considerou-se uma família e, nas casas com mais de dez pessoas, considerou-se duas famílias.

O custo de reassentamento de cada família foi estabelecido em 18.000 R\$/família, estimado com base nos custos de reassentamentos já executados em outros açudes do PROURB e do PROGERIRH.

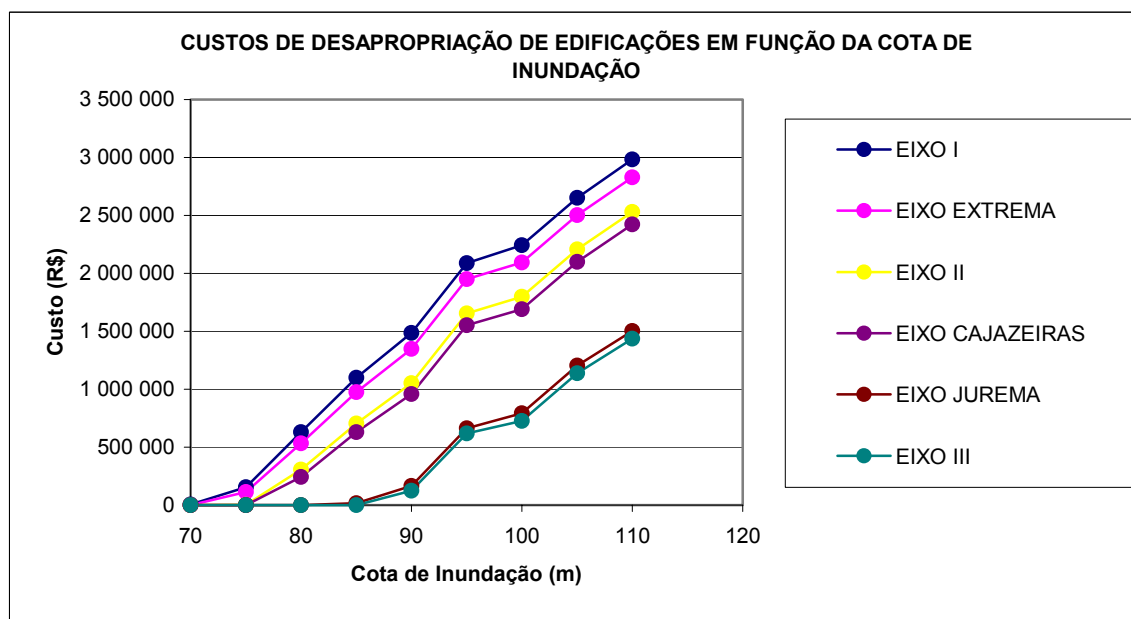
O Quadro 8.7 e a Fig. 8.11 apresentam as estimativas dos custos de reassentamento, em função do eixo e da cota de barramento.

**Quadro 8.6 – Custo de Desapropriação de Edificações em Função da Cota de Inundação**

CUSTO DE DESAPROPRIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES						
COTA \ EIXO	EIXO I	EIXO EXTREMA	EIXO II	EIXO CAJAZEIRAS	EIXO JUREMA	EIXO III
70	1	0	0	0	0	0
75	28	22	2	1	0	0
80	86	76	42	32	0	0
85	160	147	104	92	2	0
90	198	184	138	124	12	5
95	282	268	222	206	83	75
100	309	294	248	230	106	94
105	342	327	281	263	139	127
110	383	367	321	303	177	165

CUSTO DE DESAPROPRIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES						
COTA \ EIXO	EIXO I	EIXO EXTREMA	EIXO II	EIXO CAJAZEIRAS	EIXO JUREMA	EIXO III
70	5 338	0	0	0	0	0
75	153 615	112 393	3 245	1 176	0	0
80	630 756	534 353	306 662	244 336	0	0
85	1 099 305	975 542	704 115	630 753	16 424	0
90	1 486 954	1 348 408	1 051 443	958 537	165 148	125 107
95	2 089 228	1 950 683	1 653 718	1 553 684	663 845	619 206
100	2 243 230	2 094 338	1 797 373	1 689 292	793 935	727 741
105	2 652 472	2 503 580	2 206 615	2 098 534	1 203 177	1 136 983
110	2 982 782	2 828 142	2 531 177	2 423 096	1 501 871	1 435 677



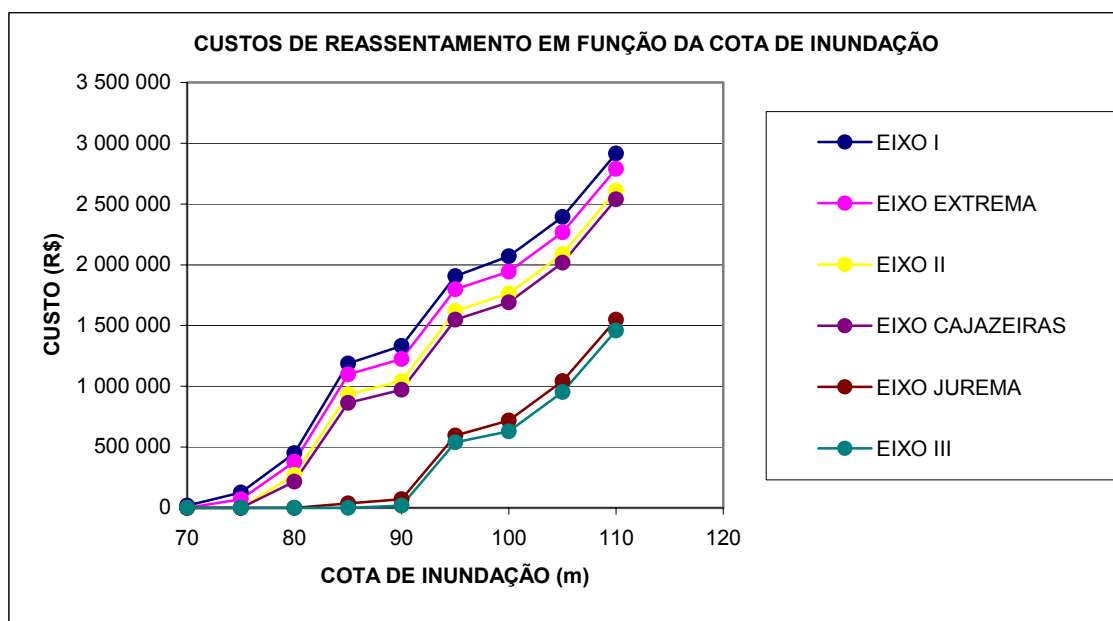
**Fig. 8.10 - Custo de Desapropriação de Edificações em Função da Cota de Inundação**

**Quadro 8.7 - Custos de Reassentamento em Função da Cota de Inundação**

POPULAÇÃO RELOCADA						
COTA \ EIXO	EIXO I	EIXO EXTREMA	EIXO II	EIXO CAJAZEIRAS	EIXO JUREMA	EIXO III
70	3	0	0	0	0	0
75	27	15	0	0	0	0
80	103	89	64	51	0	0
85	260	242	206	187	10	0
90	286	266	227	208	14	2
95	432	412	373	354	147	135
100	474	450	411	392	182	164
105	562	538	499	480	270	252
110	699	675	636	617	401	383

CUSTOS DE REASSENTAMENTO (R\$)						
COTA \ EIXO	EIXO I	EIXO EXTREMA	EIXO II	EIXO CAJAZEIRAS	EIXO JUREMA	EIXO III
70	18 000	0	0	0	0	0
75	126 000	72 000	0	0	0	0
80	450 000	378 000	270 000	216 000	0	0
85	1 188 000	1 098 000	936 000	864 000	36 000	0
90	1 332 000	1 224 000	1 044 000	972 000	72 000	18 000
95	1 908 000	1 800 000	1 620 000	1 548 000	594 000	540 000
100	2 070 000	1 944 000	1 764 000	1 692 000	720 000	630 000
105	2 394 000	2 268 000	2 088 000	2 016 000	1 044 000	954 000
110	2 916 000	2 790 000	2 610 000	2 538 000	1 548 000	1 458 000



**Fig. 8.11 - Custos de Reassentamento em Função da Cota de Inundação**

## **9 - CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS EIXOS ALTERNATIVOS**

## 9 - CARACTERIZAÇÃO DOS EIXOS ALTERNATIVOS

Para a análise técnica comparativa dos eixos alternativos teve-se em devida conta a necessidade de adequar a cota de reservamento normal de cada um dos reservatórios criados, no sentido de se obterem valores semelhantes de vazão regularizada.

Tal fato levou, naturalmente, à definição de cotas de plano de água e de crista de barragem diferentes. Desta forma, admitindo uma vazão regularizada de cerca de 4,4 m<sup>3</sup>/s, obtiveram-se para os diferentes eixos estudados os níveis máximos de plano de água e as cotas do coroamento indicados no Quadro 9.1.

**Quadro 9.1 – Níveis máximos de água para os diversos eixos alternativos**

Local Alternativo	Nível máximo	Cota do Coroamento	Altura da Barragem (m)
Eixo I	(86,0)	(91,0)	28
Eixo Extrema	(91,0)	(96,0)	31
Eixo II	(96,0)	(101,0)	30
Eixo Cajazeira	(99,0)	(104,0)	34
Eixo Jurema	(114,0)	(119,0)	39
Eixo III	(115,0)	(120,0)	40

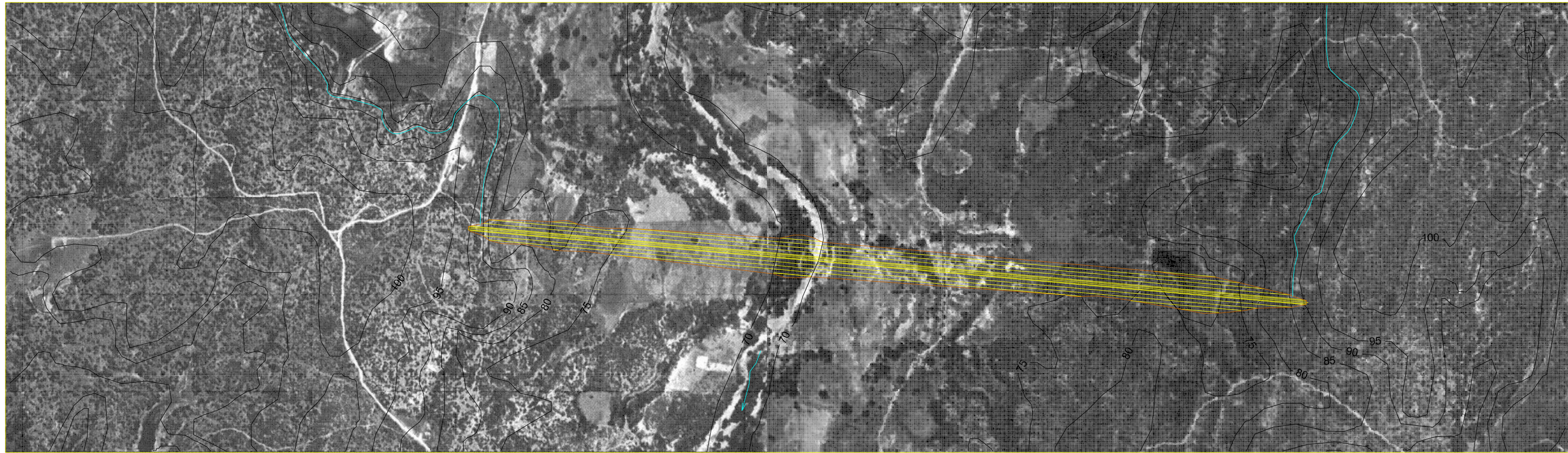
Relativamente à cota do coroamento, admitiu-se, nesta fase preliminar dos estudos, uma folga normal de 5 m, em todos os casos.

Verifica-se, como seria esperado, que a altura da barragem necessária para regularizar uma mesma vazão cresce à medida que os eixos barráveis se localizam mais a montante. Uma análise mais pormenorizada deste assunto foi efectuada no Capítulo 5.

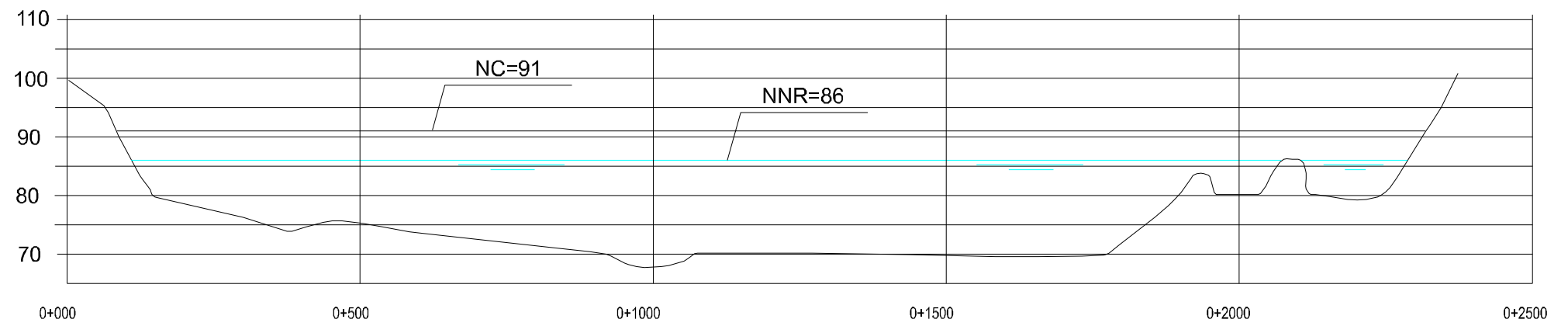
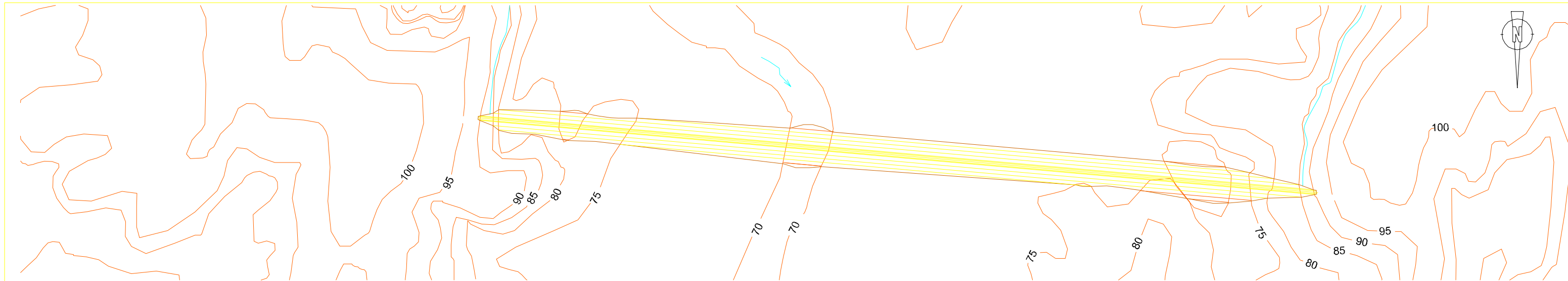
Nos parágrafos seguintes analisam-se, mais pormenorizadamente, cada um dos eixos barráveis, de jusante para montante, do rio Figueiredo.

### **Eixo I**

O vale do rio Figueiredo, neste eixo alternativo de implantação da barragem, apresenta-se bastante largo, como se pode observar no perfil longitudinal (Fig. 9.1), formando um vale em forma de U, quase simétrico e pouco irregular.



PLANTA  
ESC. 1/10000



PERFIL LONGITUDINAL  
ESC. H=1/10000  
V=1/1000

FIG.9.1 - EIXOI - PLANTAS E PERFIL LONGITUDINAL

O posicionamento da barragem neste local, faz com que seja aproveitado um afluente da margem esquerda com uma área de bacia hidrográfica de 32 km<sup>2</sup>. Nos restantes eixos alternativos estudados, com excepção do Extrema, esta linha de água fica localizada exteriormente às respectivas bacias, reduzindo assim as respectivas aflúências.

Para este eixo, e considerando uma vazão regularizada de 4,4 m<sup>3</sup>/s, o nível máximo do plano de água localiza-se à cota (86), a que corresponde uma altura de barragem da ordem dos 28 m, valor este inferior ao das restantes alternativas, aumentando a diferença à medida que os eixos se localizam mais a montante. O reservatório a ser criado nesta seção é caracterizado por um formato alongado com cerca de 30 km de extensão.

A forma do vale neste local, faz com que a altura da barragem seja aproximadamente igual em todo o seu alinhamento numa extensão aproximada de 2,2 km, aumentando significativamente o volume de aterro ou concreto necessário para a construção da obra.

Neste local, a grande extensão (cerca de 1,5 km) de baixa aluvionar e de depósitos de terraço na área envolvente da calha do rio também contribui para o aumento sensível do volume da barragem a implantar.

No que se refere aos órgãos hidráulicos, o vertedouro poderia ser colocado na ombreira direita, a cerca de 200 m da barragem e separado desta por um pequeno morro. A restituição das águas ao rio teria no entanto um percurso extenso através de um pequeno afluente secundário.

Relativamente aos materiais de construção, não foi possível identificar jazidas de material fino, na proximidade do eixo, com volume suficiente para rentabilizar uma solução de aterro zonado. Não obstante, e tal como acontece nos restantes locais estudados, o maciço rochoso aflorante na área poderá ser explorado para enrocamento, ou para a produção de inertes a empregar na fabricação de concreto.

Este local permite criar o reservatório com maior capacidade de armazenamento, embora seja o que causa maiores impactos e interferências em termos de infra-estruturas, nomeadamente com a Rodovia CE-138, de elevada importância para a região já que constitui a única via de ligação entre Alto Santo e Ema, e com a CE-470, ainda não construída.

Sendo este o eixo com maior área inundada, é o mais penalizante em termos de afetação de vias rodoviárias, rede elétrica, de áreas com potencialidade agrícola (baixas aluvionares), de açudes e de povoações. Com este eixo as povoações de maior importância afetadas seriam São José e Pilar.



### **Eixo Extrema**

O vale do rio Figueiredo, nesta seção de implantação da barragem, é um pouco menos aberto que na alternativa anterior, como se pode observar no perfil longitudinal representado na Fig. 9.2, apresentando-se ligeiramente mais irregular, em termos de topografia, com um desenvolvimento de cerca de 2,2 km, ao nível do coroamento.

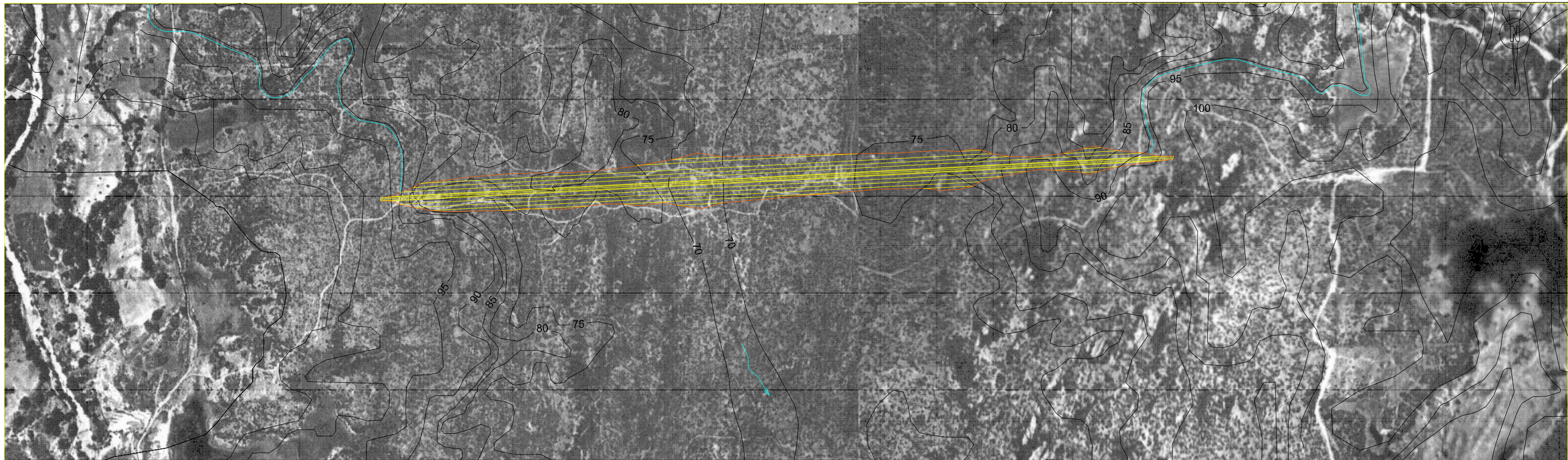
O Eixo Extrema permite criar um reservatório de grande capacidade de armazenamento - cerca de 476 hm<sup>3</sup> -, possibilitando uma satisfatória rentabilização dos recursos hídricos disponíveis na medida em que, tal como na alternativa anterior, se faz o aproveitamento de um importante afluente da margem esquerda do rio Figueiredo. O reservatório a ser criado é também extenso, atingindo cerca de 28 km de desenvolvimento.

Para garantir uma vazão regularizada da ordem de 4,4 m<sup>3</sup>/s, estabeleceu-se o nível máximo do plano de água à cota (91,0) e o coroamento da barragem à cota (96,0), ao qual corresponde uma altura de barragem de 31 m.

No que se refere às condições geológico-geotécnicas de fundação, estas não diferem das identificadas nos restantes locais alternativos, tal como referido no Capítulo 6. Com efeito, na seção em estudo, podem ser observados diversos afloramentos rochosos, inclusive alguns pouco afastados da calha do rio, o que sugere uma pequena profundidade provável para o estrato rochoso em parte do desenvolvimento da barragem. Na margem direita, podem ser observados diversos afloramentos de rocha sã. Na zona adjacente à calha do rio, ocorrem aluviões, numa extensão de 500 m, bastante inferior ao Eixo I, e em áreas próximas reconheceram-se ainda alguns Terraços. Nestas zonas colúvio-aluvionares, a profundidade de saneamento poderá ser importante.

Relativamente a materiais de construção, mantém-se neste eixo a escassez de materiais finos necessários à viabilização de uma hipótese em aterro zonado.

Próximo do topo da ombreira esquerda foi observada uma depressão, com cerca de 400 m de extensão que liga a jusante a uma pequena linha de água afluente do rio principal. No caso de implantação do reservatório no local, aceitando-se que a crista da barragem estaria cerca da (96), esta depressão poderia ser utilizada para implantação do vertedouro, implicando, ainda assim, escavações da ordem dos 15 m.



PLANTA  
ESC. 1/10000

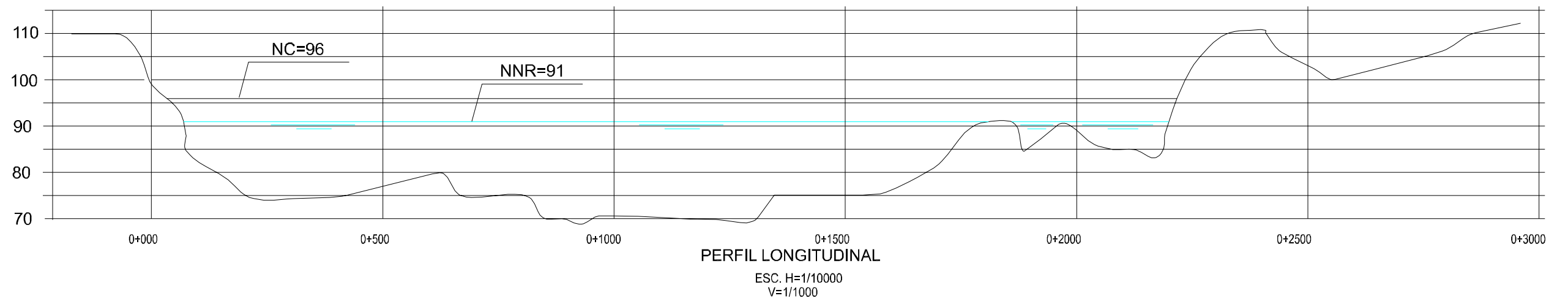
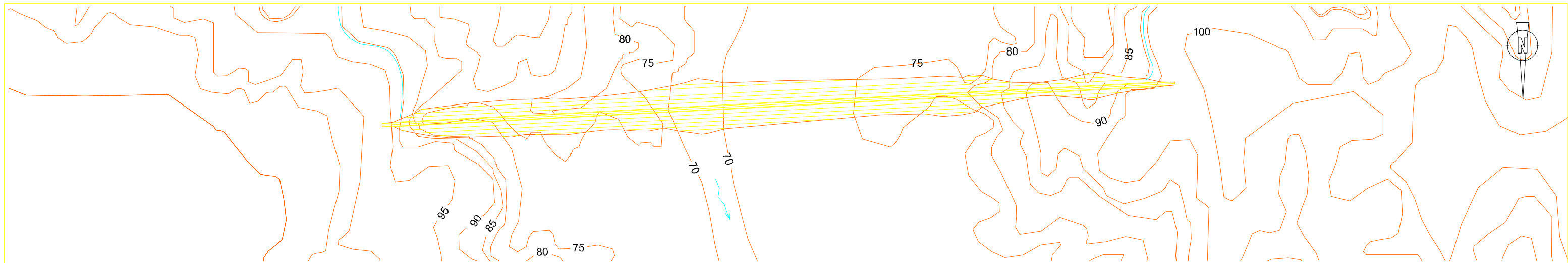


FIG. 9.2 - EIXO EXTREMA - PLANTAS E PERFIL LONGITUDINAL

O aspecto mais penalizante para a opção de escolha deste eixo é o fato de causar, tal como a alternativa anterior, impactos e interferências em termos de povoações, infra-estruturas e vias de comunicação muito importantes para a região, nomeadamente a Rodovia CE-138, de ligação entre Alto Santo e Ema, e as povoações de São José e Pilar, para além de outros aglomerados populacionais de menor importância.

## **Eixo II**

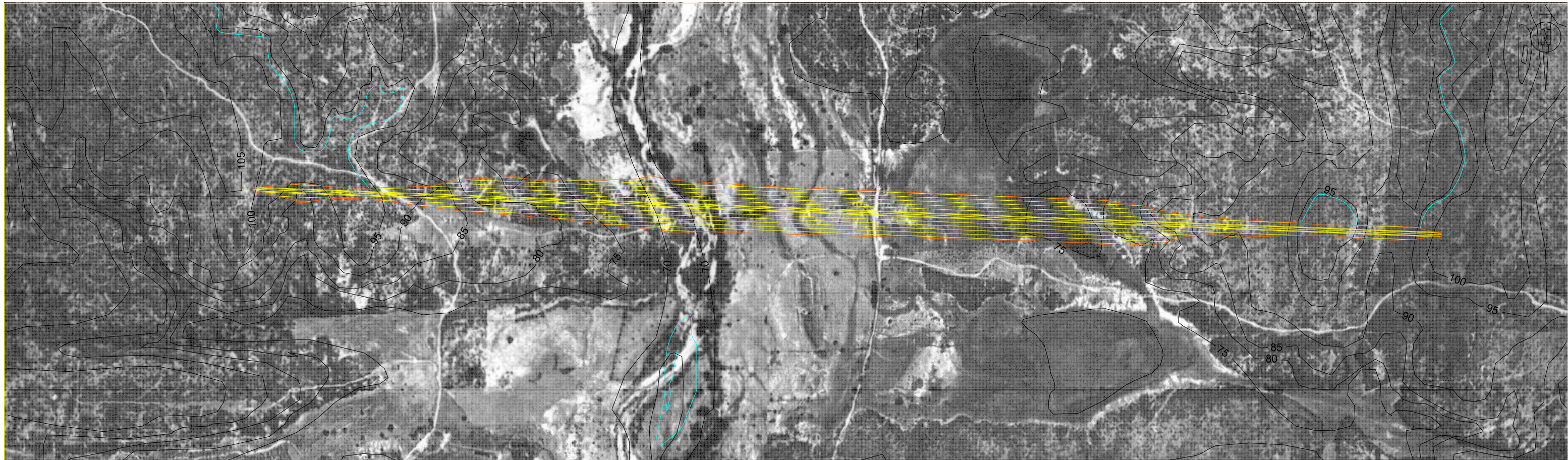
O local do Eixo II apresenta, de modo similar às demais alternativas, uma topografia aberta (Fig. 9.3), com um boqueirão principal com cerca de 2,5 km de extensão e um boqueirão secundário, na ombreira esquerda, com cerca de 400 m, correspondendo ao início de um pequeno afluente.

A implantação da barragem neste eixo não faz o aproveitamento de dois afluentes importantes do rio Figueiredo, um localizado na margem esquerda e outro na direita, reduzindo assim o número de recursos hídricos disponíveis.

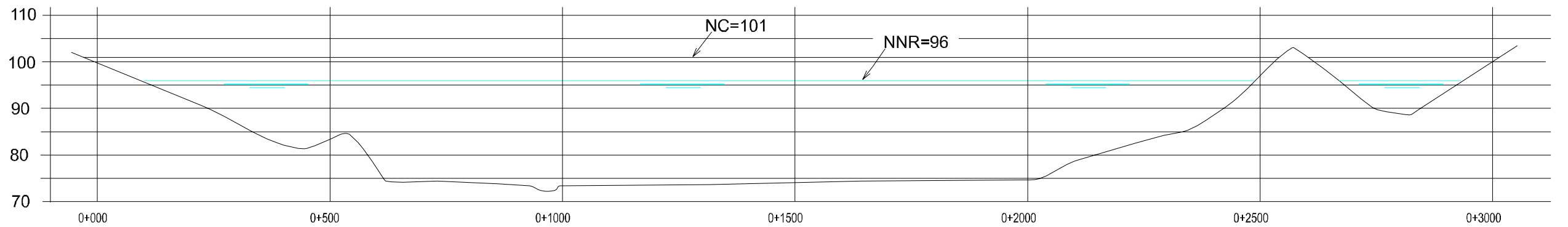
O reservatório criado, para garantir a mesma vazão regularizada das alternativas anteriores, terá uma extensão de, aproximadamente, 25 km e cerca de 501 hm<sup>3</sup> de volume armazenado, implicando a construção de uma barragem de cerca de 30 m de altura e, aproximadamente, 3 km de extensão à cota do coroamento (101).

Neste local, foi observada uma área relativamente grande de afloramento de rocha sã, na ombreira esquerda. No entanto, o trecho sub-horizontal de grande extensão – cerca de 1,5 km – que se pode reconhecer na área envolvente da calha do rio, penaliza-o como local de barragem, já que implicará um volume de saneamento superior ao das restantes alternativas e, conseqüentemente, um maior volume de aterro.

Porém, esta alternativa provoca menores impactos nas infra-estruturas existentes, embora ainda com interferências muito pontuais com a Rodovia CE-138 e sobre a futura rodovia CE-470, mas de solução mais fácil que as duas opções anteriores. Também não seriam afetados alguns açudes, visíveis na planta à escala 1/100 000, mas ainda seriam afetadas as povoações de São José e Pilar.



PLANTA  
ESC. 1/10000



PERFIL LONGITUDINAL

ESC. H=1/10000  
V=1/1000

FIG.9.3 - EIXOII -PLANTAS E PERFIL LONGITUDINAL

### **Eixo Cajazeira**

O local do Eixo Cajazeira apresenta alguma singularidade, correspondendo a um estreitamento do boqueirão principal, em que o trecho da calha do rio e da planície aluvionar tem uma extensão reduzida, da ordem de 100 a 150 m, após o que sobe apreciavelmente em qualquer das ombreiras, nas quais se reconhecem numerosos afloramentos rochosos. Nas margens deste local ocorrem diversos vales secundários, situação que é mais nítida na ombreira esquerda (Fig. 9.4).

Em termos da bacia hidrográfica, a área perdida não é significativa relativamente ao eixo imediatamente a montante. O local é adequado à boa utilização dos recursos hídricos da bacia drenante.

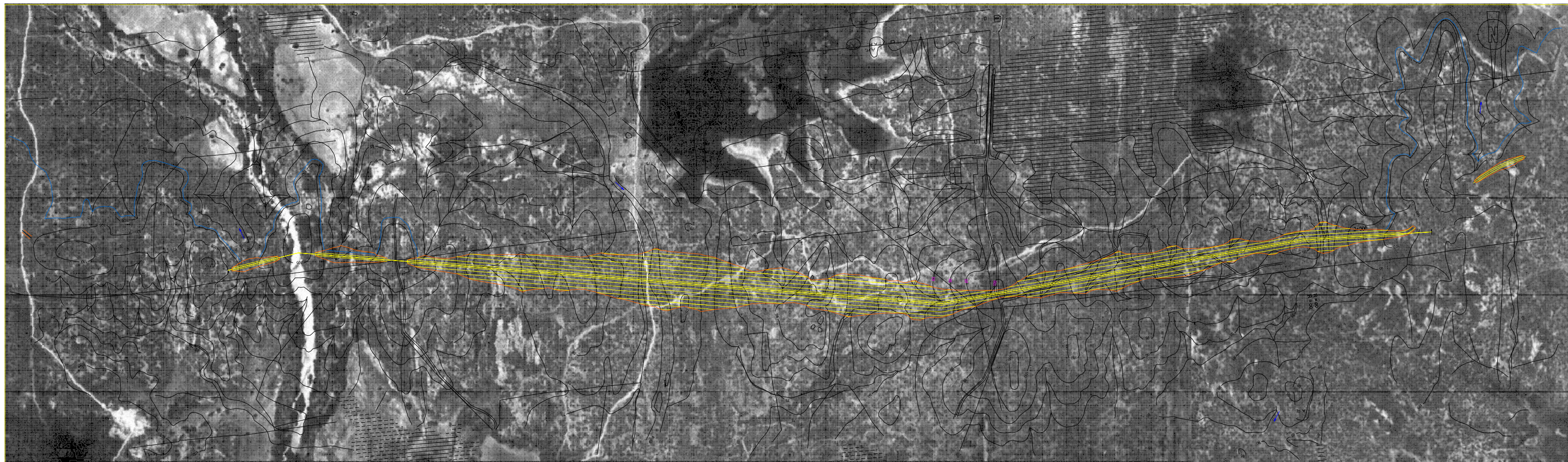
Neste local é ainda possível criar um reservatório de grande capacidade, com cerca de 22 km de extensão, sendo que para se ter a mesma vazão regularizada que as demais alternativas, o nível máximo teria que se situar à cota (99,0) e o coroamento à (104), a que corresponde uma altura de barragem de 34 m e um volume armazenado de 520 hm<sup>3</sup>.

A extensão do eixo à cota (104) é, devido à existência de vales secundários, significativa - cerca de 3 km para a altura de barragem estabelecida. No entanto, o fato do vale principal ser de pequena extensão e de subir rapidamente em ambas as margens até cerca da cota (95), - tendo a essa cota um desenvolvimento de cerca de 900 m - confere-lhe atributos favoráveis e mesmo muito interessantes, face aos outros locais em estudo, para a localização da Barragem de Figueiredo, minimizando o volume de aterro ou concreto necessários. O vertedouro poderá ser colocado em qualquer das margens ou incorporando a barragem, numa das "selas" do vale.

A montante do eixo existem numerosos afloramentos que não induzem a prática agrícola significativa nas áreas associadas aos terraços fluviais ocorrentes.

Relativamente às interferências com infra-estruturas, esta é a primeira alternativa que minimiza o impacto na Rodovia CE-138 e preserva um número considerável de açudes existentes a jusante do eixo, para além de conservar uma maior área de terreno com potencialidade.

Com a implantação da barragem neste eixo não seriam afetadas algumas povoações de menor importância, designadamente, Extrema, Cruzeiro do Sul e Cajazeiras, no entanto, as povoações de São José e Pilar - localidades com alguma dimensão - ficariam ainda submersas.



PLANTA  
ESC. 1/10000

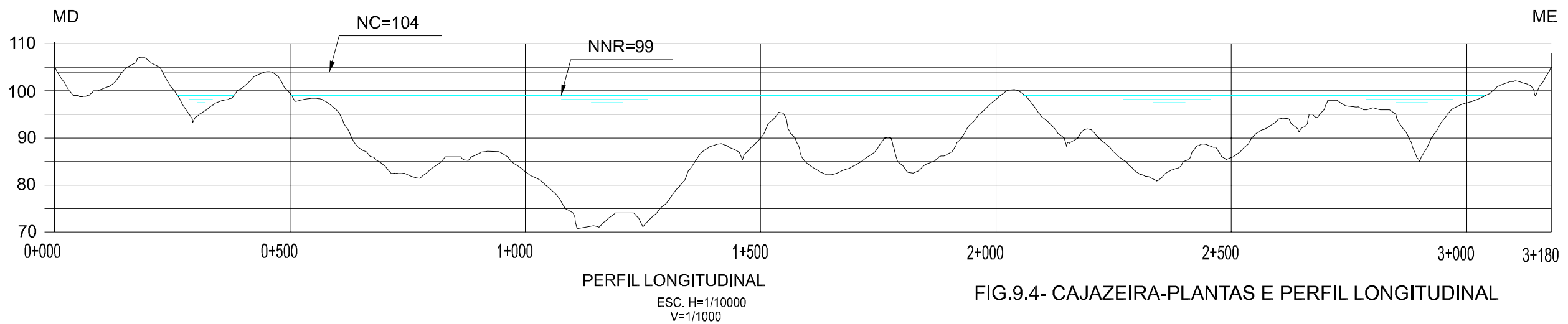
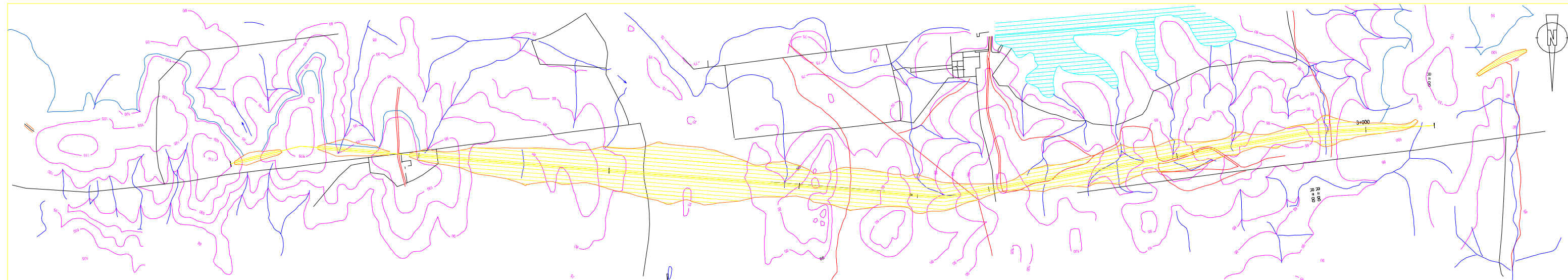


FIG.9.4- CAJAZEIRA-PLANTAS E PERFIL LONGITUDINAL

### **Eixo Jurema**

O local barrável designado por Jurema possui uma topografia aberta onde se destaca, na margem esquerda, a presença de uma grande área plana, na qual pode ser verificada uma forte predominância de depósitos aluvionares e de diversos boqueirões secundários, tal como pode ser observado na Fig. 9.5.

Com a implantação da barragem nesta seção, perdem-se alguns recursos hídricos importantes, sendo que para se obter a mesma vazão regularizada, o nível do plano de água no reservatório teria que subir para a cota (114) e o coroamento para a (119), cota essa para a qual o desenvolvimento da obra ao nível do coroamento é já de cerca de 4,2 km. Este fato penaliza bastante esta alternativa, uma vez que a altura da barragem seria da ordem dos 39 m, ou seja, cerca de 5 m mais alta que a barragem imediatamente a jusante – Eixo Cajazeira – e 11 m mais alta que a barragem do Eixo I.

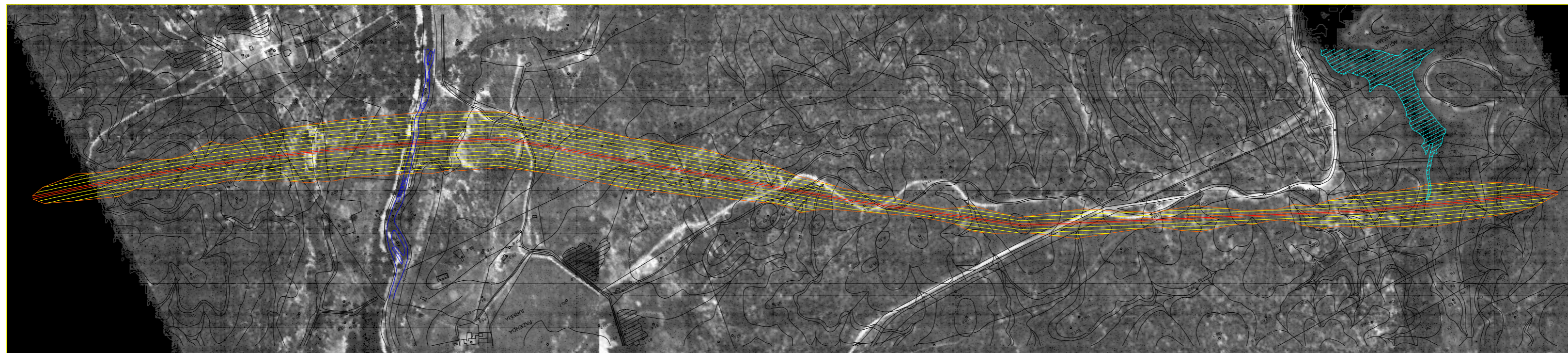
O volume armazenado no reservatório criado por esta barragem seria da ordem de 667 hm<sup>3</sup>.

Ao contrário da maioria dos locais alternativos estudados, foram identificados poucos afloramentos rochosos ao longo do eixo. Não obstante de referir que na proximidade deste eixo foram identificadas duas possíveis jazidas de material fino que poderia, eventualmente, ser utilizado no núcleo de uma solução em aterro zonado.

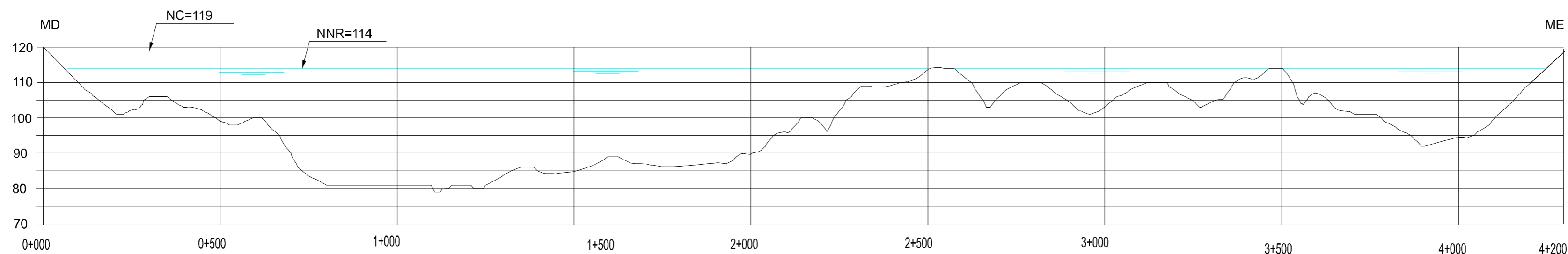
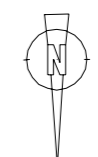
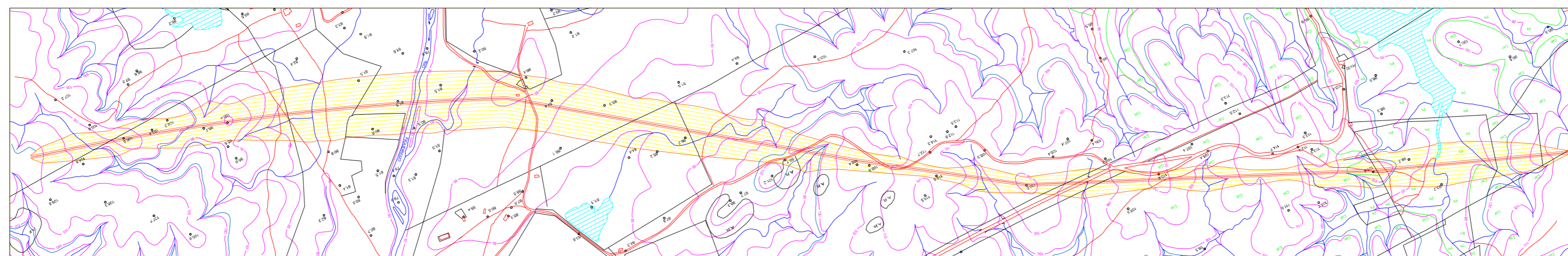
De referir que a localização deste eixo minimiza os impactos causados em termos de acessibilidades, áreas agrícolas e na povoação de São José, mas interfere, ao contrário das anteriores, com a povoação de Lapa e com um significativo número de edificações, já que inundará terrenos a cotas superiores aos das alternativas a jusante.

### **Eixo III**

No local alternativo estudado mais a montante do rio Figueiredo – Eixo III – o boqueirão principal é menos aberto que os anteriores no trecho central, à excepção do Cajazeira, tendo a ombreira esquerda maior pendente que a direita nas cotas baixas e apresentando um desenvolvimento longitudinal de cerca de 1,4 km à cota (100) (Fig. 9.6).



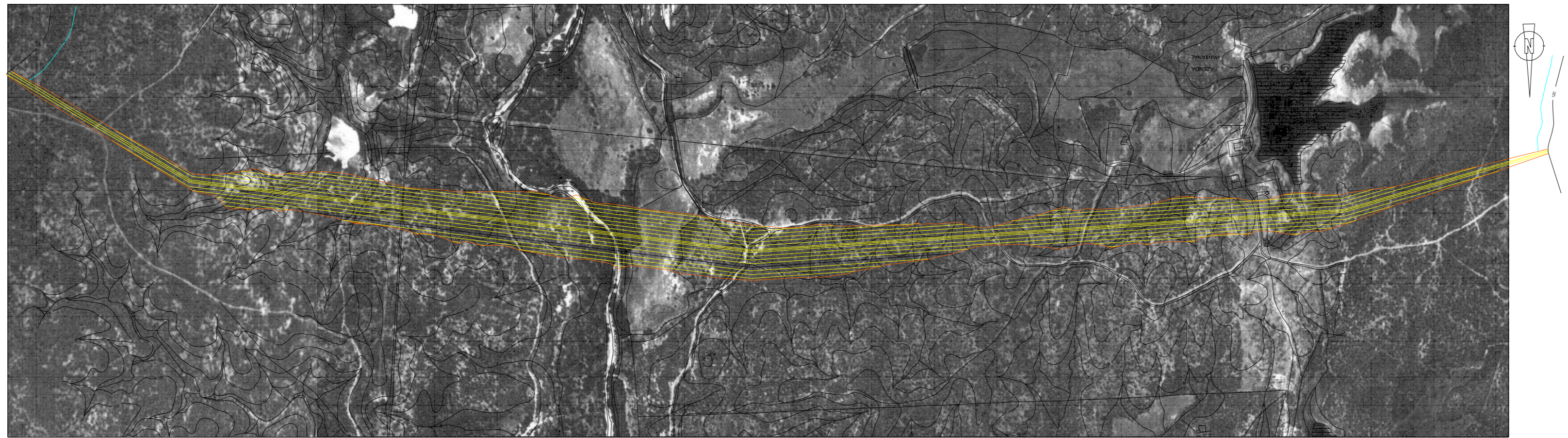
PLANTA  
ESC. 1/10000



PERFIL LONGITUDINAL  
ESC. H=1/10000  
V=1/1000

FIG. 9.5 - EIXO JUREMA - PLANTAS E PERFIL LONGITUDINAL





PLANTA  
ESC. 1/10000

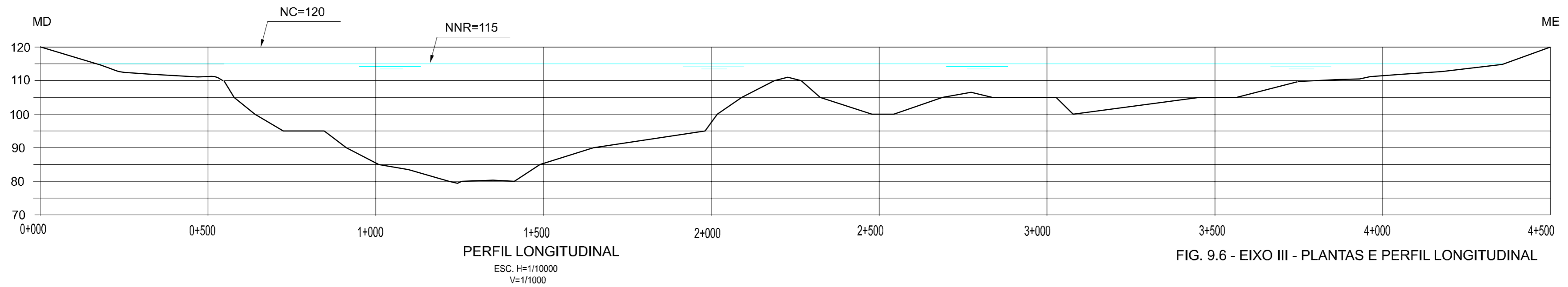
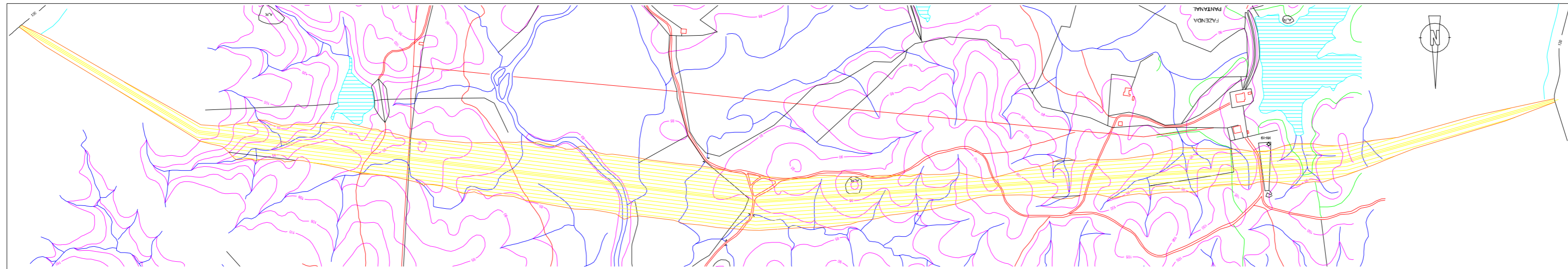


FIG. 9.6 - EIXO III - PLANTAS E PERFIL LONGITUDINAL

Como é óbvio, a bacia hidrográfica deste local é a menor de todas e para a vazão regularizada ser da mesma ordem que as restantes alternativas, o nível do plano de água teria que ser da ordem de (115), o que faz com que a extensão do eixo seja de 4,5 km, devido à existência de uma zona relativamente plana muito extensa na margem esquerda, aproximadamente cerca da cota (105,0). Admitindo para o coroamento a cota (120,0), corresponde a este eixo a maior altura de aterro, da ordem de 40 m e o maior volume armazenado no reservatório criado de todas as alternativas estudadas para o cumprimento do mesmo benefício – 721 hm<sup>3</sup>.

Neste local, assim como no eixo Jurema, foram identificadas jazidas de material fino, que, em princípio poderão viabilizar uma solução de aterro zonado.

No que se refere ao vertedouro, poderia ser colocado nos níveis mais altos da ombreira esquerda, embora implicando escavações significativas.

De referir, por último, que este é o eixo que menores impactos causa, nomeadamente ao nível das vias de comunicação, açudes e povoações, podendo, não obstante, ainda obrigar à desapropriação de um número significativo de residentes e respectivo reassentamento, já que serão inundadas permanentemente áreas até à cota (115). De fato, com a implantação da barragem neste local não seriam afetadas as rodovias CE-138 e CE-470 e a povoação de São José. No entanto, este eixo implica a submersão da povoação de Lapa.

## **10 - SELEÇÃO DO LOCAL DE BARRAGEM**

## 10 - SELEÇÃO DO EIXO DE BARRAGEM

O trecho do rio de cerca de 15 km de extensão, no qual se inserem os locais de barragem identificados, foi objeto de diversas missões de reconhecimento, de modo a ser possível dispor de elementos determinantes na seleção e na análise comparativa dos mesmos.

A seleção do local de implantação da barragem foi feita equacionando e ponderando argumentos de natureza muito diversa, nomeadamente:

- a) Hídricos, respeitantes aos recursos hídricos utilizáveis e às demandas inerentes;
- b) Físicos, como sejam a morfologia do boqueirão, as condições geotécnicas de fundação da obra e a existência de jazidas de materiais na proximidade para construção da barragem;
- c) Econômicos, inerentes à ordem de grandeza dos custos estimados de construção, exploração e dos benefícios esperados;
- d) Socio-econômicos, inerentes à problemática relativa a inundações de terrenos agrícolas, de habitações e de outras infra-estruturas, designadamente interferências com rodovias e linhas elétricas e, ainda, à maior ou menor aceitação da obra a implementar pelas populações interessadas e das expectativas de desenvolvimento associadas.

Para a mesma cota de área inundada pelo reservatório são, obviamente, os eixos mais a jusante que possibilitam a criação de um reservatório com maior capacidade de armazenamento, embora lhe correspondam alturas de barragem maiores.

Com o objetivo de tornar comparáveis os diferentes locais selecionados, houve que equiparar as soluções em termos de capacidade de armazenamento e cumprimento de benefício, designadamente, através da consideração da mesma vazão regularizada, tendo-se estabelecido um valor de referência de cerca de 4,4 m<sup>3</sup>/s assumido como perto do valor máximo ainda sustentável numa análise econômica de viabilidade de utilização dos recursos hídricos em estudo.

No que se refere aos recursos hídricos disponibilizados, o Eixo I e Extrema são aqueles que melhor rentabilizam os recursos existentes ao longo do trecho do rio Figueiredo em estudo. Obviamente, os eixos mais a montante perdem as contribuições de algumas linhas de água afluentes. Com efeito, constata-se que ao Eixo II corresponde à perda de 2 afluentes já com

alguma expressão, localizados entre o Eixo I e o Eixo Extrema. Já no que se refere ao Eixo Cajazeira, a perda de área de bacia hidrográfica é insignificante por comparação com o Eixo II de jusante. Aos Eixos Jurema e III, localizados mais a montante, corresponde uma perda significativa de recursos hídricos, o que seria sempre expectável, particularmente se se tiver em conta que o Eixo Jurema fica localizado 12 km a montante do local alternativo mais a jusante – Eixo I.

Relativamente à capacidade de armazenamento e sobretudo à capacidade de regularização, consegue-se no entanto, à custa do aumento da altura do aterro, de jusante para montante, equiparar todos os eixos.

Como referido, de forma a se obter a mesma vazão regularizada, as alturas de obra aumentam de jusante para montante, necessitando-se nos três eixos mais a jusante, de alturas iguais ou inferiores a 30 m. No boqueirão denominado de Cajazeira é necessário cerca de 34 m de altura (numa extensão máxima de cerca de 500 m). Nos boqueirões mais a montante, as alturas são da ordem de 40 m e o desenvolvimento das obras é bastante superior à das restantes alternativas, respectivamente de 4,2 km no Eixo Jurema e de 4,5 km no Eixo III. Este fato, aliado à maior altura do aterro é penalizante para estas soluções em termos de volume de obra.

Para a mesma altura de barragem, na ordem dos 30 a 35 m, as condições de implantação mais interessantes em termos de volume e logo do custo de obra, estão associadas aos locais Cajazeira e Extrema, tendo o primeiro a vantagem do seu eixo interessar um estreitamento significativo e bem marcado do vale principal do rio, delimitado por um conjunto de afloramentos rochosos de morfologia vigorosa, constituindo, no entanto, uma singularidade no trecho do vale em estudo.

O volume de aterro necessário à construção da barragem em cada local é também influenciado pela largura de baixa aluvionar, já que nestas áreas será necessário proceder a escavações de saneamento numa espessura da ordem de 7 a 8 m. Assim, aos Eixos II, I, Jurema e Extrema, estão associadas as maiores extensões de baixa aluvionar, respectivamente 1,4 km, 1,0 km, 500 m e 500 m. Ao contrário, ao Eixo Cajazeira corresponde a menor extensão de baixa aluvionar, da ordem de 100 a 150 m, seguida pelo Eixo III com cerca de 300 m. Nos Eixos Extrema e Jurema há ainda a salientar a presença de terraços, nos quais se prevêem espessuras de saneamento intermédias.

No que se refere às condições de fundação das obras, conclui-se que os diferentes locais de barragem em estudo apresentam características geológicas semelhantes, coincidindo a sua implantação com cenários muito próximos em termos de litologia e tectónica.

Do ponto de vista da localização e disponibilidade de materiais de construção, constata-se que as potenciais manchas de empréstimo de materiais finos se situam nas áreas envolventes mais a montante do trecho em estudo, observando-se, na área do reservatório, bons afloramentos de maciço rochoso, adequados à exploração de materiais granulares e/ou enrocamento, com particular incidência para o local Cajazeira. As areias de cobertura da calha do rio têm excelentes indicadores de qualidade e quantidade que recomendam a sua utilização na barragem.

Relativamente a impactes ambientais, os locais apresentam características semelhantes, embora os locais a jusante afetem maiores áreas.

No que se refere aos aspetos sócio-económicos, há diversos fatores a considerar. Relativamente às áreas agrícolas, observa-se que, pelos resultados apresentados, as terras inundadas são, em sua maioria, de baixo valor, com excepção da faixa de aluvião ao longo do rio Figueiredo. Desta forma, os Eixos I, Extrema e II são os mais prejudiciais deste ponto de vista, sendo a situação correspondente aos Eixos Jurema e III mais favorável. O local Cajazeira minimiza esta problemática devido à inexistência de terraços agricultáveis e ao fato de neste local e nas áreas vizinhas a montante se observarem numerosos afloramentos já de grande possança, que não induzem à prática agrícola significativa.

Os Eixos I, Extrema, II e Cajazeiras são aqueles que conduzem a maiores necessidades de reassentamento de populações, inundando entre 200 a 240 habitações entre as quais as de duas localidades já com alguma dimensão, São José e Pilar.

Os Eixos III e Jurema são os que, pela menor área inundada, teriam menores problemas, mas constata-se que a subida da cota de plano de água para obter uma capacidade de armazenamento interessante irá ainda afetar um número apreciável de propriedades, da ordem das 170 a 180, algumas das quais da povoação de Pilar e Lapa.

Em termos de áreas de propriedades inundadas, os máximos valores verificam-se para os Eixos Extrema, II e Cajazeiras da ordem de 25 000 ha, reduzindo nas restantes soluções para valores da ordem de 18 000 a 20 000 ha.

No que se refere a interferências com estruturas rodoviárias, constata-se ainda que a rodovia CE-138 - principal eixo rodoviário da zona ligando Alto Santo e Ema - é afetada sensivelmente pela obra, caso esta se implante nos Eixos I e Extrema, dado que ficaria submersa pelo reservatório em trechos de extensão significativa. Acresce que a correção de traçado para restabelecimento da ligação não é de solução expedita, implicando um restabelecimento longo e de traçado difícil ou então a construção de um viaduto na zona do braço do reservatório existente na margem esquerda, o que, obviamente, teria custos inerentes elevados. No local de barragem II e de Cajazeira a interferência é meramente pontual e de fácil solução, correspondente a um braço do reservatório de reduzida expressão.

Está também já em curso a construção de estrada para Potiretama – CE470 - que no seu traçado original iria atravessar o rio perto do local de Jurema, tendo no entanto sido equacionado, com aceitação da população local, um local alternativo de atravessamento. Desta forma, todas as soluções de barragem, com exceção do Eixo III, interferem com esta rodovia, embora essa interferência reduza de jusante para montante.

Relativamente a interferências com a rede elétrica, quer monofásica, quer trifásica, constata-se que esta decresce de montante para jusante, mas com particular destaque nos Eixos Jurema e Eixo III.

Ponderando todos os aspectos descritos anteriormente, classificaram-se de forma qualitativa os diferentes locais, tendo-se concluído que aos Eixos I, II e III corresponde a menor relação custos-benefícios. Com efeito, ao Eixo I, para além de se localizar num vale muito aberto, corresponde-lhe o maior somatório de interferências com povoações e infra-estruturas, inviabilizando o aproveitamento agrícola da planície aluvionar localizada a montante. A proximidade do Eixo II ao Eixo Cajazeira, sem alterações dos benefícios associados, nomeadamente de redução do volume de aterro que resulta da bem maior largura de bacia aluvionar ou relativos à existência de materiais finos, ou ainda de aumento significativo de bacia hidrográfica, foram fatores decisivos na sua exclusão. No que se refere ao Eixo III, o seu elevado desenvolvimento e conseqüente volume de aterro necessário, a menor rentabilização de recursos hídricos e as ainda significativas interferências com a população, contribuíram para a sua exclusão.

Assim, face ao reconhecimento e caracterização preliminar dos diversos locais de barragem selecionaram-se os Eixos Extrema, Cajazeira e Jurema, para uma análise comparativa mais detalhada.

Sobre os Eixos Extrema, Cajazeira e Jurema efetuaram-se estudos sistematizados de implantação e medição de volumes totais de barragem de aterro zonado (Fig. 10.1 a 10.3), tendo já em devida consideração na definição da linha de escavação de cada eixo as espessuras de saneamento estimadas, face ao reconhecimento efetuado e às informações obtidas dos trabalhos de campo já efetuados.

Para sistematizar a análise do interesse técnico-econômico dos diversos locais de barragem, procedeu-se à definição de curvas de variação de volumes de barragem de aterro zonado com as alturas de barragem, num leque de alturas de maior interesse face à capacidade de armazenamento e benefício pretendidos (Fig. 10.4). Nesta figura é claramente visível que os custos da obra são otimizados para vazões de regularização entre 3 e 4 m<sup>3</sup>/s, para qualquer dos eixos estudados, correspondendo ao Eixo da Cajazeira o menor valor, situação esta que se mantém admitindo uma vazão de regularização superior – correspondente à assumida como valor de referência na análise comparativa –, de 4,4 m<sup>3</sup>/s.

Das Figuras anteriores é possível retirar, para as cotas de coroamento definidas, os volumes de aterro e os custos associados.

	Cota do NNR	Cota da crista da barragem	Volume de aterro da barragem (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Ordem de grandeza de custo total (integrando todas as intervenções) (10 <sup>6</sup> R\$)
Extrema	91	96	3.22	69
Cajazeira	99	104	2.89	63
Jurema	114	119	5.80	116

Assumiu-se, face ao caráter expedito da análise, o valor de 5 m de folga para a crista da barragem e um custo unitário de 20 R\$/m<sup>3</sup> de volume de barragem para o preço global da obra, já incluindo todas as estruturas anexas e demais trabalhos. Este valor de custo unitário foi aferido ainda com os estudos mais desenvolvidos feitos sobre o eixo escolhido. Foram ainda adicionados todos os custos associados às expropriações, reassentamentos e relocação de infraestruturas interferidas. Para o local Jurema extrapolaram-se valores medidos de volumes de barragem, face às limitações de cartografia disponível. No entanto, a grande diferença de volume da obra retira a este eixo viabilidade econômica, já de si condicionada pelo seus menores recursos hídricos.



10.1

10.2

10.3

JUREMA							
Altura da Barragem (m)	Cota Máxima de Acumulação (m)	Volume Máximo (m³)	Vol Alerta (%)	Garantia Verificada (%)	Vazão Regularizada (m³/s)	Custo Total da Barragem (106R\$)	Custo Atualizado do m³ Regularizado (R\$/10³m³)
20	95	60.8	43.0%	90.0%	0.98	24.9	105.48
21	96	76.2	41.0%	90.0%	1.19	30.7	106.79
22	97	91.6	40.0%	90.0%	1.41	36.4	106.94
23	98	107.0	39.0%	90.0%	1.62	42.1	107.72
24	99	122.4	39.0%	90.0%	1.83	47.8	108.31
25	100	137.8	34.0%	90.0%	2.00	53.6	110.96
26	101	162.7	34.0%	90.0%	2.31	58.5	105.01
27	102	187.5	26.0%	90.0%	2.57	63.5	102.43
28	103	212.3	24.0%	90.0%	2.85	68.5	99.62
29	104	237.1	23.0%	90.0%	3.03	73.5	100.52
30	105	261.9	22.0%	90.0%	3.26	78.5	99.76
31	106	299.6	20.0%	90.0%	3.54	83.1	97.28
32	107	337.3	19.0%	90.0%	3.70	87.7	98.25
33	108	375.0	19.0%	90.0%	3.80	92.3	100.70
34	109	412.8	19.0%	90.0%	3.90	97.0	103.02
35	110	450.5	19.0%	90.0%	3.99	101.6	105.50
36	111	504.7	19.0%	90.0%	4.12	105.3	105.88
37	112	558.9	19.0%	90.0%	4.20	109.0	107.50
38	113	613.1	18.0%	90.0%	4.30	112.6	108.56
39	114	667.3	18.0%	90.0%	4.38	116.3	110.06
40	115	721.5	17.0%	90.0%	4.47	120.0	111.27
41	116	795.6	16.0%	90.0%	4.57	123.2	111.70
42	117	869.8	15.0%	90.0%	4.62	126.3	113.32
43	118	944.0	15.0%	90.0%	4.66	129.5	115.16
44	119	1018.1	14.0%	90.0%	4.70	132.7	116.96
45	120	1092.3	14.0%	90.0%	4.74	135.8	118.74

CAJAZEIRAS							
Altura da Barragem (m)	Cota Máxima de Acumulação (m)	Volume Máximo (m³)	Vol Alerta (%)	Garantia Verificada (%)	Vazão Regularizada (m³/s)	Custo Total da Barragem (106R\$)	Custo Atualizado do m³ Regularizado (R\$/10³m³)
20	85	74.1	42.0%	90.0%	1.14	21.8	79.37
21	86	94.5	40.0%	90.0%	1.41	23.4	68.72
22	87	114.9	39.0%	90.0%	1.69	24.9	61.12
23	88	135.3	39.0%	90.0%	1.97	26.5	55.69
24	89	155.6	34.0%	90.0%	2.20	28.0	52.78
25	90	176.0	34.0%	90.0%	2.47	29.6	49.61
26	91	208.2	26.0%	90.0%	2.79	32.7	48.52
27	92	240.4	23.0%	90.0%	3.15	35.8	47.04
28	93	272.6	23.0%	90.0%	3.41	38.9	47.22
29	94	304.8	21.0%	90.0%	3.65	42.0	47.63
30	95	336.9	20.0%	90.0%	3.90	45.0	47.86
31	96	382.6	19.0%	90.0%	4.08	49.6	50.35
32	97	428.3	20.0%	90.0%	4.20	54.1	53.38
33	98	473.9	19.0%	90.0%	4.32	58.6	56.24
34	99	519.6	19.0%	90.0%	4.43	63.3	59.21
35	100	565.2	19.0%	90.0%	4.54	67.7	61.78
36	101	626.3	19.0%	90.0%	4.65	73.9	65.85
37	102	687.3	18.0%	90.0%	4.75	80.1	69.88
38	103	748.3	18.0%	90.0%	4.88	86.3	73.29
39	104	809.3	17.0%	90.0%	4.95	92.5	77.45
40	105	870.4	16.0%	90.0%	5.05	98.7	81.01
41	106	951.1	16.0%	90.0%	5.16	106.3	85.39
42	107	1031.8	15.0%	90.0%	5.21	113.9	90.61
43	108	1112.6	15.0%	90.0%	5.25	121.5	95.91
44	109	1193.3	14.0%	90.0%	5.28	129.1	101.33
45	110	1274.0	14.0%	90.0%	5.30	136.7	106.89

EXTREMA							
Altura da Barragem (m)	Cota Máxima de Acumulação (m)	Volume Máximo (m³)	Vol Alerta (%)	Garantia Verificada (%)	Vazão Regularizada (m³/s)	Custo Total da Barragem (106R\$)	Custo Atualizado do m³ Regularizado (R\$/10³m³)
20	80	89.8	41.0%	90.0%	1.31	32.8	103.85
21	81	115.4	39.0%	90.0%	1.64	35.3	89.16
22	82	141.0	39.0%	90.0%	1.99	37.7	78.60
23	83	166.6	34.0%	90.0%	2.29	40.2	72.75
24	84	192.2	34.0%	90.0%	2.62	42.7	67.48
25	85	217.8	29.0%	90.0%	2.90	45.1	64.48
26	86	258.0	23.0%	90.0%	3.30	49.0	61.54
27	87	298.1	23.0%	90.0%	3.60	52.9	60.88
28	88	338.2	21.0%	90.0%	3.92	56.8	60.01
29	89	378.4	19.0%	90.0%	4.15	60.7	60.56
30	90	418.5	20.0%	90.0%	4.26	64.5	62.77
31	91	475.7	19.0%	90.0%	4.41	69.4	65.25
32	92	532.9	19.0%	90.0%	4.58	74.4	67.27
33	93	590.1	19.0%	90.0%	4.72	79.3	69.59
34	94	647.2	19.0%	90.0%	4.80	84.2	72.67
35	95	704.4	18.0%	90.0%	4.92	89.1	75.03
36	96	781.2	18.0%	90.0%	5.04	95.7	78.67
37	97	858.0	17.0%	90.0%	5.15	102.3	82.30
38	98	934.7	16.0%	90.0%	5.25	108.9	85.94
39	99	1011.5	16.0%	90.0%	5.34	115.5	89.62
40	100	1088.3	15.0%	90.0%	5.38	122.1	94.03
41	101	1186.6	14.0%	90.0%	5.43	129.8	99.03
42	102	1284.9	14.0%	90.0%	5.47	137.4	104.12
43	103	1383.3	14.0%	90.0%	5.48	145.1	109.74
44	104	1481.6	13.0%	90.0%	5.51	152.8	114.92
45	105	1579.9	12.0%	90.0%	5.55	160.5	119.83

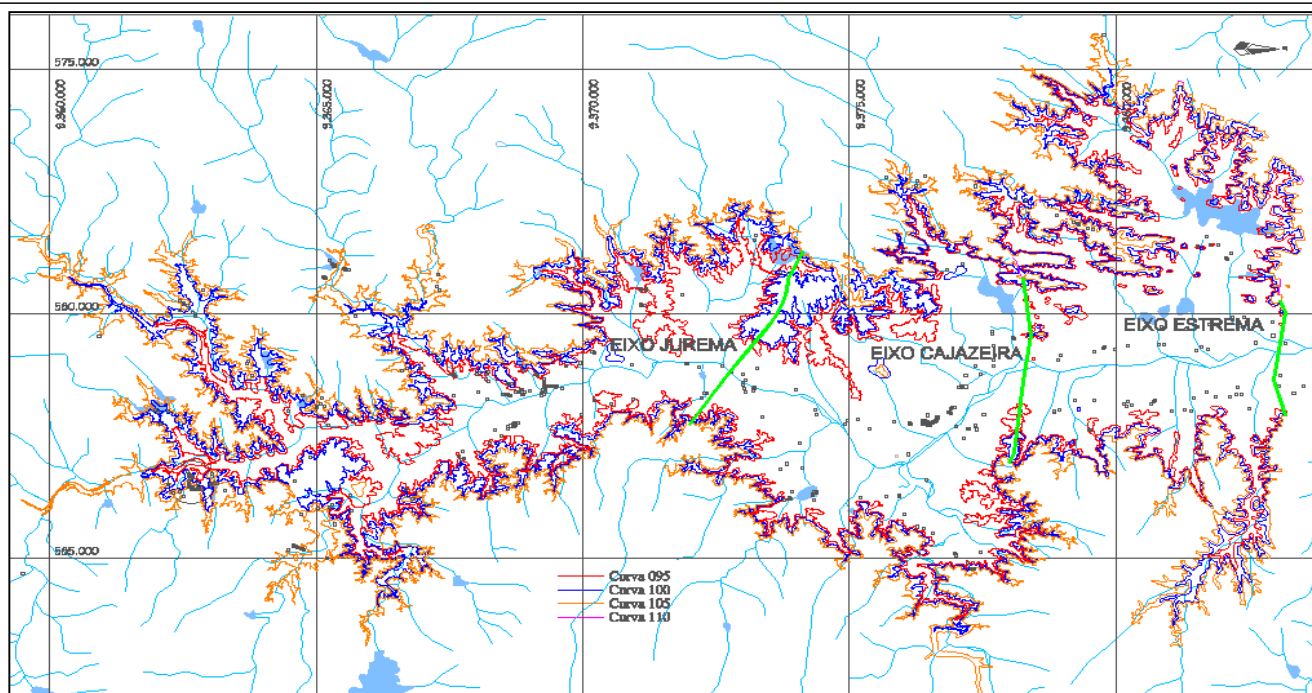
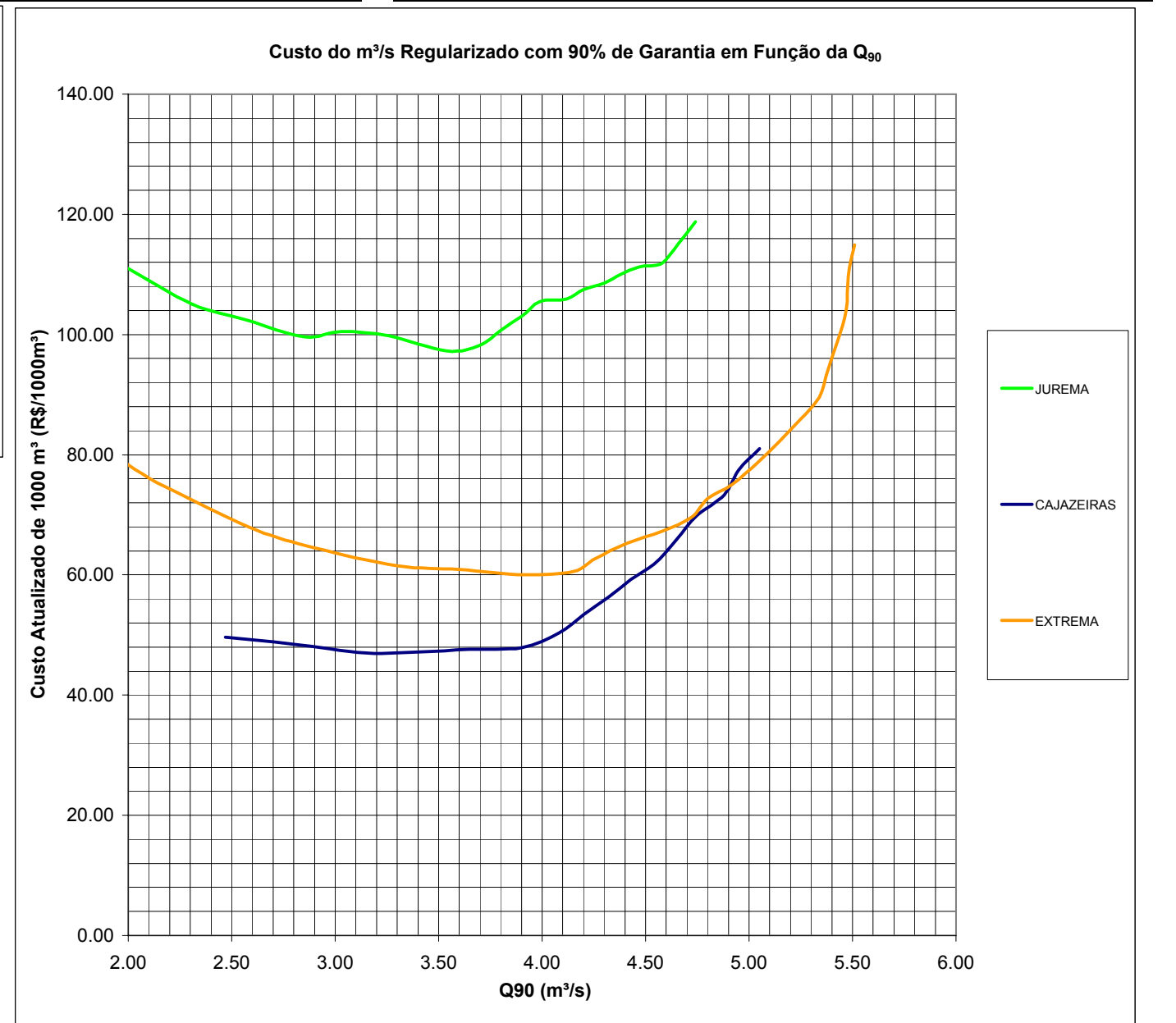
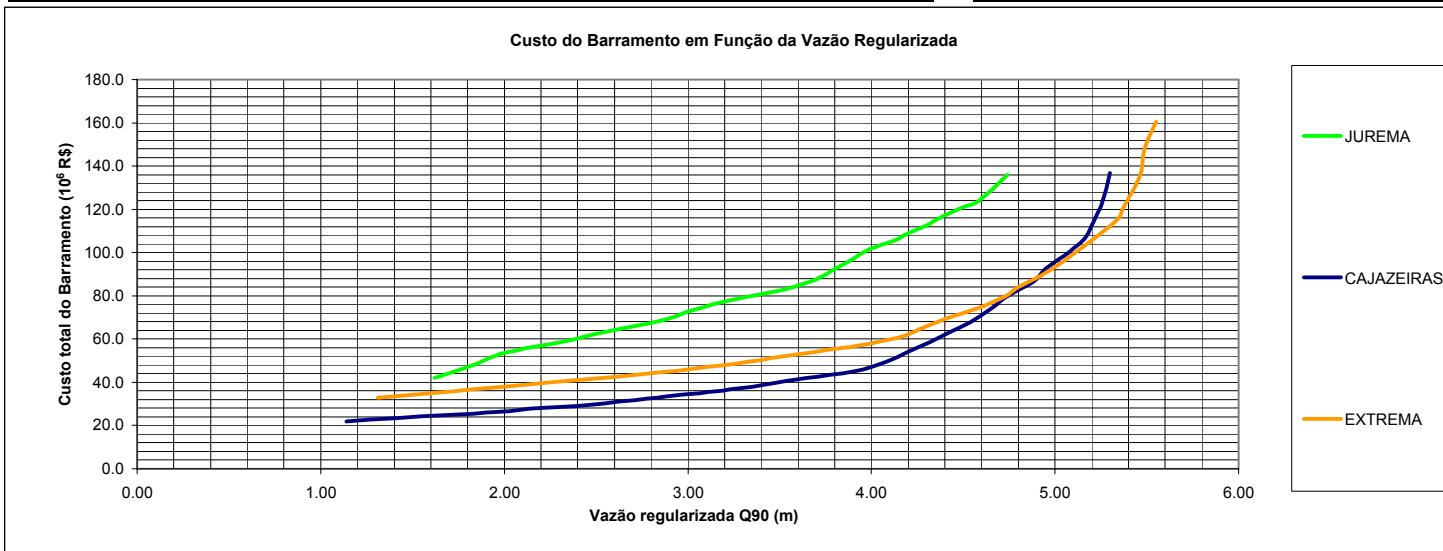


Fig. 10.4 - Análise de sensibilidade dos custos totais das barragens nos Eixos Jurema, Cajazeira e Extrema

Do exposto, conclui-se que os locais denominados Cajazeira e Extrema são, por esta ordem, os mais adequados à implantação da Barragem de Figueiredo, sendo o eixo Extrema penalizado, econômica e socialmente, pela sua maior interferência com áreas agrícolas, habitações e infra-estruturas de acessibilidade. O eixo Cajazeira tem ainda outros argumentos de preferência, designadamente devido ao fato de interessar o trecho de vale francamente mais apertado da área em estudo, correspondendo-lhe claramente o menor volume de barragem, face à reduzida largura do vale nas cotas mais baixas, associada à ocorrência de bem mais freqüentes afloramentos - que no entanto obrigarão pontualmente a alguns trabalhos de preparação e tratamento superficial desses afloramentos - estando ainda melhor posicionado relativamente à localização das potenciais jazidas.

O eixo Cajazeira é ainda aquele que aparentemente melhor corresponde às expectativas de benefício inerentes ao “Plano de Aproveitamento Hidroagrícola de Chapada do Atanásio / Catinga Grande”, relativo à irrigação de duas áreas da região com 2 000 ha e 5 000 ha, dada a sua maior proximidade e viabilidade técnico-econômica.

Assim sendo e face ao exposto, **assumiu-se para o local de implantação da barragem de Figueiredo, o boqueirão denominado Cajazeira**, decisão esta que está aliás em conformidade com as considerações constantes da Ata de Reunião efetuada em Alto Santo com as entidades e a população local (em anexo) e que permite portanto indiciar a sua boa aceitação a nível local.

## **11 - ANÁLISE DE PORMENOR DOS EIXOS ALTERNATIVOS NA ÁREA ENVOLVENTE DO LOCAL CAJAZEIRA**

## 11 - ANÁLISE DE PORMENOR DOS EIXOS ALTERNATIVOS NA ÁREA ENVOLVENTE DO LOCAL CAJAZEIRA

Para fundamentar e precisar melhor a escolha do eixo da Barragem de Figueiredo, tendo em consideração que o local escolhido apresenta algumas singularidades e irregularidades topográficas, com diversas selas que podem obrigar a tratamento particular, procederam-se ainda a estudos complementares de maior pormenor na área envolvente do local Cajazeira, tendo sido estudados diversos eixos a montante e a jusante, inicialmente, ainda com base na cartografia à escala 1:25 000 (Fig. 11.1). Em anexo, apresentam-se as diversas alternativas estudadas e as respectivas curvas de áreas inundadas e volumes armazenados.

Com base nesses estudos e em estudos adicionais, agora já sobre a cartografia à 1:5000, selecionou-se a alternativa mais interessante ao eixo base (Fig. 11.2 e Des. 2 e 3).

Como se pode observar no Des. 2 e Fig. 11.2, o estreitamento marcado do vale nas cotas mais baixas e a subida sensível e rápida para as duas ombreiras no eixo escolhido no local Cajazeira, conferem-lhe características únicas, no trecho de rio em estudo, em termos de otimização da volumetria da obra. O eixo alternativo selecionado corresponde ao que, comparativamente com os restantes eixos, tem menor desenvolvimento de baixa aluvionar e menor largura nas cotas mais baixas, sendo que interseta menor quantidade de afloramentos.

Para este eixo alternativo, cujas curvas de áreas inundadas, correspondentes volumes armazenados e volumes de aterro de barragem se representam nas Fig. 11.3 e 11.4, obtiveram-se, para uma vazão regularizada comparável com a assumida nos outros locais (4,4 m<sup>3</sup>/s), os seguintes indicadores:

Cota de plano de água –	(98,0)
Cota da crista da barragem –	(103,0)
Capacidade do reservatório –	519 hm <sup>3</sup>
Volume de barragem –	4,10 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Ordem de grandeza do custo da barragem (sem expropriações, nem reassentamentos) –	82 x 10 <sup>6</sup> R\$

Fig. 11.1



Fig. 11.2

Cota (m)	Área (ha)	Volume (hm <sup>3</sup> )
70	0.0	0.0
71	34.2	0.9
72	68.4	1.7
73	102.5	2.6
74	136.7	3.4
75	170.9	4.3
76	285.8	8.9
77	400.8	13.4
78	515.7	18.0
79	630.7	22.6
80	745.6	27.2
81	936.0	39.4
82	1,126.3	51.6
83	1,316.7	63.8
84	1,507.0	76.0
85	1,697.4	88.3
86	1,917.7	110.7
87	2,138.1	133.2
88	2,358.5	155.7
89	2,578.9	178.2
90	2,799.2	200.7
91	3,064.5	235.3
92	3,329.7	269.9
93	3,594.9	304.5
94	3,860.2	339.2
95	4,125.4	373.8
96	4,409.3	422.1
97	4,693.1	470.5
98	4,977.0	518.8
99	5,260.8	567.2
100	5,544.7	615.5
101	5,884.3	679.5
102	6,224.0	743.4
103	6,563.6	807.4
104	6,903.2	871.3
105	7,242.8	935.2
106	7,699.7	1,019.1
107	8,156.5	1,102.9
108	8,613.3	1,186.8
109	9,070.1	1,270.6
110	9,526.9	1,354.5

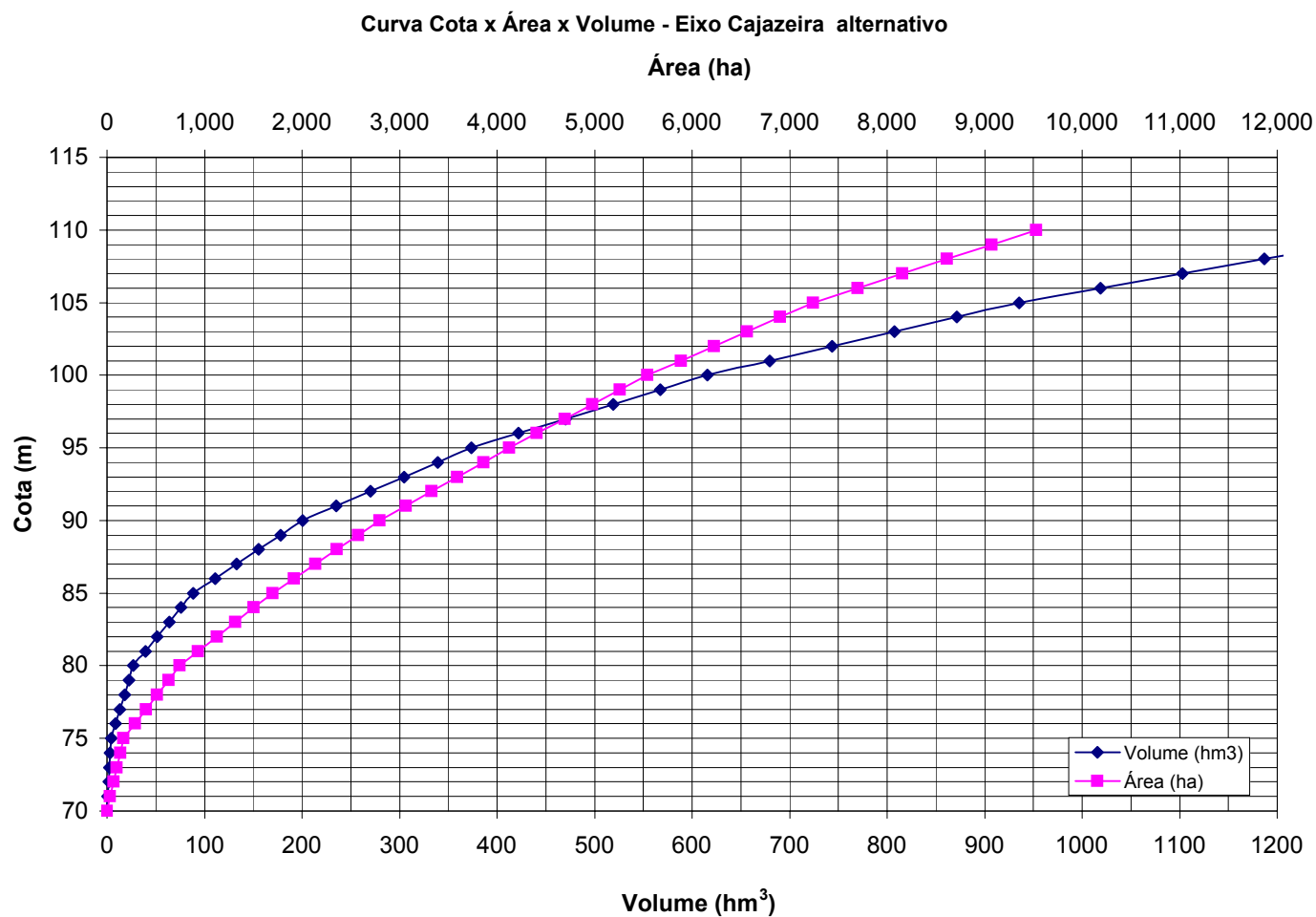


Fig. 11.3 - Local Cajazeira. Eixo alternativo. Áreas inundadas e volumes armazenados

Fig. 11.4

Como se pode constatar, há um agravamento significativo, em cerca de 1,2 milhões de m<sup>3</sup> do volume e, conseqüentemente, dos respectivos custos de obra, para a alternativa do eixo no local Cajazeira, o que permite ratificar com segurança a opção feita relativamente ao eixo escolhido e que é tratado em pormenor no capítulo seguinte e nos Des. 4 a 9.

Acresce que dos estudos de sensibilidade efetuados, mesmo para as outras cotas de plano de água dentro do leque de valores expectáveis para a otimização dos recursos hídricos, o eixo Cajazeira selecionado se mantém ainda como o local de barragem de maior interesse, ponderados os aspectos técnico-económicos e ambientais.

## **12 - SOLUÇÕES DE BARRAGEM E VERTEDOIRO ALTERNATIVAS NO EIXO CAJAZEIRA**

## **12 - SOLUÇÕES DE BARRAGEM E VERTEDOIRO ALTERNATIVAS NO EIXO CAJAZEIRA**

### **12.1 - CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS**

Para melhor aferir a viabilidade técnico-econômica do eixo Cajazeira e de modo a permitir um primeiro equacionamento de soluções alternativas da barragem – e, sobretudo, volumes dos diversos materiais de construção necessários para a obra - procedeu-se, já de posse de base cartográfica à escala 1:5000 com linhas de nível eqüidistantes de 1 m, à implantação de diversas soluções de barragem neste local.

Os estudos de implantação neste local foram apoiadas por novas visitas de reconhecimento do eixo de implantação da obra, visando sobretudo uma melhor identificação e caracterização das condições geológico-geotécnicas locais (fotos em anexo).

Para cota do nível de armazenamento normal foi assumida, nesta fase dos estudos, a (99) – Des. 1 - que teve como base um primeiro estudo de simulação da exploração do aproveitamento, conduzindo a uma vazão regularizada de cerca de 4,4 m<sup>3</sup>/s, com nível de garantia de 90%. (Fig. 12.1). Para esta cota de plano de água, o volume armazenado no reservatório é de cerca de 520 hm<sup>3</sup>, correspondendo a um coeficiente de armazenamento = volume de armazenamento / volume afluente de  $520/207 \cong 2.5$ .

Para a definição de uma primeira ordem de grandeza da dimensão do vertedouro e dos valores da folga para a crista da barragem, assumiu-se o valor de caudal de cheia afluente obtido no estudo hidrológico que, para o período de recorrência de 1000 anos, é de 4078 m<sup>3</sup>/s.

### **12.2 – CONSIDERAÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS**

À data de elaboração deste relatório estão concluídas no eixo Cajazeira todas as sondagens previstas para esta fase de reconhecimento, sendo 6 na margem esquerda, 3 na calha do rio e 5 na margem direita.

Fig. 12.1

A observação preliminar dos testemunhos e a análise de recuperação obtida confirmam em geral a excelência das características geomecânicas do maciço cristalino demonstradas pela elevada percentagem de recuperação e elevado RQD. Apenas pontualmente ocorrem intercaladas algumas zonas mais alteradas e fraturadas resultantes do tectonismo da formação. As sondagens na calha do rio evidenciam um enchimento aluvionar arenoso com seixos de cerca de 6 a 8 m de espessura.

Foram já executados todos os ensaios de perda de água previstos para as sondagens localizadas em ambas as margens e na calha do rio. A análise sumária dos resultados obtidos mostra que, em geral, o maciço é praticamente impermeável. Com efeito, uma vez ultrapassada a camada de solo residual de alteração da rocha, os resultados dos ensaios de perda de água registaram em geral reduzidas absorções (< 1 UL), mesmo para pequenas profundidades.

Constituem excepção à regra as sondagens SRC02 e SRC12, onde os trechos superficiais evidenciaram absorções relativamente mais importantes, respectivamente entre 7 e 15 UL na 1ª sondagem e de 8 UL na 2ª, provavelmente correspondentes a fraturas abertas em trechos localizados.

### **12.3 - SOLUÇÕES ESTUDADAS**

Face às condições topográficas e geotécnicas do local da barragem e à informação disponível sobre materiais a utilizar na construção da obra, foram estudadas três soluções alternativas de tipo de barragem (Fig. 12.2):

- i) Solução em aterro zonado;
- ii) Solução em enrocamento com laje de concreto no paramento de montante;
- iii) Solução em concreto rolado (CCR).

#### **i) Barragem de Aterro Zonado**

Para a solução de barragem em aterro zonado (Des. 4, 5 e 6) previu-se a utilização de materiais finos apenas num núcleo central, de modo a minimizar o volume necessário destes materiais, a obter nas áreas de empréstimo respetivas que, aparentemente, se revelam presentes a distâncias compatíveis com a sua viabilidade técnico-económica. Os maciços estabilizantes seriam construídos com material residual e de granulometria extensa (solos e rochas muito alterados) e enrocamento, obtidos das escavações para o vertedouro e do desmonte em pedreira de alguns dos afloramentos de grande possança que ocorrem no local.



Fig. 12.2

O núcleo e o contato com a fundação a jusante seriam devidamente protegidos por filtro de chaminé e tapete filtrante/drenante, prevendo-se a utilização dos materiais granulares ocorrentes ao longo da calha do rio para material de filtro.

O perfil-tipo poderá ainda ser objeto de otimização, designadamente, minimizando-se o volume de material do núcleo, dotando-o de taludes mais íngremes - função de um melhor conhecimento das características granulométricas e de plasticidade destes materiais – e minimizando o volume dos maciços estabilizantes, adotando também uma pendente mais íngreme para os paramentos exteriores, caso se confirme a maior viabilidade de utilização de material de enrocamento relativamente a outros materiais de aterro granulares adequados para o efeito. No entanto, face à fase preliminar dos estudos específicos do tipo de barragem no local escolhido, considerou-se prudente adotar uma metodologia conservativa que, eventualmente, conduzirá à definição de volumes necessários de materiais de construção e custos por excesso.

A morfologia do vale, com diversas “selas” associadas a afloramentos do maciço rochoso, de expressão e continuidade variável, levanta algumas preocupações ao nível do tratamento e do comportamento das interfaces maciço rochoso/solo fino da barragem. Acresce que se observou a ocorrência freqüente de diaclasamento sub-vertical com alinhamentos montante – jusante que poderá favorecer a instalação de caminhos de percolação preferenciais nesta direção com perdas de carga mínimas que poderão, se não forem devidamente acautelados, induzir potenciais cenários de erosão interna.

Na margem esquerda, a cerca de 200 m da calha do rio, reconheceu-se um trecho com cerca de 500 m de desenvolvimento longitudinal pelo eixo da barragem, em que a ocorrência de afloramentos de grande dimensão, de taludes por vezes muito íngremes, com alguma continuidade montante – jusante, é mais nítida. Nesse trecho, considerou-se pertinente integrar o vertedouro e as estruturas hidráulicas de tomada de água e de descarga de fundo numa obra de concreto rolado de perfil gravidade. O vertedouro será pois em lâmina aderente e os órgãos de fundo em orifício, criando-se através de escavação para modelação do terreno, um canal natural de restituição ao rio. O desenvolvimento da soleira do vertedouro seria da ordem dos 400 m, permitindo considerar alturas de lâminas de água para a cheia de projeto não superiores a 2 m. Como princípio de trabalho assumiu-se nesta fase preliminar dos estudos, um valor de folga (acima do nível de reservamento normal) igual a 4 m, que deverá ser suficiente para a verificação das duas combinações de acção habituais (1 - nível de reservamento normal + espraiamento provocado por um vento exepcional + assentamento; 2 –

nível de máxima cheia + espraiamento provocado por um vento habitual + assentamento), atendendo à metodologia do USBR, que será validada posteriormente. A cota da crista da barragem seria então (103).

O vertedouro poderá no entanto ser colocado noutros locais, havendo também condições para se equacionar a sua implantação nas ombreiras, devidamente separado da barragem, designadamente, em selas adjacentes ao trecho final da barragem, em qualquer das duas margens, implicando, nalguns casos, percursos de restituição relativamente longos até ao rio, que haverá que estudar. A ombreira direita parece ter melhores condições de implantação de um vertedouro deste tipo. No Des. 4 faz-se a implantação, nesta ombreira, de uma estrutura descarregadora alternativa cujas dimensões deverão, naturalmente, ser objeto de estudo específico em fases subsequentes dos estudos.

Feita a regularização da fundação e o tratamento de interface que se vier a revelar necessário nas zonas de afloramentos mais salientes, admite-se que se encontrarão boas condições de fundação do núcleo, em geral, 1 a 2 m abaixo da superfície do terreno e, na calha do rio, a 7 a 8 m de profundidade.

#### ii) Barragem de enrocamento com laje de concreto no paramento de montante

Tendo em consideração a disponibilidade no local da obra de diversos afloramentos com boas condições para a instalação de uma pedreira, considera-se pertinente equacionar uma solução de barragem de enrocamento com laje de impermeabilização a montante (Fig. 12.2 e Des. 5).

Efetivamente, a boa qualidade do maciço rochoso aflorante em diversos locais na área de inundação do reservatório, permite antecipar a existência de boas condições para a obtenção das granulometrias necessárias à execução de diversas zonas de aterro de enrocamento de granulometria extensa que integram o perfil tipo da barragem. A laje do paramento de montante, embora obrigue à mobilização de equipamento específico, teria uma altura moderada, não implicando dificuldades significativas, nem mesmo de fundação do respetivo plinto, já que o maciço rochoso exhibe boas características geomecânicas a cerca de 2 a 3 m de profundidade com excepção da calha do rio onde estas profundidades serão superiores, da ordem de 7 a 8 m. As soluções para o vertedouro serão, em tudo, semelhantes às referenciadas para a solução de aterro, prevendo-se a utilização dos materiais das escavações para a execução dos aterros de enrocamento.

### iii) – Barragem em Concreto Rolado (CCR)

A solução de barragem em concreto rolado (Des. 7 e 8) adequa-se particularmente bem à situação em estudo, dispondo-se no local de boas áreas de pedreira para exploração de inertes grossos e de areia de rio de boa qualidade e quantidade significativas. Por outro lado, a extensão significativa da barragem permite criar uma boa praça para o processo executivo de compactação de concreto por cilindro vibrador. O vertedouro ficaria, nesta solução, centrado com a calha do rio e teria um desenvolvimento menor - de cerca de 250 m - para facilitar a restituição, permitindo ainda manter a cota da crista da barragem à (103). As acessibilidades e as condições topográficas locais não levantariam qualquer dificuldade à instalação do canteiro que teria de integrar uma central de refrigeração.

As escavações para a criação de condições adequadas de fundação seriam em princípio mínimas, cerca de 2 a 3 m, a menos da zona da calha do rio onde atingiriam valores de cerca de 7 a 8 m, face à existência de nível aluvionar, essencialmente arenoso, suprajacente.

## **12.4 - TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO**

Desconhece-se nesta data, em detalhe, as características de permeabilidade do maciço de fundação. Julga-se, no entanto, que, pelo menos em algumas zonas do alinhamento da barragem, será necessário proceder ao tratamento de impermeabilização com cortina de injeções cimentícias com profundidade máxima que se estima da ordem dos 15 m. Qualquer dos tipos de solução considerados irão impor, ao maciço rochoso de fundação, gradientes não muito diferentes, pelo que, no que se refere a este aspecto, a questão do tratamento se põe de idêntica forma e extensão para todas elas. No entanto, caso se verifiquem absorções significativas nas fraturas de direção montante-jusante, à solução em aterro zonado poderão vir a estar associados tratamentos de consolidação e impermeabilização de maior importância. A solução em aterro zonado será aquela em que, apesar de tudo, os gradientes serão menores.

## **12.5 - MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL SUMÁRIAS**

Para permitir uma primeira caracterização dos volumes de materiais a obter e da ordem de grandeza dos custos estimados para a execução da obra, efetuou-se uma primeira medição e estimativa orçamental das soluções de barragem equacionadas que se apresentam nos quadros seguintes (Quadros 12.1 a 12.3).

Tendo em consideração os estudos e medição efetuada, estima-se que a ordem de grandeza do custo da obra se situará entre cinquenta a sessenta milhões de reais.

## **13 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO**

## 13 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS BÁSICOS E CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

Apresenta-se neste capítulo o ponto da situação do desenvolvimento atual dos **Estudos Básicos e Concepção do Projeto**.

Face ao extenso trabalho de compilação de informação realizado na fase de proposta foi possível, logo numa fase inicial de desenvolvimento dos estudos da Fase I – após a realização das primeiras visitas de reconhecimento aos locais alternativos e da caracterização preliminar destes locais e dos impactes e interferências das suas bacias hidráulicas – efetuar-se uma primeira seleção do eixo Cajazeira como a alternativa técnico-econômica e ambiental mais viável para implantação da Barragem de Figueiredo, sendo este eixo o que, em simultâneo, reunia o consenso político das Entidades e populações interessadas.

Assim sendo, foi possível, ao mesmo tempo que se desenvolviam os estudos multidisciplinares mais detalhados de justificação do eixo cuja escolha havia sido perspectivada, desenvolver ou iniciar os **Estudos Básicos** que integram a Fase III.

Assim, no que se refere aos **Levantamentos e Estudos Topográficos**, foi já terminado o levantamento planimétrico da bacia hidráulica e o levantamento à escala 1:5000 da área de implantação das obras.

Relativamente aos **Estudos Hidrológicos**, estes foram já entregues e analisados pelo SRH, estando atualmente em fase de revisão, refletindo as remodelações solicitadas.

Também os **levantamentos e Estudos Geológico-Geotécnicos** sofreram evolução significativa.

De fato, após o reconhecimento geológico de superfície, foi definido um programa de investigação preliminar orientado para a caracterização dos solos aluvionares (siltes e areias) e para a caracterização do maciço de fundação no eixo Cajazeira.

Para o efeito foram programados e executados alguns trados e sondagens a pá e picareta em zonas aluvionares mais alargadas, a montante, para definir a espessura desses solos e para a sua identificação laboratorial.

Visando o reconhecimento e identificação de disponibilidades em solos finos para o núcleo da barragem, foi definida uma extensa campanha de sondagens a pá e picareta, a cerca de 6 km do eixo Cajazeira junto à estrada para Alto Santo. Os materiais recolhidos foram objeto de ensaios de identificação laboratorial que permitiram já validar a adequabilidade, em quantidade e qualidade, dos solos investigados na jazida, estando a iniciar-se a realização de um programa de ensaios de caracterização.

Foi igualmente previsto um programa de investigações geotécnicas consistindo na realização de sondagens rotativas ao longo do eixo selecionado acompanhadas de ensaios de perda de água tipo Lugeon. Propôs-se a execução de 14 sondagens (duas na calha do rio) ao longo do coroamento, interessando sobretudo os pontos onde a barragem terá maior altura.

As sondagens foram inicialmente previstas com cerca de 30 m, mas prevendo-se que a sua profundidade fosse ajustada após se dispor de mais resultados dos ensaios de permeabilidade e da própria qualidade do maciço rochoso. Deste modo, a profundidade da maior parte das sondagens foi reduzida para cerca de 20 m após conhecimento das características geomecânicas e, em particular, da permeabilidade do maciço nos primeiros 3 ou 4 furos.

A orientação e a inclinação das sondagens foi definida de forma a que os furos atravessassem as diaclases mais freqüentes no maciço (algumas sondagens foram inclinadas 20° para montante).

O programa de sondagens rotativas e de investigações nas jazidas foi já terminado, estando em curso a interpretação conjugada de todos os resultados obtidos.

No que se refere à **Concepção Geral do Projeto**, o seu desenvolvimento está também em curso, tendo sido iniciado no âmbito da Fase I (capítulo 11 e 12), em que se procedeu a estudos específicos de lay-out e implantação das obras no eixo escolhido que foram objeto de pré-dimensionamento que baseou a sua definição geral, implantação e estimativa orçamental preliminar, pelo que a fase de Concepção do Projeto está bastante avançada nas suas várias frentes, preconizando-se a entrega do Relatório respectivo, assim como os dos Estudos Básicos no final de Fevereiro.

Lisboa, Janeiro de 2002

Pelo Consórcio COBA/VBA

Jorge Vazquez  
Coordenador dos Estudos



## MEMÓRIA

## **ANEXOS**

## ÍNDICES

## DESENHOS

## BARRAGEM DE FIGUEIREDO

### FASE I - ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

#### ÍNDICE DE DESENHOS

Nº	DESIGNAÇÃO
01 -	Reservatório
02 -	Análise de Alternativas ao Eixo Cajazeira
03 -	Local Cajazeira. Eixo Alternativo. Definição Geral
04 -	Solução de Aterro Zonado – Implantação Geral da Obra
05 -	Solução de Aterro Zonado e de Enrocamento – Planta, Perfil Longitudinal e Perfis Tipo
06 -	Solução de Aterro Zonado - Planta, Perfil Longitudinal e Perfis Transversais
07 -	Solução em Concreto Rolado - Planta, Perfil Longitudinal e Perfis Tipo
08 -	Solução em Concreto Rolado - Planta, Perfil Longitudinal e Perfis Transversais
09 -	Programa de Sondagens