

GOVERNO DO ESTADO



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

**PLANO DE APROVEITAMENTO MÚLTIPLO DOS  
RECURSOS NATURAIS DA BACIA DO RIO TIMONHA**

Estudo Ambiental do Rio Timonha

Relatório

**TEC CONSULT**

FORTALEZA  
JANEIRO 1995

# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

## SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

### PLANO DE APROVEITAMENTO MÚLTIPLO DOS RECURSOS NATURAIS DA BACIA DO RIO TIMONHA

### ESTUDO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO TIMONHA



SECRETARIA DOS  
RECURSOS HÍDRICOS - SRH



TEC-CONSULT LTDA

0167/01/B  
ex.1

ILT - Consultoria

Lote 01611

Brejo Xiqueiro

Itaboraí

0167/01/B

ies Ltda.

0167/01/B  
0167/01/B  
0167/01/B

0167/01/B  
0167/01/B  
0167/01/B

# GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

## SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

### PLANO DE APROVEITAMENTO MÚLTIPLO DOS RECURSOS NATURAIS DA BACIA DO RIO TIMONHA

### ESTUDO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO TIMONHA



TEC-CONSULT LTDA



TEC-CONSULT - Consultoria, Projetos, Irrigação, Comércio e Representações Ltda

Novembro de 1995

000003



SUMÁRIO



## SUMÁRIO

	Página
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	1
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	5
2 1- CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA	6
2 2- O CONTROLE PRÉVIO DOS IMPACTOS	7
2 3- ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	9
2 4- CHAVAL - CIDADE A SER ABASTECIDA	10
2 5- IMPACTOS POTENCIAIS	11
<b>3 - ESTRUTURA LEGAL, POLÍTICA E ADMINISTRATIVA</b> .....	15
<b>4 - DESCRIÇÃO DO PROJETO</b> .....	19
4 1- LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	20
4 2- ESTUDOS BÁSICOS	20
4.2.1 - Levantamentos Topográficos .....	20
4.2.2 - Estudos Hidrológicos... ..	20
4 2.3 - Estudos Geológico/Geotécnicos .....	25
4 3- INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS BASICOS NA CONCEPÇÃO DO PROJETO	28
4 4- CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS	28
4 4.1 - Generalidades . . . . .	28
4.4 2 - Barragem Principal . . . . .	29
4.4 3 - Barragem Auxiliar .....	29
4.4 4 - Sangradouro... ..	29
4.4 5 - Tomada D'água ... ..	30
4.4.6 - Análise da Estabilidade .. ..	30
4.4.7 - Ficha Técnica da Barragem Itaúna.. .....	31
4 6- CARACTERIZAÇÃO SISMOLÓGICA	32
4 7- PLANO DE UTILIZAÇÃO MULTIPLA DO RESERVATÓRIO	34
4.7.1 - Medidas Corretivas e Preventivas.....	34
4.7 2 - Abastecimento de Populações....	37
4 7.3 - Abastecimento Industrial... ..	37



4.7.4 - Irrigação...	38
4.7.5 - Recreação.	38
4.7.6 - Uso Pastoral	38
4.7.7 - Preservação da Fauna e da Flora	39
4.7.8 - Diluição de Despejos	39
<b>5 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL</b>	<b>40</b>
5.1 - ÁREAS DE INFLUÊNCIA	41
5.2 - ASPECTOS FÍSICOS	41
5.2.1 - Estudo dos Solos	41
5.2.2 - Características Físicas da Bacia Hidrográfica	49
5.2.3 - Caracterização Climática da Bacia	50
5.2.4 - Balanço Hídrico	52
5.2.5 - Caracterização Pluviométrica	53
5.2.6 - Cadastro Hídrico	53
5.2.7 - Geologia Regional da Bacia	55
5.2.8 - Hidrogeologia da Bacia	59
5.2.9 - Geomorfologia	60
5.3 - ASPECTOS BIOLÓGICOS	61
5.3.1 - Unidades Fitoecológicas da Bacia do Rio Timonha	61
5.3.2 - Flora	62
5.3.3 - Fauna	64
5.4 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	65
5.4.1 - Aspectos Demográficos	65
5.4.2 - Aspectos Econômicos	66
5.4.3 - Infra-Estrutura	69
5.4.4 - Aspectos Sociais	71
5.4.5 - Contas Municipais	72
5.4.7 - Aspectos Políticos	72
<b>6 - IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>74</b>
6.1 - ASPECTOS METODOLÓGICOS	75
6.2 - LISTAGEM DOS IMPACTOS RELEVANTES	77



<b>7 - ALTERNATIVAS DE BOQUEIRÃO ESTUDADAS.</b>	<b>80</b>
<b>8 - PLANOS DE CONTROLE AMBIENTAL.</b>	<b>83</b>
8.1 - PLANO DE DESMATAMENTO DA BACIA HIDRÁULICA	84
8.1.1 - Técnicas e Equipamentos de Desmatamento ... ..	84
8.1.2 - Corredores de Escape da Fauna. .	85
8.1.3 - Área a Ser Desmatada e Áreas a Serem Preservadas ..	86
8.1.4 - Recursos Florestais Aproveitáveis . . . . .	86
8.1.5 - Planejamento do Processo de Desmatamento ... .	87
8.2 - PLANO DE PROTEÇÃO DA FAUNA	87
8.2.1 - Aspectos Gerais ... ..	87
8.2.2 - Salvamento da Mastofauna ..	88
8.2.3 - Salvamento da Ornitofauna. ....	88
8.2.4 - Salvamento da Herptofauna . . . . .	88
8.2.5 - Salvamento dos Artrópodes e Outros Invertebrados . . . . .	88
8.2.6 - Proteção dos Trabalhadores e População Residente nas Adjacências...	89
8.3 - PLANO DE PEIXAMENTO DO AÇUDE PÚBLICO ITAÚNA	89
8.3.1 - Indicação das Espécies Melhores Adaptadas ao Peixamento em Açudes no Nordeste.. ..	89
8.3.2 - Objetivos do Povoamento ... .	91
8.3.3 - Etapas do Programa de Povoamento . . . . .	91
8.4 - PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS	92
8.5 - PLANO DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS	94
8.6 - PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO	94
<b>9 - GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA</b> .....	<b>95</b>
<b>10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> ..	<b>102</b>
<b>11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ....	<b>105</b>

**ANEXOS**

**APRESENTAÇÃO**

O presente documento constitui um Estudo ambiental da Bacia do Rio Timonha e, por tratar de projeto de natureza impactante, seguiu as diretrizes e critérios contidos nos Termos de Referência, conforme Contrato Nº 41/95 firmado entre a TEC-CONSULT - Consultoria, Projetos, Irrigação, Comércio e Representações Ltda e a SRH - Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, com vista à Elaboração do Plano de Aproveitamento Múltiplo dos Recursos Naturais da Bacia do Rio Timonha

A construção do Açude Público Itaúna é um empreendimento da Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, e está prevista no Projeto de Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará (PROURB-CE) / Infra-Estrutura de Recursos Hídricos, representando um compromisso político do Governo do Estado do Ceará para com os municípios do interior semi-árido

O relatório refere-se a realização de pesquisas, estudos, reconhecimento de campo e discussões técnicas, entre profissionais de áreas interdisciplinares, para elaboração de estudo ambiental, concernente à construção de açude, aproveitamento hidroagrícola e controle ambiental do sistema lacustre da bacia do rio Timonha

O principal propósito ~~desse~~ trabalho é identificar e avaliar as eventuais incompatibilidades ambientais, vistas sob formas de impactos e sugerir alternativas que mitiguem as ações adversas, de tal modo que, os componentes dos ambientes físico-biológicos e sócio-econômicos não sofram danos irreparáveis e, ainda, que a execução de tais obras sejam ganhos essenciais a prosperidade local e regional

Para tanto, estabeleceu-se um processo de avaliação de impactos que considere a ocorrência, conservação e desenvolvimento dos recursos ecológicos existentes, as dimensões e componentes do empreendimento e as consequências diretas e indiretas decorrentes de sua instalação e operação, por fim, a reação acrescentadas à paisagem, aos hábitos sociais e aos aspectos econômicos, já organizados na região

É também parte integrante do trabalho a orientação para um correto monitoramento, considerando, principalmente, usos múltiplos da água, controle de qualidade da água, estado trófico e eutrofização, preservação das áreas de entorno do reservatório e sistemas lacustres, distribuição de rede de observação e coleta de dados e recomposição da vegetação natural



**1 - INTRODUÇÃO**

Pela primeira vez a bacia do rio Timonha foi contemplada com um estudo objetivando conhecer os seus recursos naturais e suas potencialidades de aproveitamento múltiplo

Como parte da bacia do rio Coreau, a sub-bacia do rio Timonha foi objeto de citações em diversos estudos, mas não tinha ainda despertado maiores interesses por parte dos setores governamentais. No PERH (Plano Estadual dos Recursos Hídricos), a bacia do rio Timonha foi especificada como uma bacia independente, isto é, com características próprias

Esse estudo se propõe a realizar o primeiro plano específico de aproveitamento de seus recursos naturais, principalmente os recursos hídricos e estudo ambiental. O estudo dos recursos hídricos terá como objetivo principal, realizar o projeto básico de uma barragem de porte médio na bacia, regularizando as águas do rio Timonha no trecho compreendido entre o boqueirão barravel denominado Itaúna e a cidade de Chaval, com vistas ao abastecimento d'água do principal centro populacional da região, a cidade de Chaval, distrito Passagem do Vaz, demais distritos e comunidades espalhadas na bacia, passíveis de serem atendidas pelo sistema, o aproveitamento hidroagrícola de grandes manchas de solos podzólicos/latosólicos em associação, cujas áreas representam mais de 8 000 ha de solos aptos para irrigação, incrementação da produção de peixes e controle ambiental do sistema lacustre da bacia



**2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

## 2.1 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA

A bacia do rio Timonha, integrante da bacia do rio Coreau, constitui o conjunto de bacias independentes posicionadas adjacentes à bacia do rio principal, Coreau, drenando uma área de 1 851,4 km<sup>2</sup>

Domina todo o município de Chaval e parte dos municípios de Barroquinha, Granja, Viçosa do Ceará e Tianguá

Essa bacia, a mais ocidental do Ceará, é formada pelo rio Timonha e pela parcela cearense do rio Ubatuba, depois denominado São João da Praia, entre o Ceará e o Piauí. Estes dois rios, além de outros do vizinho estado do Piauí, deságuam na mesma foz denominada Barra do Timonha

O rio Timonha nasce na Serra da Pindaúba enquanto que o rio Ubatuba se origina na serra homônima. O tipo de relevo divide-se em duas parcelas distintas: a montante, é movimentada e a jusante é bem suave.

Limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao leste com a bacia do rio Coreau, ao sul com parte da bacia do Coreau e da bacia do Parnaíba vertente do Ceará, e ao oeste com parcela da sub-bacia do Longá da bacia do Parnaíba pertencentes ao vizinho estado do Piauí.

Os principais parâmetros da bacia do rio Timonha são os descritos a seguir:

- área 1 851,4 km<sup>2</sup>,
- perímetro 232 km,
- extensão do talvegue 100,5 km,
- índice de compacidade 1,50,
- fator de forma 0,18,
- declividade 0,99 ‰

Quanto aos aspectos climáticos, caracteriza-se por uma acentuada irregularidade na distribuição temporal das precipitações, e que termina por conduzir, em conjunção com outros fatores, à situação de escassez hídrica tradicional da região.

Na área mais litorânea, a média da temperatura oscila de 26°C a 27°C, alcançando o patamar de 28°C para as zonas interiores.

A umidade relativa do ar, bem como praticamente todos os parâmetros climáticos, está intimamente ligada à pluviosidade. No período de chuvas ela quase sempre supera 80%, sendo que, nas regiões litorâneas, alcança valores próximos de 90%. No período de estiagem, a umidade reduz-se, situando-se, geralmente, entre 60% a 65%.

Geologicamente a área pode ser dividida em duas grandes províncias, uma sedimentar e uma cristalina.

A densidade demográfica apresentada na bacia é de 20,23 hab/km<sup>2</sup>

O local barrável está situado no município de Chaval aproximadamente no meio da bacia, distando em torno de 70 km das nascentes do rio, no ponto das coordenadas geográficas 3° 8' 54" Sul e 41° 10' 00" Oeste

A Figura 2.1 mostra a localização da bacia

## 2.2 - O CONTROLE PRÉVIO DOS IMPACTOS

A preocupação crescente para reduzir, a níveis mínimos, as diferenças intra e inter-regionais tem despertado especial atenção às questões relacionadas com a disponibilidade hídrica. O aproveitamento de um curso d'água à medida que pretende equacionar problemas e criar uma situação de otimização regional, conforme os fins a que se destinam a água, cria incompatibilidade com as condições da natureza. Mas, por outro lado, os fenômenos naturais afetam, às vezes com grande intensidade, as obras hidráulicas formando, de certa maneira, outra forma de conflito. Esse campo do estudo ainda é pouco conhecido. As atividades que devem ser desenvolvidas para o aproveitamento das águas do rio Timonha começam na fase de planejamento, quando se pode formar uma ideia bastante clara da finalidade a que se destina o aproveitamento e dos impactos resultantes das ações que ocorrem antes, durante e depois da execução das obras.

O exame das possibilidades físicas de aproveitamento das águas do rio Timonha começou com avaliações feitas sobre áreas mais extensas, utilizando bibliografia disponível e prosseguindo com incursões de campo e visitas na área. Pontos vulneráveis à ocorrência de impactos foram observados, notadamente, em relação aos moradores cujas residências estão localizadas na cota da formação do açude. A partir de diálogos estabelecidos com moradores, pode ser constatado que os estudos e promessas para construção da barragem são antigos e já eram do conhecimento de pais e avós dos atuais moradores.

A expectativa de execução da obra já vem de longa data, e é tida como geradora de benefícios, em todas as suas fases. O grau de interferência, no conjunto dos componentes naturais do espaço atingido, nas atividades e na organização sócio-econômica, são aqui tratados como impactos potenciais.

Ao planejador do uso do recurso cabe procurar propor o equacionamento dos conflitos decorrentes da intervenção das obras, ou seja dos impactos, em todas as fases do empreendimento, de modo que os impactos positivos superem em muito os efeitos dos impactos negativos para que, da melhor forma, sejam alcançados os objetivos pretendidos. Para essa análise de impactos potenciais foram utilizadas

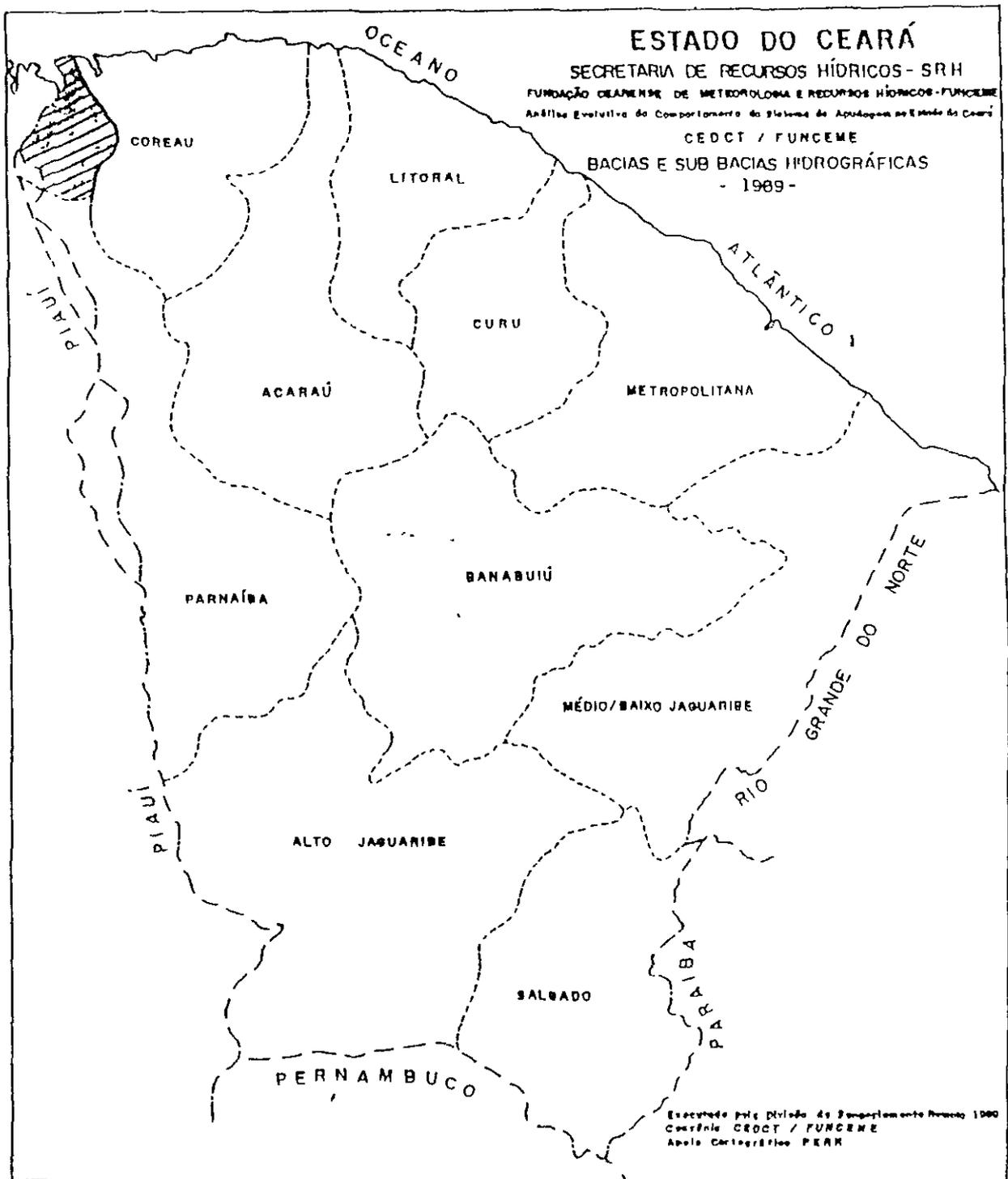
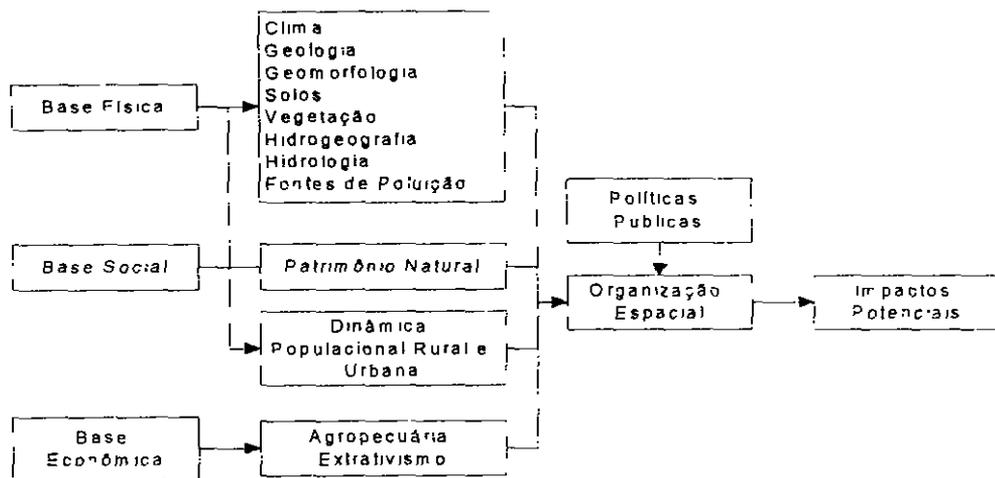


FIGURA 2.1 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA



### 2.3 - ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

O rio Timonha nasce e drena área de superfícies baixas e está localizado na porção do extremo norte-ocidental do estado, muito próximo à fronteira com o estado do Piauí. Suas nascentes estão sobre rochas do embasamento cristalino, e depois de percorrer cerca de 30% do seu curso entra em terrenos do Grupo Barreira, onde se encontra a cidade de Chaval. O Grupo Barreira - Era Cenozóica, Período Terciário - apresenta-se como uma faixa, de largura variável, que acompanha o litoral em toda sua extensão e separa as áreas de dunas, aluviões e paleodunas dos terrenos formados pelas rochas cristalinas do pré-cambriano, que dominam toda a parte central do estado.

A evolução morfoclimática dependente de climas secos atribui à geomorfologia do Ceará superfícies de aplainamento. No dizer de Ab Saben "a extensão das depressões sertanejas sugere que prolongados períodos resistásticos perduraram durante grande parte do Cenozóico Superior". O resultado de vários fatores interagindo é que provocam, pelo menos, duas épocas propícias ao desenvolvimento da pediplanação. A primeira, a partir do final do Plioceno, é encontrada em vários locais, entre eles nos arredores de Forquilha e nas proximidades de Granja, portanto em área não distantes da área de influência do rio Timonha.

Todo curso do rio Timonha está em um corredor de planossolo solódico que são solos relativamente rasos, com textura do horizonte A, em geral, arenosa sobre um horizonte B, altamente argiloso. Não são boas as condições físicas desse tipo de solo, resultando, na época de inverno, em solos sem estrutura, com aspecto maciço e podem apresentar fendilhamento nas épocas de secas. Com índices de acidez de moderada a forte, esses solos têm alta saturação de bases, capacidade de troca de cátions de média a alta e soma de bases também de média a alta. Apresentam acúmulo de sódio trocável, normalmente entre 6 a 15%.

Solos Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico e Distrófico são encontrados nos municípios de Chaval, Granja e Camocim e suas ocorrências se sucedem aos planossolos sódicos, fora da área de influência direta dos cursos d'água. Os podzólicos são próprios para receber irrigação, quando o relevo for favorável e quando, naturalmente, houver disponibilidade de água. Pode-se afirmar subsistência como mandioca, milho, feijão e também para algodão, cajueiro e pastagem para a



pecuária No caso dos solos podzólicos distróficos é recomendado o uso de fertilizantes e a correção da acidez devido a forte acidez e por apresentarem baixa fertilidade

O médio e baixo curso do rio Timonha estão classificados com índices médios anuais em torno de 1 100 mm de precipitação, A vegetação é formada por mata-ciliar de carnaúba própria do baixo curso dos rios, com pouca declividade, onde os processos de sedimentação são maiores que os de erosão Essa palmeira aparece associada com o mulungu (*Erithrina velutina*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), oiticica (*Licania rigida*) e ingá-bravo (*Lonchocarpus sericeus*) e outras espécies, e trepadeiras Saindo da área mais próxima das margens do rio Timonha, a vegetação é típica de área litorâneas, com predomínio de espécies como João-mole (*Pisonia tomentosa*), Jucá (*Caesalpinia ferrea*) e também o Juazeiro

O extrativismo vegetal tem, na região do rio Timonha, fortes atividades por se encontrar bastante disseminado nas faixas que acompanham o rio, recobrendo os solos de aluviões e os hidromórficos A carnaúba é planta adaptada ao clima semi-árido, e graças ao fato de que ela segrega um pó cerífero que recobre sua folhagem como proteção ao processo de evapotranspiração tornou-se matéria prima bastante explorada para construção na zona rural O beneficiamento do pó, para o preparo de cera, ainda mantém muitas famílias residindo na zona rural por conta da atividade da obtenção do pó da folha de carnaúba

Na região também foram encontrados cajueiros nativos no meio da mata, embora não parecesse que eles tivessem chance de serem explorados economicamente, pelo grau de dispersão espacial que apresentam

Essa característica de forte domínio da carnauba, na região de influência do rio Timonha, traduz alguns conflitos ambientais enfrentados pela população a pouca disponibilidade de água no decorrer do ano, a fragilidade dos solos e ausência de uma política estimuladora à fixação do homem no campo, através de práticas agrícolas rentáveis Dessa forma, permanecem as carnaubeiras como fonte de extrativismo, garantindo o mínimo necessário à manutenção da família, isto é, a venda do pó garante recursos para as compras de abastecimento doméstico

#### 2.4 - CHAVAL - CIDADE A SER ABASTECIDA

Localizada a cerca de 18 km do local selecionado para o aproveitamento, a cidade de Chaval surpreende por suas inusitadas condições geográficas a dispersão das águas do rio, em vários canais e a interferência antrópica para a extração do sal configuram um quadro fluvial difícil de ser hierarquizado Junto a essa paisagem de braços de rios surgem afloramentos rochosos de vários tamanhos, em locais desde a beira do rio até áreas centrais da cidade

A instalação de armazéns construídos em madeira, dispostos de maneira não planejada e as áreas para secagem do sal atribuem, ao setor norte da cidade, um caráter de profunda alteração ambiental A população, mesmo com a presença do rio Timonha, não desfruta de locais de paisagem agradável, a degradação ambiental é a tônica marcante A população que habita essa área é de baixa renda e ocupam pequenas casas construídas umas bem próximas das outras Não estão presentes pomares, jardins ou quintais aproveitáveis A vida gira em torno das

atividades de extração do sal. Nos meses de inverno, quando cessam essas atividades, a vida econômica e financeira da cidade sofre profundas alterações: caem os movimentos nas lojas e mercados. Mas, o grande prejuízo que sofre a população, independente da época do ano, diz respeito à qualidade da água disponível. A água salobra cria impedimentos à qualquer projeto que se pretenda implantar na cidade. Restaurantes e locais de hospedagem realizam malabarismos para transformar a água salobra em água potável, para atender os recém-chegados à cidade e que ainda não estão adaptados ao estranho sabor. O abastecimento de água, devido a sua qualidade, cria situação que afetam a população de 7 000 pessoas, residentes na área urbana. Chaval tem superado as questões que envolvem a má qualidade da água, graças à presença das empresas que exploram as salinas existentes na cidade, com garantia de empregos e salários. No período de 1970-80 a cidade teve sua população aumentada em cerca de 10% e no período de 1980-90 o aumento foi de 12%. Ao contrário do que acontece em muitos municípios, a população da área rural se manteve estável no período 1970-80 e apresentou crescimento aproximado de 11%, na última década.

O acesso de Chaval ao local indicado para a barragem é feito por caminhos, às vezes mal definidos, assemelhando-se a trilhas no meio da vegetação nativa. Casas isoladas são encontradas ao longo do percurso. O bairro rural denominado Itauna é referência para se chegar ao local. Esse bairro é formado por um conjunto de casas, ao redor de uma praça onde está a igreja, estabelecimentos comerciais de secos e molhados e bar abastecem a população rural das proximidades.

A sequência de casas, dispostas de maneira linear e espaçadas, acompanham o trecho da estrada entre Itauna e local próximo do barramento. As relações de vizinhança e o tempo de residência no local fazem com que muitas famílias prestem informações dos moradores dos sítios vizinhos. Esse fato destaca que os habitantes da região estão lá há muito tempo. Os moradores vivem da exploração da carnaúba, pecuária bovina e caprina e plantio de culturas de subsistência. Os problemas enfrentados por eles dizem respeito à falta de estradas, pois tudo o que necessitam como emergência cria a necessidade de deslocamento até Chaval. Esse deslocamento por 18 km de trilhas esburacadas é, além de desconfortável, um desafio na época de chuvas. Essa aparente pequena distância torna-se enorme quando se considera o tempo gasto com a viagem. Os reflexos dessa situação atingem diversos interesses, com conotação negativa nas áreas sociais e econômicas.

## 2.5 - IMPACTOS POTENCIAIS

O aproveitamento do recurso hídrico, à medida que visa equacionar os problemas, conforme os diversos fins a que se destina a água, influi sobre as condições da natureza. Mas, por outro lado, deve-se lembrar que os fenômenos naturais afetam, com grande intensidade, as obras hidráulicas formando, de certa maneira outra forma de conflito, ou de impacto.

As atividades que devem ser desenvolvidas, para o aproveitamento do rio Timonha, começam na fase de planejamento quando se pode formar uma idéia bastante clara da finalidade a que se destina a obra, e das suas repercussões sobre vários aspectos cujas ações ocorrem antes, durante e depois da execução da obra. As soluções devem ser encontradas em tempo hábil, sob

o risco das perdas se tornarem irreversíveis, reforçando a necessidade de levantamento dos impactos potenciais na fase de planejamento

A primeira grande alteração que a execução da obra ocasionará será a formação de um novo sistema aquático pela transformação de um trecho do rio em açude. Essa alteração provoca novas condições limnológicas e, portanto, a formação de novas cadeias biológicas, podendo desaparecer tipos biológicos do ecossistema que existiam antes. Também se altera o ecossistema terrestre, na medida em que áreas são inundadas, e, em consequência certos tipos de solos e de vegetação não se adaptam às modificações ocorridas. A fauna também é atingida em seus habitats. É necessário, então, avaliar essas ocorrências e os desequilíbrios que podem acontecer. Estudos, principalmente da fauna, necessitam ser feitos com bastante antecedência para que haja tempo de se avaliar o comportamento dos animais, pelos menos em uma estação de secas ou de chuvas. Os hábitos alimentares dos animais e os locais dos seus refúgios são variáveis, ou influenciados pela situação climática, isto é, presença de água e de nutrientes em épocas e quantidades suficientes. Sob esse aspecto, a região será beneficiada pela ampla superfície aquática que vai se formar, restando as questões dos habitats e desaparecimento da vegetação que será coberta pelas águas do açude.

A finalidade desse empreendimento, além de abastecimento para a cidade de Chaval, e equilibrar a vazão e fornecer água para projetos de irrigação. Sob esse último aspecto deve-se considerar que o manejo da água deve ser adequado para cada condição de solo-clima-cultura e aí devem ser considerados vários parâmetros dos solos que o influenciam. O conhecimento de todos os componentes do balanço hídrico permite acompanhar a evolução do armazenamento da água no solo e, assim, estabelecer um manejo agrícola adequado que vise a conservação do solo e da água. A grande maioria dos balanços hídricos realizados em culturas agrícolas mostra que precipitação e evapotranspiração são os componentes principais. Então, é importante que esses dados estejam disponíveis e sejam utilizados nos estudos, como indicador de um manejo eficiente da água.

Os impactos potenciais que podem ocorrer incluem a contaminação de aquíferos. A lixiviação de nutrientes do solo e do fertilizante é uma função da drenagem profunda que é também responsável pela recarga dos aquíferos. É importante saber quais os parâmetros do solo que mais afetam o regime de água de um solo e como eles atuam.

A retirada da cobertura vegetal nas áreas de acesso, de pátio dos trabalhos e outras, faz com que o solo perca gradativamente matéria orgânica e, com isso, há diminuição da água disponível, provocando compactação do solo, afetando a área atingida de várias maneiras, como alteração do fluxo de água no solo, portanto, na dinâmica da água, na superfície do solo o resultado é uma diminuição da taxa de infiltração de água. A compactação é um impedimento para o desenvolvimento radicular.

Na fase das obras, impactos sobre os solos podem ocorrer devido às ações erosivas sobre solos desprovidos de vegetação, pelo arraste de quantidade de material sólido pelas águas de chuva. As águas de irrigação que não penetram no solo também podem arrastar material sólido provocando erosões.

Quanto aos fatores do clima a mais evidente alteração refere-se ao processo de evaporação devido ao aumento considerável de exposição de superfície líquida. Outros fatores que apresentam modificações são

- radiação solar - age aumentando a temperatura da água
- temperatura do ar - pode agir transferindo calor por condução para a água, também aumentando sua temperatura
- umidade relativa do ar - com o abaixamento de umidade relativa aumenta-se a evaporação

Em grandes superfícies líquidas, como Itaipu, há indicadores que a formação dos reservatórios aumentou as ocorrências de nevoeiro na região. Não tem-se conhecimento se esse tipo de impacto ocorre em superfícies bem menores e sob diferente situação climática.

O que se pode concluir, em relação a impactos potenciais relacionados com os fatores climáticos, é que é difícil separar a ação de cada um deles, pois os mesmos agem simultaneamente. Mas, quanto maior for a disponibilidade de energia solar, temperatura do ar, velocidade do vento, e quanto menor for a umidade relativa do ar, maior deverá ser a taxa de evaporação/evapotranspiração.

O enchimento do açude, sem que tenha sido retirada a cobertura vegetal da área, provoca danos à qualidade da água, alterando para menos a quantidade de oxigênio dissolvido com danos ao fitoplâncton e ao zooplâncton. Alterações físico-químicas se processam à medida que o material submerso começa a se decompor provocando a formação de gases que contribuem para a morte de peixes e animais aquáticos.

Considerando que a água armazenada terá como primeira prioridade o abastecimento da cidade de Chaval, os benefícios resultantes se traduzem no conforto e na saúde de sua população, impactos esses já suficientemente fortes para provocar a execução da obra. Paralelo a esses fatos estão o aumento da oferta de emprego, a expansão das vendas e negócios no município pela maior disponibilidade de dinheiro, valorização das terras tanto do campo como das propriedades urbanas, expansão e melhoria da rede viária, aumento da capacidade de comunicação entre as áreas rural e urbana, expansão da oferta de bens e serviços decorrentes dos empregos gerados pela obra.

Mais que tudo, a fixação do homem no campo e valorização dos resultados do seu trabalho dará novo incremento à economia local. A população das áreas próximas ao ponto do aproveitamento sabem que os benefícios resultantes são superiores à perda das terras, que porventura deixarão de utilizar com a formação do açude.

Em uma avaliação prévia dos impactos sobre as moradias localizadas dentro da cota do açude, chega-se a um máximo de 40 famílias que terão que ser reassentadas. Os impactos aqui atingem várias proporções, pois muitas das famílias vêem a construção do açude como último recurso para melhorar suas condições de vida.

Além da perenização da parte do curso do rio Timonha o açude propiciará o plantio com irrigação. Os impactos dos solos semi-áridos, onde a evaporação é alta e a pluviosidade é baixa, quando submetidos à irrigação, estão sujeitos a um aumento no teor de sais solúveis e sódio trocável, dependendo entretanto das características físicas e químicas do solo, qualidade da água e práticas de manejo. Com a finalidade de detectar o possível aparecimento desses impactos, há necessidade de se realizar levantamentos das características do solo antes da implantação do projeto e posterior monitoramento da qualidade da água e das condições do solo.

O uso de fertilizantes também deve ser considerado no manejo de áreas irrigadas pois podem contribuir de modo acentuado para o aumento da salinidade e sódio trocável nos solos de textura argilosa, como camadas endurecidas e de baixa condutividade hidráulica.

Como se observa, os fatores do meio ambiente físico e biológico são os mais sensíveis a toda forma de impactos negativos, notadamente os solos que recebem irrigação. Por outro lado, a capacidade de uso agrícola das terras próximas ao açude, os benefícios que ambas populações rural e urbana vão receber, identificam uma longa relação de impactos positivos com perspectivas de desenvolvimento local e melhoria da articulação regional entre Chaval, Granja e Camocim, sendo estes últimos municípios mais importantes no quadro regional.

**3 - ESTRUTURA LEGAL, POLÍTICA E  
ADMINISTRATIVA**



As obras de açudagem no Estado do Ceará se fazem particularmente necessárias quando se considera que a situação sócio-econômica do interior, cuja natureza é essencialmente agrícola, apresenta-se apoiada em condições ambientais altamente desfavoráveis. O caráter irregular das precipitações pluviométricas combinado às características inadequadas dos solos que, ainda que férteis, são rasos, apresentam baixa permeabilidade e são mal drenados, além de cobrirem um substrato cristalino, resultam em um desenvolvimento regional insípido e aleatório. A estes aspectos soma-se o fato de que a açudagem vem possibilitar a efetivação de sua implicação social mais importante, ou seja, o abastecimento doméstico nos municípios do interior do Estado. A construção de açudes, portanto, passa a ser um compromisso político dos governos federal e estadual para com as regiões mais sacrificadas pelas secas.

Contudo, os recursos naturais dos quais se precisará dispor efetivamente para a implantação de tais empreendimentos, principalmente solo e água, não deverão estar sujeitos ao uso indiscriminado. O êxito de tal empreitada está condicionado aos fatores tanto de ordem técnica e social, como de ordem jurídica e administrativa. Assim, é de suma importância que se conheça o suporte legislativo com o qual se pode contar.

A construção da barragem e subsequente formação do reservatório não podem ser levadas a cabo sem a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) conforme dispõe a Resolução N° 001/86 do CONAMA, órgão este instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente em 1981, que institui, por sua vez, a obrigatoriedade da elaboração de um EIA, que considere tanto os efeitos prejudiciais quanto os benefícios provenientes da implantação de empreendimentos de grande porte, públicos ou privados, nos meios físico, biótico e social, e de um relatório simplificado desses estudos, o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, cujo conteúdo poderia ser submetido à população através de uma Audiência Pública (Art 11, parágrafo 2°).

No contexto federal existe a mesma preocupação. Tendo como objetivo disciplinar o uso dos recursos hídricos, criou-se, em 29 de março de 1978, através da Portaria Interministerial N° 090, o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH, ao qual cabe propor a classificação e o enquadramento dos cursos d'água da União, bem como o estudo integrado e de acompanhamento da utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais.

Ainda no âmbito federal, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, apresenta entre suas competências o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, a solicitação de licenciamento e a avaliação de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, o incentivo à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologias voltadas para a melhoria da qualidade ambiental, a criação de reservas e estações ecológicas e áreas de proteção ambiental. Assim, para o desmatamento racional da bacia hidráulica do Açude Público Itaúna, será solicitada a autorização do IBAMA.

A Resolução N° 004/85 do CONAMA, define as áreas de reserva ecológica ao longo dos cursos d'água, ao redor dos reservatórios e nas nascentes dos rios, conforme ainda dispõe a Lei N° 7803 de 18/07/1989, que modificou e atualizou o Código Florestal (Lei n° 4 771, de 15/09/65).

Sendo assim, na região onde será implantado o novo açude serão consideradas reservas ecológicas, as seguintes áreas ao longo do rio Timonha por uma faixa de 50 metros, tanto a montante quanto a jusante da barragem, ao longo dos demais córregos da região, por uma faixa de 30 metros, ao redor do reservatório, por uma faixa de 100 metros. Neste caso, a área abaixo da cota de coroamento da barragem supre as exigências da legislação, nas nascentes intermitentes da região.

No Estado do Ceará, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE como órgão responsável pela exigência, análise e aprovação do EIA/RIMA, conforme determina a Lei nº 11 411, de 28/12/1987, que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente. A Lei nº 11 996, de 24 de julho de 1992, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e instituiu o Sistema Integrado de Recursos Hídricos no Estado do Ceará. Com a promulgação desta lei foram instalados o Conselho e o Comitê Estadual dos Recursos Hídricos, com representantes de instituições federais, estaduais, municipais e representantes dos usuários e da sociedade civil, que lidam com a gestão dos recursos hídricos.

A Lei N° 5197, de 03 de janeiro de 1967, dispõe sobre a proteção da fauna, A Lei N° 7802, de 01 de julho de 1989, disciplina o uso de agrotóxicos. A Lei N° 3824, de 23 de novembro de 1960, torna obrigatória a destoca e consequente limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas ou lagos artificiais. O órgão estadual empreendedor do projeto, neste caso a Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, é responsável pelo Decreto de Desapropriação da bacia hidráulica, de acordo com autorização concedida pelo IBAMA, mediante a apresentação de um plano de desmatamento racional da bacia hidráulica.

A SRH, especificamente no setor de controle ambiental, tem suas próprias atribuições, destacando-se a solicitação de documentos relativos ao controle do meio ambiente incluindo o EIA/RIMA para seus empreendimentos, a promoção de contatos e reuniões entre as partes interessadas (SRH e comunidade), a execução de ações visando cumprir as medidas de controle, mitigadoras e de recuperação ambiental, além de proceder a fiscalização das atividades a serem desenvolvidas. O Plano Estadual de Recursos Hídricos prevê mecanismos de articulação intergovernamental que permitem a integração e compatibilização das decisões e ações das várias esferas do Governo na viabilização do empreendimento. Cabe ao sistema estadual promover a participação dos municípios na gestão dos recursos hídricos.

No âmbito municipal, as leis orgânicas dos municípios corroboram plenamente, em seus capítulos relativos à preservação ambiental com aquelas dos âmbitos superiores. É de fundamental importância que a Secretaria dos Recursos Hídricos recorra ao apoio administrativo do poder municipal em questões como desmatamento, respeito às áreas de reserva ecológica situadas em seu território, educação e conscientização ambiental (através, inclusive, da rede de ensino público) e, principalmente, controle de utilização da bacia hidrográfica. Como o zoneamento de usos de um território ou o disciplinamento do parcelamento do solo são de competência municipal, os municípios integrantes da área de influência direta do açude devem adequar suas legislações às diretrizes de ordenamento de uso do solo e programas de desenvolvimento já devidamente organizados para a Bacia Hidrográfica do Rio Timonha. Este, busca completar o aproveitamento da boa regularização dos deflúvios presentes na bacia, promover o



abastecimento doméstico nas cidades do interior, diversificar a atividade agrícola na região, aumentar a renda "per capita" da região através da viabilização de projetos de irrigação, assentar famílias de agricultores, fornecer gêneros alimentícios para toda a região e, no futuro, também para Fortaleza e fornecer matéria prima para a indústria local de transformação



#### 4 - DESCRIÇÃO DO PROJETO



#### 4.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O boqueirão da Barragem, está localizado a 17 km de Chaval, no Estado do Ceará, que tem como referência de ligação a Fortaleza a BR-222. A partir desta rodovia, na localidade de Aprazível, toma-se a direita a CE-71 até a cidade de Granja, percorrendo cerca de 56 km, passando por Coreau e Moraújo. De Granja até Chaval (limite noroeste do Ceará) são mais uns 35 km por uma rodovia secundária que liga a CE-71 à PI-210.

O acesso ao local do barramento se faz a partir de uma estrada que segue paralela ao rio Timonha, a partir de Chaval, no sentido norte-sudeste, por onde se segue cerca de 17 km, até o local do boqueirão.

O mapa de localização e acesso é mostrado na Figura 4.1.

#### 4.2 - ESTUDOS BÁSICOS

##### 4.2.1 - Levantamentos Topográficos

Para atender aos objetivos propostos foi realizado o levantamento planialtimétrico da bacia hidráulica e local das obras, sendo o primeiro apresentado na escala 1:5 000, com curvas de nível a cada metro e o segundo, na escala 1:2 000 com curvas de nível a cada metro.

A bacia hidrográfica teve como base cartográfica as cartas da SUDENE na escala 1:100 000, com curvas de nível a cada 40 m.

##### 4.2.2 - Estudos Hidrológicos

###### 4.2.2.1 - Caracterização Geral da Bacia da Barragem Itauna

A área da bacia hidrográfica a ser controlada pela Barragem Itaúna é de 771,3 km<sup>2</sup> da bacia de drenagem do rio Timonha e seus afluentes.

A bacia possui uma parte de sua área na zona litorânea úmida com precipitações variando de 1 000 a 1 400 mm com a pluviometria média na ordem de 800 a 1 000 mm.

O regime de chuvas pode ser considerado aproximadamente normal, embora próximo à faixa limítrofe considerada ocorrência normal.

Seus principais parâmetros físicos são a seguir enumerados:

- área 771,3 km<sup>2</sup>
- perímetro 139,5 km
- extensão do talvegue 71,75 km
- coeficiente de Compacidade 1,417

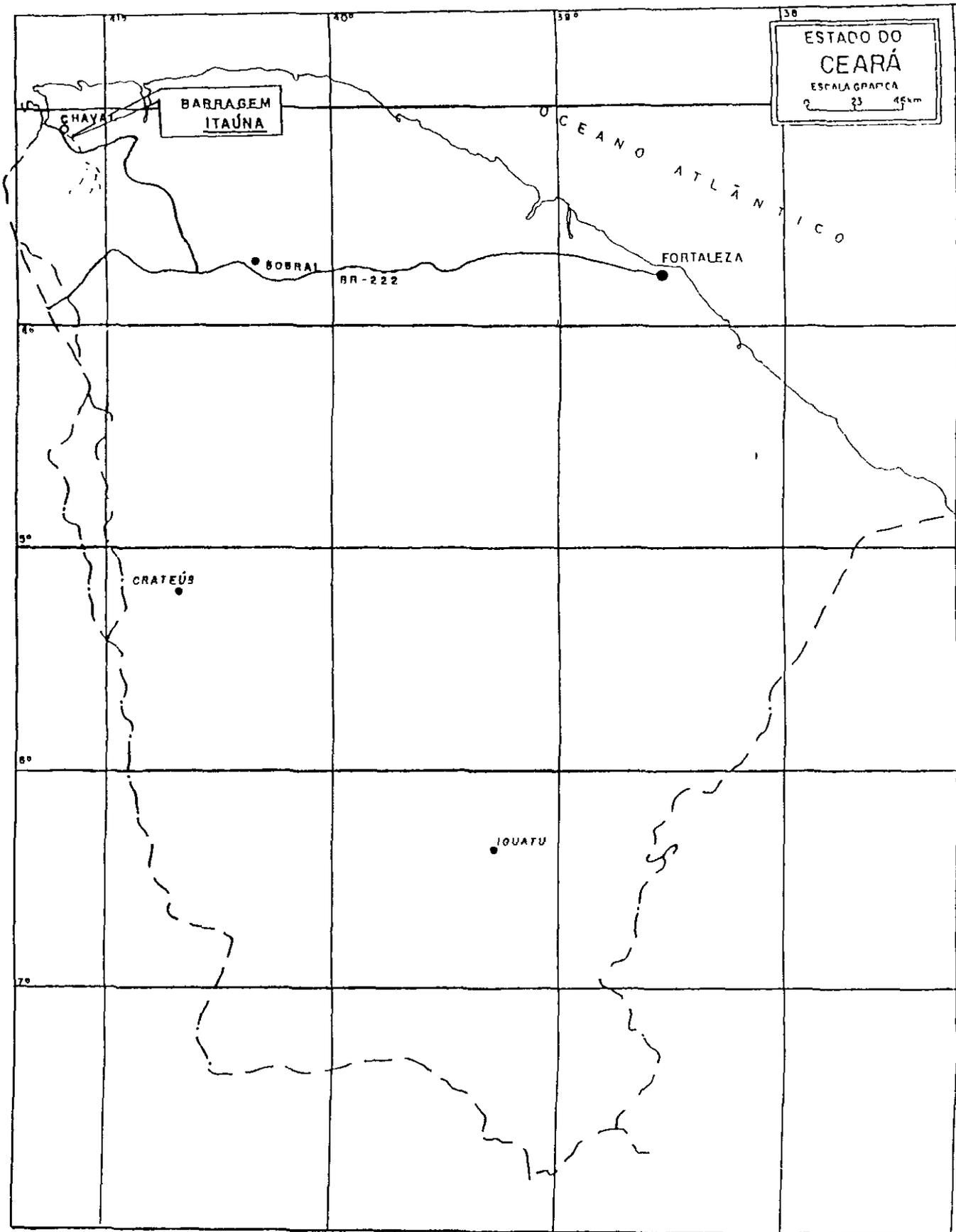


FIGURA 4.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA BARRAGEM

- fator de Forma 0,15
- desnível Específico 560 m

#### 4.2.2.2 - Características da Chuva sobre a Bacia

O regime de chuvas é regulado por três sistemas de tempo sinóptico. As frentes frias, a zona de convergência intertropical (ZCIT), os vértices ciclônicos, além de perturbações locais, a exemplo dos efeitos de ventos, convecção local, etc. A ZCIT é o sistema de tempo mais importante, uma vez que sua influência ocorre sempre no período esperado de maior pluviosidade da região. O deslocamento da ZCIT está fortemente relacionado com a temperatura das águas do Oceano Atlântico.

A bacia não dispõe de posto pluviométrico e fluviométrico com observações constituindo uma longa série de dados. O posto pluviométrico de Chaval instalado pelo DNOCS em 1913, registra uma falha de observações de 32 anos contínuos, sendo por este motivo descartado.

O Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PERH) fundamentou todos os seus estudos relativos a Bacia do Rio Coreaú no posto de Granja (Quadro 4.1). Este dispõe da mais longa série de observações dentre aqueles postos selecionados para a bacia.

**QUADRO 4.1**  
**CARACTERIZAÇÃO DO POSTO PLUVIOMÉTRICO SELECIONADO**

Nome do Posto	Código	Localização Geográfica	Pluviometria Anual (mm)	Área da Bacia (km <sup>2</sup> )	Volume Precipitado (hm <sup>3</sup> )
Granja	2768235	3° 07' 08" e 40° 49' 34"	1 179,4	1 851,4	2 187

O regime pluviométrico foi estudado a nível anual, mensal e diário.

A bacia não dispõe de nenhuma informação de descarga de seus rios, o que descarta por completo a possibilidade de se empregar qualquer método estatístico com base em séries históricas. Utilizou-se, por transferência, neste estudo, as vazões geradas no posto fluviométrico de Granja, na bacia do rio Coreaú.

O modelo de simulação hidrológica utilizado foi o MODHAC (Modelo Hidrológico Autocalibrável), que compreende a geração de séries históricas de deflúvios de longa duração para estações fluviométricas ou açudes de maior porte e, a definição de expressões de regionalização do deflúvio médio.

O posto de Granja, na bacia do rio Coreaú, possui a mais longa série contínua de observações fluviométricas dentre as bacias do Bloco 2, estudadas para o PERH. O posto foi classificado como de qualidade comprovada, atestada em estudos hidrológicos específicos, sendo por este motivo seus dados calibrados, ajustados e utilizados na obtenção de dados de deflúvios.



Seguindo o procedimento adotado no PERH, foram obtidos informações de deflúvio para o posto de Granja (248 mm e 230,2 mm), correspondentes aos dois períodos de observação considerados. O resultado da série mais longa de observações produziu deflúvio 8 % superior àquele produzido pela série de 11 anos.

#### QUADRO 4.2

##### SÍNTESE DOS PARÂMETROS MÉDIOS PARA O POSTO FLUVIOMÉTRICO DE GRANJA.

Série	Parâmetros Médios das Séries			Parâmetros Médios da Série 1974 a 1985		
	Pluviometria (mm)	Deflúvio (mm)	Coefficiente de Escoamento (%)	Pluviometria (mm)	Deflúvio (mm)	Coefficiente de Escoamento (%)
1912-88	1 179,4	248,5	21,1	1 151,8	230,2	20,0

Fonte: PERH

#### 4.2.2.3 - Volume Médio Afluente Anual

O volume médio afluente anual foi obtido com a aplicação da média dos deflúvios das duas séries de deflúvios estudadas para o posto de Granja, mostradas no item anterior. Então,  $V_a = 184\ 610\ 655\ m^3$

#### 4.2.2.4 - Estudo das Cheias

Nesta fase foram determinados os elementos necessários para o projeto e dimensionamento do vertedouro, com a avaliação dos níveis de água na soleira do sangradouro para cheias com período de retorno de 100, 500 e 1 000 anos.

Para determinação das precipitações intensas foi utilizado o método das isozonas desenvolvido pelo prof. Taborga Torrico. Esta metodologia consiste em elaborar estudos estatísticos de uma série de chuvas diárias para, através de um processo de desagregação e regionalização, estimar as precipitações de menores durações (1h, 6 min, etc.).

Os cálculos foram feitos obedecendo a sequência descrita a seguir:

- a. Seleção do posto pluviométrico,
- b. Compilação dos dados de máximas chuvas diárias,
- c. Estudo probabilístico das precipitações diárias,
- d. Cálculo da chuva virtual de 24 hs (P24h),
- e. Determinação de isozona correspondente à região do projeto,
- f. Determinação da chuva pontual de 1 hora de duração para os períodos de recorrência de 100, 500 e 1 000 anos,
- g. Conversão da chuva pontual para chuva em toda a bacia.

O posto selecionado foi o de Granja (2768235), por ser o mais próximo do local e por apresentar o maior número de dados. Instalado em 1911 pelo DNOCS, o posto Granja fica localizado no

município de Granja, nas coordenadas 3° 07' S e 40° 50' W Este posto possui observações diárias de precipitação de 1911 a 1988, com algumas falhas Foram extraídas as observações de precipitação máxima diária anual entre 1913 e 1977, com falhas nos anos 1951, 1955-1961 e 1973-1975

### **Cheia de Projeto**

Aplicou-se, nestes estudos, o método do hidrograma unitário, em virtude da inexistência de dados diretamente observados

As chuvas de projeto foram determinadas para as recorrências de 100, 500 e 1000 anos, utilizando-se, para a sua obtenção as máximas anuais entre os anos de 1913 e 1977 do posto pluviométrico de Granja, às quais se aplicou a Lei de Distribuição de Pearson III para ajuste da série

O cálculo das cheias de projeto foi feito a partir das chuvas intensas, pelo método indireto, utilizando o critério do Hidrograma Unitário Triangular do *Soil Conservation Service* (S C S ), sendo o excesso de precipitação determinado a partir de um parâmetro (N) que define o complexo solo, vegetação

De posse do Hidrograma Unitário Triangular e do excesso de precipitação, calculou-se o hidrograma total por conversão do hidrograma unitário para uma chuva crítica de 2,4 horas e precipitação efetiva de 50 mm

Sabendo-se que as vazões são proporcionais às chuvas, as vazões para os períodos de retorno de 100, 500 e 1 000 anos foram calculadas, resultando os hidrogramas de cheias, cujas descargas de pico são de respectivamente, 122,69 m<sup>3</sup>/s, 178,69 m<sup>3</sup>/s e 207,20 m<sup>3</sup>/s

#### **4 4 2 5 - Estudo de Regularização do Reservatório**

Para esta análise foi utilizado, o método do Diagrama Triangular de Regularização (Campos, 1990) devido a vantagens como a sua simplicidade de aplicação, sensibilidade na análise de parâmetros estatísticos que caracterizam o regime de médio de escoamento e, por ser muito adequado à região, permitindo o uso de valores regionais

O uso do Diagrama Triangular de Regularização (DTR) como ferramenta auxiliar ao dimensionamento de reservatórios é restrito aos casos em que o projetista deseja uma garantia de 90% no fornecimento da água As etapas do dimensionamento são

- 1 Determinar através de séries históricas de vazões, ou de regionalização, os parâmetros estatísticos que caracterizam os deflúvios anuais, quais sejam média, desvio padrão e coeficiente de variação
- 2 Com os dados da tabela cota x volume determinar o coeficiente de forma do reservatório ( $\alpha$ ) através da reta dos mínimos quadrados
- 3 Determinar os valores do coeficiente adimensional de evaporação ( $f_e$ )



- 4 Selecionar o diagrama, correspondente ao  $C_v$  determinado na etapa 1 e, a partir do ponto de encontro das isolinhas de  $f_e$  e  $f_k$ , determinar os percentuais de sangria, evaporação e utilização

Das alternativas abordadas nos Estudos Hidrológicos e, diante das condições de fundação do vertedouro, selecionou-se aquela que proporcionasse o melhor aproveitamento das potencialidades hidrológicas da bacia de drenagem, e que resultou em percentagens de evaporação, regularização e sangria de respectivamente 8%, 18% e 74%, sendo portanto, a vazão regularizada de  $1,07 \text{ m}^3/\text{s}$

#### **4.2.3 - Estudos Geológico/Geotécnicos**

##### **4.2.3.1 - Geologia**

A área estudada está inserida na unidade geomorfológica denominada Superfície Sertaneja

A Superfície Sertaneja subdivide-se em duas partes distintas: área conservada e área dissecada

A área dissecada, na qual está localizada o Açude Itaúna, apresenta características diferenciadas na capacidade de sulcamento da drenagem e o comportamento geomorfológico das rochas. O padrão de drenagem é subdendrítico e os cursos d'água não têm competência para promover um detalhe de maior significado, em face da intermitência dos regimes fluviais condicionados a semi-aridez

Em escala local, o Complexo Granja ocorre como quartzito ferrífero, estando encaixado na sequência migmática, na forma de lentes estreitas, podendo atingir 10 km de extensão. Afloramentos típicos situam-se ao longo do prolongamento da zona de cisalhamento de Granja, a sul e oeste de Ibuguaçu, constituindo quartzitos puros a micáceos. Pouco frequentes na área de Granja

Estas rochas são quartzitos impuros, geralmente micáceos e frequentemente ferríferos, que chegam a apresentar localmente intercalações de hematita. Mostram-se também, na forma de quartzitos puros, laminados e extremamente laminados. Os quartzitos não foram afetados pelos processos de migmatização e metassomatose

##### **4.2.3.2 - Investigação Geotécnica**

###### **Sondagem Rotativa**

As sondagens rotativas têm como principal objetivo a obtenção de testemunho, isto é, amostras da rocha que permitam a identificação das descontinuidades do maciço rochoso, e a realização no interior da perfuração de ensaios "in situ", como por exemplo, o ensaio de perda d'água, quando se deseja conhecer a permeabilidade da rocha, ou a localização da fenda e falhas

A sonda utilizada foi a MACH 920, de avanço manual e coroa de diamante, com diâmetro BX ( $59,5 \text{ mm}$ ), acopiada a um calibrador e a um barrilete duplo, móvel, para recuperação do

testemunho Para cada manobra foram registrados a percentagem de recuperação e o número de peças Com base nos resultados das sondagens, foi preparado um perfil esquemático que representa evidentemente, apenas uma indicação do desenvolvimento provável das camadas do subsolo, já que as sondagens são pontuais

Realizou-se ao todo 6 (seis) sondagens rotativas, perfazendo um total de 43,00 m perfurados

As sondagens SR-02, SM-03, SM-04, SM-05 e SR-06, foram executadas nas ombreiras e leito, e a sondagem SR-01, foi feita na área do sangradouro

O Quadro 4.3 mostra os dados técnicos gerais das sondagens

#### **Sondagem a Pá/Picareta**

As sondagens Pá/Picareta (SPP) são uma escavação vertical, de seção quadrada, com dimensões mínima suficientes para permitir o acesso de um observador, visando a inspeção das paredes e fundo, bem como, a retirada de amostras representativas

Os furos das ombreiras e sangradouros foram abertos até o impenetrável a pá/picareta, na jazida de material terroso, até a profundidade em que o material seja aproveitado como construtivo

Nas ombreiras e sangradouro foram perfurados 8,62 m. e 101.41 m , perfurados na jazida terrosa

O Quadro 4.3 mostra os dados técnicos gerais

**QUADRO 4.3**

Sondagem	Estaca	Prof (m)	Diâmetro	Inclinação	Localização
SR 01	35 + 15 m	6,60	BX	Vertical	Sangradouro
SR 02	47 + 10 m	6,40	BX	Vertical	Ombreira Esquerda
SM 03	50	8,70	BX	Vertical	Eixo-Leito
SM 04	52 + 15m	9,06	BX	Vertical	Eixo-Leito
SR 05	61	6,19	BX	Vertical	Ombreira Direita
SR 06	52 + 7m	6,05	BX	20°	Eixo-Leito
SPP 01	2 + 10m	1,17	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Eixo
SPP 02	34 + 15m	0,60	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Sangradouro
SPP 03	36 + 15m	0,70	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Sangradouro
SPP 04	35 + 15m + 20mm M	0,90	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Sangradouro
SPP 05	35 + 15m + 20mm J	0,80	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Sangradouro
SPP 06	35 + 15m 40mm J	1,07	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Sangradouro
SPP 07	48 + 10m	0,65	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Ombreira Esquerda
SPP 08	57	0,98	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Ombreira Direita
SPP 09	59	1,75	1 m <sup>2</sup>	Vertical	Ombreira Direita

### **Ensaio de Perda d'Água**

E pratica corrente observar-se no decorrer da execução de sondagens rotativas, perdas d'água parciais ou totais, dependendo da importância e densidade de fissuração da rocha

O ensaio de perda d'água ou *Lugeon* nada mais é do que um aperfeiçoamento desta observação empírica e qualitativa. Ele permite uma informação quantitativa sobre circulação da água em rochas fissuradas, com o objetivo de julgar as possibilidades de consolidação por injeções

Este ensaio consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem. Foi realizado em 05 (cinco) estágios de pressão, sendo o 1 e 5 estágios sob uma pressão mínima, os 2 e 4 estágios sob uma pressão intermediária, e o 3 estágio sob uma pressão máxima

Realizaram-se 04 (quatro) ensaios nas sondagens SR-03 e SR-04, sendo 02 (dois) ensaios em cada sondagem. O Quadro 4.4 mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água

**QUADRO 4.4**

Sondagem	Nº de Ensaios	Trechos Ensaados
SM 03	02	2,70 a 5,70 m 5,70 + 8,70m
SM 04	02	3,06 a 6,06 m 6,06 a 9,06m

### **Estudo dos Materiais**

O estudo de materiais teve início com um reconhecimento de toda a área em volta do sítio barrável, de modo a localizar possíveis ocorrências, examinando a qualidade e estimando os volumes de materiais disponíveis

Identificou-se a jazida terrosa, e para seu detalhamento foi realizada uma malha quadrática de furos a pá/picareta, distante 100 m, permitindo a cubação do material existente e possível de ser utilizado no maciço da barragem, bem como, a coleta de amostras para realização de ensaios laboratoriais

### **Dados Gerais de Jazidas Terrosa (JT)**

- área total estudada 760 000 m<sup>2</sup>
- número de furos realizados 77
- profundidade média dos furos 1,32 m
- volume total do material 1 003 200 m<sup>3</sup>
- camada média do expurgo 0,33
- espessura média útil 0,99 m
- volume do material utilizável 990,041 m
- distância em linha em linha reta ao eixo 1,0 km

O areal (JA) foi estudado através de uma malha de sondagens a trado, realizadas ao longo do depósito

Através das sondagens realizadas ,foi possível a cubação dos volumes de materiais disponíveis e a coleta de amostras, para a realização de análises granulométricas

#### 4.3 - INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS BÁSICOS NA CONCEPÇÃO DO PROJETO

Os estudos geológicos superficiais previram uma situação simples para a concepção geral das obras nesse projeto, principalmente, pela alternativa de colocar o sangradouro no local de uma possível fuga topográfica. Esta alternativa consiste num sangradouro na ombreira esquerda da barragem principal e, para cerca de 400 m da ombreira esquerda, uma barragem auxiliar

Quanto à barragem em si, não houve maiores complexidades, pois o excelente solo típico SC, abundante nas proximidades da obra, permite, como melhor solução, a construção de uma barragem de terra de seção homogênea

Entretanto, se faz necessário o tratamento das suas fundações, pois o estado de alteração do quartzito que as constitui confere-lhe uma situação vulnerável, com relação à estanqueidade, caracterizando-se um material semipermeável, porém, sem prováveis problemas de absorção da calda, o que deverá não exigir um maior adensamento dos furos, além de ensaios "in situ", para avaliar o mais eficiente tipo de calda a empregar

#### 4.4 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS

##### 4.4.1 - Generalidades

As obras projetadas são basicamente as seguintes

- barragem principal, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 16,30 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 392,00 m, na cota 35,10
- barragem auxiliar, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 2,10 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 38,00 m
- sangradouro isolado, com eixo longitudinal distante cerca de 130,00 m da ombreira esquerda da barragem principal, com soleira livre e 60,00 m de largura total
- tomada d'água composta de um tubo de 1 000 mm de diâmetro, assente sobre estrutura de concreto estrutural que por sua vez estará assente em uma camada regularizada de concreto ciclópico. A regulagem do fluxo será com registros de gaveta, podendo futuramente ser substituído por válvulas de operação automática, quando o reservatório for inserido num sistema de interligação de reservatórios

#### **4.4.2 - Barragem Principal**

##### **4.4.2.1 - Constituição do Maciço**

A barragem principal projetada consta de um maciço de terra compactada, homogênea, com seção trapezoidal, a ser constituída com material argiloso, proveniente dos empréstimos localizados nas proximidades do eixo, cuja predominância é de material do tipo SC, da Classificação Unificada de Solos

Do lado de jusante, foi previsto um filtro vertical, formado por areia de granulometria variada, que se liga a um enrocamento de pedras jogadas, de boa qualidade, proveniente do corte do sangradouro ou de pedreira, através de um tapete drenante constituído, também, de areia com granulometria variada

O maciço ficará assente sobre uma fundação estável, sendo que no leito do rio, onde existe uma camada de aluvião arenosa, o maciço será prolongado até atingir o quartzito

A estanqueidade do quartzito alterado, será obtida com um adequado tratamento de fundação

##### **4.4.3 - Barragem Auxiliar**

A fim de ser evitada fuga d'água, em uma área localizada a cerca de 400 m da ombreira esquerda da barragem principal, foi projetada uma barragem auxiliar de terra compactada, homogênea, utilizando-se o mesmo material do tipo SC da barragem principal

A barragem se apoiará diretamente no terreno natural, retirando-se todo o capeamento superficial existente, inclusive os blocos de pedras soltas, ou qualquer material de suporte inferior aquele a ser usado no maciço

Como a cota mínima do terreno é de 33,00, a barragem auxiliar terá uma altura máxima de 2,10 m

A largura do coroamento determinada utilizando-se a fórmula de Preece é igual a 2,49 m. Para facilidade de construção, adotou-se o valor de 4,00 m

Os taludes adotados foram dimensionados de acordo com os valores usualmente empregados para obras semelhantes, utilizando-se material do tipo SC, da Classificação Unificada de Solos

##### **4.4.4 - Sangradouro**

Com base nos estudos hidrológicos, geotecnológicos e topográficos, ficou definida a localização do sangradouro a uma distância de aproximadamente 130,00 m da ombreira esquerda da barragem principal, e 370,00 m da ombreira direita da barragem auxiliar

O sangradouro será constituído de um canal de seção retangular, de 60,00 m de largura, escavado em terreno variado, até se atingir a rocha, a partir de onde se ergue um muro de

gravidade, com soleira em perfil *Creager*. Foi projetado para evacuar uma cheia milenar de 207,20 m<sup>3</sup>/s, e uma lâmina máxima de 1,44 m, sem levar em conta o amortecimento do reservatório. Adotou-se um coeficiente de vazão de  $C = 2,0$ , conforme recomendações do Design of Small Dams, do USBR.

Apesar de estar assente em rocha, devido ao grau de fraturamento da mesma, projetou-se um revestimento a jusante do muro até o final da transição do regime de escoamento. Na extremidade da laje de revestimento foi projetado um dente para melhor fixação do conjunto.

#### 4.4.5 - Tomada D'água

A tomada d'água será formada por uma tubulação de ferro fundido, envolvida em concreto armado, com diâmetro de 1 000 mm, e cujo eixo ficará situado na cota 26,30, cruzando o eixo da barragem com uma escondidade de 17° em relação a uma perpendicular ao eixo, na altura da estaca 60 + 10.

A montante da tubulação haverá uma grade proteção e um crivo na sua extremidade, enquanto que a jusante foram previstos dois registros de gaveta.

Foi projetada ainda, uma bacia de dissipação, onde poderá ser adaptado um medidor de vazão.

Estabelecido o diâmetro da tubulação em 1 000 mm, seu comprimento será de aproximadamente 45 m.

Foram então calculadas as perdas por atrito e acidentais, tendo como meta a vazão regularizada dada pelo estudo de operação do reservatório, que é de 1 070 l/s.

Como o nível mínimo de operação do reservatório está na cota 24,56 e a tubulação tem o seu eixo na cota de 26,5, vê-se que a capacidade da vazão da tomada é bastante superior ao da vazão regularizada.

#### 4.4.6 - Análise da Estabilidade

A análise da estabilidade da Barragem Itaúna foi desenvolvida com base no método de Fellenius, através de cálculo eletrônico.

Foram analisados os seguintes casos:

- estabilidade do talude de montante para o rebaixamento rápido do nível de água do reservatório,
- estabilidade do talude para o final do período construtivo,
- estabilidade do talude de jusante para o reservatório em operação com o nível de água máximo à montante.



#### 4.4.7 - Ficha Técnica da Barragem Itaúna

Apresenta-se a seguir a ficha técnica de todo complexo de obras do Açude Itaúna

##### 1 - Características Gerais

- Nome	Açude Itauna
- Município	Chaval
- Estado	Ceará
- Curso d'água barrado	Rio Timonha
- Bacia Hidrográfica .	771,30 km <sup>2</sup>
- Bacia Hidráulica	1 800 ha
- Acumulação	77 500 000 m <sup>3</sup>
- Vazão Regularizada	1,07 m <sup>3</sup>

##### 2 - Barragem Principal

- Tipo	Terra Homogênea
- Comprimento p/ coroamento	392,00 m
- Largura do coroamento	6,0 m
- Altura máxima acima das fundações	16,30 m
- Talude montante	2 1 / 2,5 1
- Talude de jusante	2 1 / 2,5 1

##### 3 - Barragem Auxiliar

- Tipo	Terra Homogênea
- Comprimento pelo coroamento	38,00 m
- Largura do coroamento	4,00 m
- Altura máxima acima das fundações	2,10 m
- Taludes	2 1

##### 4 - Sangradouro

- Tipo	soleira livre
- Largura	60,00 m
- Lâmina máxima vertente	1,44
- Descarga de projeto	207,20 m <sup>3</sup> /s

##### 5 - Tomada d'Água

- Diâmetro	1 000 mm
- Comprimento	45,00 m
- Vazão	1070 ℓ/s

#### 4.6 - CARACTERIZAÇÃO SISMOLÓGICA

Devido à falta de estudos de sismicidade locais na região de Chaval (CE) considerou-se um estudo global na região Nordeste efetuado por DNOCS (1990) e sumarizado a seguir

Comparado com outras zonas sismicamente ativas da América do sul o perigo de abalos sísmicos no Nordeste do Brasil é relativamente baixo

A composição tectônica do Nordeste é a de uma região intraplacas distante dos contornos de placa ativos. A ocorrência de abalos sísmicos nesta região não é bem compreendida e somente associações muito gerais com estruturas geológicas regionais são possíveis no presente momento. Evidências geológicas de falhamentos quaternários são geralmente ausentes na região, mas também pode ser parcialmente devido a uma falta de estudos mais detalhados.

Os maiores abalos ocorridos no Nordeste são de cerca de 5,25 mb. Para o Rio Grande do Norte e Ceará, uma área abrangendo aproximadamente 200 000 km<sup>2</sup>, um abalo máximo esperado e de 5,5, a mb pode ser aceito como razoavelmente conservativo até o presente estado do conhecimento da tectônica da região. As limitações dos registros históricos de sismicidade restringem a confiabilidade na estimativa de recorrência de abalos, mas os dados disponíveis, alguns resumidos na Tabela em anexo, sugerem uma recorrência de muitas centenas de anos para a região.

Considerações gerais da estimativa de recorrência de abalos na região sugerem que a probabilidade anual de ocorrência é da ordem de  $1 \times 10^{-4}$  ou menos.

Informações específicas sobre as profundidades locais dos abalos são limitadas. Monitoramentos dos abalos ocorridos em João Câmara - RN (1986-1988) pela UFRN sugerem profundidades inferiores a 10 km. Intensidades relativamente altas reportadas em pequenas áreas para muitos eventos históricos, também sugerem a ocorrência de eventos muito rasos, da ordem de 5 a 20 km de profundidade.



## SUMÁRIO DE ABALOS HISTÓRICOS NO NORDESTE DO BRASIL

Y	M	D	LatS	LatN	LOCALITY	INTENSITY (MMI)*	MAGNITUDE (mb)	COMMENTS
1908	08	08	05 70	37 70	Açu, RN	VI	4 8	
1811	10	28	08 08	34 87	Recife, PE	V		
1824			08 00	39 00		VIII	6 3 MI **	
1854	01	10	05 20	35 46	Touros, RN	V-VI		
1879	07	24	05 77	35 21	Natal, RN	V	3 3	
1903	02		04 38	38 97	<u>Baturité, CE</u>	VI		5 events in one week
1905	07	18	10 20	40 40	S do Bonfim, BA	V	4 8	
1905			11 20	42 30	Xique-Xique, BA	IV	4 7	
1919	11	24	03 87	38 92	<u>Maranguape, CE</u>	IV	4 5	
1928	04	14	04.56	37 76	<u>Aracati, CE</u>	VI	4 0	
1949	12	31	05 69	36 24	Lajes, RN	VI		
1963	08	27	05 69	36 24	Lajes, RN	V-VI		
	10	02	05 69	36 24	Lajes, RN	VI		
1961	01	19	08 28	35 96	Caruaru, PE	V		
	06	16	08 28	35 96	Caruaru, PE	V		
1967	01	21	08 20	35 98	Caruaru, PE	V	3 9	
1968			06 09	36 44	<u>Pereiro, CE</u>	V-VII	3 9-4 5	5 events Jan -Mar
1970	01		07 96	36 21	S C Capibar, PE	VI		3 events
	11		06 93	35 53	Alagoinha, PB	VI		
1971	08	04	08 04	34 90	Recife, PE	V	3 0	5 events
1972	03	04	09 93	36 49	Junqueiro, AL	V	3 3	
1973	07		05 28	35 82	Parazinho, RN	VI-VII	4 0-4 4	2 events
1974	03		04 18	38 13	<u>Beberibe, CE</u>	V		many events
	10	20	07 99	36 06	Tortama, PE	V	3 7	
	12	15	03 67	39 64	<u>S. L. do Curu, CE</u>	VI	3 4	
1976	07	29	04 83	38 80	<u>Ibaretama, CE</u>	V		other events
1977	02	25	05 71	35 75	Riachuelo, RN	VI-VII	3 5	3 more event
1978	02	14	06 28	36 03	Santa Cruz, RN	V	3 7	more events
1980	11	20	04 30	38 40	<u>Pacajus, CE</u>	VII	5 2	
1987			05 50	33 70	João Câmara, RN		5 1	many events 1986-1988

- OBS - Eventos de 1908 a 1980 foram sumarizados de Berrocal et alii (1983)
- O evento de 1824 foi obtido do EPRI (1987) e Branner (1912, 1920)
  - Os eventos de 1987 em João Câmara são de Ferreira et alii, outros (1987b)
  - \* Intensidade Modificada de Mercalli
  - \*\* Magnitude (EPRI, 1987)

## 4.7 - PLANO DE UTILIZAÇÃO MÚLTIPLA DO RESERVATÓRIO

### 4.7.1 - Medidas Corretivas e Preventivas

A água pode ser utilizada de diversas maneiras pelo homem

Entre os vários usos, pode-se enumerar

- abastecimento humano,
- abastecimento industrial,
- irrigação.
- recreação,
- pastoril,
- preservação da fauna e flora,
- geração de energia elétrica,
- transporte,
- diluição de despejos,
- piscicultura

Para cada tipo de utilização são feitas exigências quanto aos limites de impurezas na água. Alguns usos requerem elevados padrões sanitários, outros limitam a presença de elementos que possam influir, de modo mais marcante, no aspecto estético. Ocorrem, ainda, usos que fazem restrições quanto à presença de produtos químicos que possam danificar equipamentos e instalações.

Além do aspecto qualitativo, a utilização múltipla do recurso hídrico deve considerar a otimização quantitativa dos diversos usos.

São comuns os conflitos de uso, resultantes da priorização de um tipo de uso do recurso hídrico, em detrimento de outro. Os usos consuntivos são potencialmente incompatíveis a médio e longo prazos, com a maioria dos outros casos, daí a necessidade de um planejamento sistemático da utilização da água numa região, de modo a permitir seu mais amplo aproveitamento.

Isto é conseguido através do planejamento integrado do uso dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, em que sejam controlados não só o uso da água mas também as demais atividades que possam resultar em problemas de degradação e mesmo, eliminação dos mananciais.

Um plano de controle da poluição do açude deve considerar a aplicação de dois tipos de medidas de caráter corretivo e de caráter preventivo.

As medidas de caráter corretivo visam corrigir uma situação já existente, buscando a melhoria da qualidade do recurso na região onde este deve ser utilizado.



As medidas desta natureza a serem adotadas para a construção do açude Itaúna são as seguem

- a) a implantação de estações de tratamento de esgoto nas fontes poluidoras já existentes (cidades, indústrias, etc ),
- b) instalação de estações de tratamento de água, visando garantir a qualidade desejada de acordo com os usos planejados

Programas mais recentes de gestão de recursos hídricos têm dado maior ênfase às medidas preventivas de controle por considerá-las mais eficientes e menos onerosas, evitando os prejuízos econômicos e sociais decorrentes da poluição

Assim, o planejamento adequado da utilização racional e ocupação do solo e da água da bacia hidrográfica tem sido apontado como a melhor forma de prevenir impactos ambientais

As medidas de caráter preventivo a serem tomadas são as que seguem

a) Implantação de Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Domésticos e Industriais

Estes, eliminam problemas causados pela precariedade das soluções individuais como fossas e os lançamentos indevidos de esgoto em galerias pluviais ou diretamente no rio ou açude

Na implantação de um sistema de esgotos, deve-se considerar

- localização do ponto de lançamento final, observando-se os locais de tomada d'água e os usos a jusante do lançamento,
- tipo e grau de tratamento a ser aplicado em função da carga poluidora, da capacidade de autodepuração do corpo receptor e da qualidade desejada para o uso mais nobre do recurso naquela região

b) Planejamento do Uso e Ocupação dos Solos da Região, Visando à Preservação do Recurso Hídrico

Todas as medidas desta etapa do planejamento podem compor o que é comumente chamado de "Plano Diretor da Utilização Integrada de Recursos Hídricos"

Medidas de preservação do recurso hídrico adotadas através do planejamento do uso e ocupação do solo são

- zoneamento - com a definição de usos para as diversas áreas de uma bacia hidrográfica, compatíveis com a infra-estrutura sanitária e com a capacidade do meio em absorver as cargas poluidoras ali existentes.
- definição de áreas especiais de proteção, onde são estabelecidas restrições quanto a ocupação como áreas de vegetação abundante, encostas, áreas de recarga de aquíferos, alagados e pântanos e áreas ocupadas por matas ciliares,
- estabelecimento de faixas sanitárias de proteção, às margens dos mananciais, com normas explícitas quanto ao uso do solo,

- controle da ocupação do solo através da definição de índices urbanísticos tais como taxas de ocupação de terrenos, densidades, áreas mínimas e máximas dos lotes, percentuais de áreas livres, etc

c) Controle da Erosão, do Escoamento Superficial da Água e da Vegetação

O aumento da erosão do solo, como consequência do desmatamento e das alterações no escoamento superficial, pode resultar em impactos ambientais importantes no local de barramento de rios

O processo de erosão resulta no assoreamento do reservatório, que, conseqüentemente, contribui para a ocorrência de cheias, prejudicam o abastecimento público e industrial, reduz a capacidade de armazenamento, eleva o custo de tratamento da água e causa problemas ecológicos no ambiente aquático devido ao aumento da turbidez e outros fatores

As medidas de controle da erosão baseadas no disciplinamento do uso e ocupação do solo, são as que seguem

- Proteção do solo pela vegetação as plantas protegem o solo contra a erosão por
  - amortecerem o impacto das águas de chuva contra o solo,
  - constituírem barreira física ao transporte de material,
  - reduzirem a velocidade de escoamento das águas superficiais,
  - proporcionarem ao solo uma estrutura mais sólida devido ao sistema radicular, aumentando sua porosidade e favorecendo a absorção d'água, fatores esses também favorecidos pela decomposição de folhas nos solos
  - ocupação racional das encostas visa garantir o escoamento natural das águas além de recarga dos aquíferos,
  - preservação das margens do recurso hídrico, visando a diminuição do escoamento superficial e serve como área de retenção do material carreado,
  - controle da ocupação de áreas com solos problemáticos Isto deve ser feito com terrenos Essa estrutura e composição geológica propiciam elementos que contribuem para o processo de erosão As áreas onde o grau de degradação do solo é maior, deve-se destinar a usos que resultem em pequenas alterações tais como parques, áreas de proteção paisagísticas, ou com outras ocupações de baixa densidade,
  - proteção do escoamento natural das águas a drenagem das águas deve ser respeitada através da preservação dos caminhos naturais em vales úmidos ou secos
  - construção de obras visando dirigir fluxos d'água ou retê-los canais de escoamento, diques interceptadores, terraços, bacias de sedimentação de solo, áreas de absorção, etc ,

Outras medidas devem ser adotadas, principalmente em áreas sujeitas à intenso processo de desenvolvimento. Algumas dessas medidas são de caráter temporário e devem ser aplicadas quando da execução das obras. São estas: limitar a área a ficar exposta à erosão ao mínimo possível e durante o menor período de tempo, desviar as águas do escoamento artificial evitando seu acesso às áreas expostas, proteger as áreas expostas através da vegetação temporária ou cobrindo-as com materiais que contribuam para a estabilização do solo, tais como palhas, lascas de madeira, gravetos, folhas e material vegetal em geral.

#### 4.7.2 - Abastecimento de Populações

A demanda de água em uma determinada região normalmente estabelece uma escala de prioridades de uso de acordo com as necessidades que ali se fazem presentes.

As águas do Açude Público Itaúna deverão prioritariamente, servir para o abastecimento doméstico das populações, estabelecidas próximas às bordas do reservatório, e a jusante deste, bem como na cidade de Chaval e distrito de Passagem do Vaz.

A água potável deve ser considerada como um bem de consumo indispensável e insubstituível para usos nobres como bebida, cozimento de alimentos e asseio corporal. Além disso, as características essenciais da água potável não podem ser variáveis de acordo com a região, nível sócio-econômico ou quaisquer outras particularidades dos consumidores.

Entretanto a água potável com qualidade adequada, e obtida a partir de matéria-prima (água bruta dos mananciais) de diferentes características ou graus de pureza que, estes sim, variam de uma para outra região.

Uma qualidade inferior, quanto à pureza da água, por exemplo, demanda um processamento mais complexo e oneroso, além de exigir um controle mais atento desse recurso. Essa exigência, é importante notar, não significa intenção de obter água potável de melhor qualidade, mas sim de obter a mesma qualidade padrão a partir de uma matéria-prima cuja qualidade foge muito a essa qualidade padrão. Daí a importância da preservação da qualidade das águas brutas, nos mananciais, o que é feito através de medidas de proteção dos mesmos e disciplinamento do uso do solo na sua bacia hidrográfica.

Os requisitos de qualidade que a água potável deve atender são, basicamente, de duas ordens: estéticos e fisiológicos ou sanitários.

Fatores como cor, turbidez, odor, sabor, partículas em suspensão, espumas, etc têm suscetibilidade sensorial e não propriamente sanitária. Por outro lado, a presença de microrganismos causadores de doenças ou a de substâncias tóxicas, raramente implica em alterações de caráter sensorial, embora seja a principal objeção sob o ponto de vista sanitário.

#### 4.7.3 - Abastecimento Industrial

Nas indústrias, a água pode ser utilizada como matéria-prima ou em processos de resfriamento, lavagem, caldeiras, produção de vapor e outros. Para cada tipo de uso industrial, variam as

exigências com relação à qualidade da água. Em indústrias alimentícias, de bebidas e farmacêuticas são exigidos rigorosos padrões de qualidade.

*Já as águas destinadas a processos de resfriamento não devem resultar em problemas de corrosão ou incrustações nas tubulações. Por outro lado, as águas utilizadas em fábricas de tecidos ou louças devem ser isentas de produtos causadores de manchas.*

#### 4.7.4 - Irrigação

É o uso considerado mais consuntivo entre todos os outros usos dos recursos hídricos. A água de irrigação geralmente não volta para o manancial perdendo-se principalmente através da evapotranspiração.

A água destinada à irrigação de plantio não necessita atender a um padrão de qualidade muito elevado. É suficiente que não contenha substâncias tóxicas ao solo e às plantações. Entretanto, para a irrigação de hortaliças, especialmente as que costumam ser consumidas cruas e também alguns frutos que têm contato com o solo, a água deve atender praticamente aos mesmos requisitos que são exigidos para água potável.

Outro aspecto a ser considerado neste uso é quanto ao problema da salinização ou impermeabilização do solo, que podem ocorrer devido a presença de alguns compostos químicos na água.

#### 4.7.5 - Recreação

A recreação no recurso hídrico pode ser de dois tipos: de contato primário, quando há um contato íntimo e prolongado do corpo humano com a água, havendo possibilidades de ingestão da mesma. Entre essas atividades, destacam-se natação, mergulho, esqui-aquático, surfe, etc., de contato secundário, quando o contato com a água é acidental como a pesca, remo, navegação esportiva, etc.

É claro que no primeiro tipo de recreação há um maior risco de contaminação de doenças transmissíveis e veiculadas pela água, caso o líquido contenha elevados teores de impurezas.

Por uso estético da água entende-se a sua integração a outros elementos da natureza, compondo a paisagem e contribuindo para o lazer passivo, contemplativo. A água destinada a este fim não deve conter impurezas que prejudiquem seu aspecto, tais como materiais flutuantes ou substâncias que produzam cor, turbidez ou odor.

#### 4.7.6 - Uso Pastoral

Neste caso, a água é utilizada para a dessedentação de animais, havendo necessidade de algum rigor quanto às impurezas que os possam prejudicar, sem contudo, haver maiores preocupações, quanto a aspectos estéticos.

#### **4.7.7 - Preservação da Fauna e da Flora**

A água destinada a este uso visa a manutenção do equilíbrio ecológico do meio aquático, bem como à propagação de espécies destinadas à alimentação humana. A piscicultura está incluída neste uso. Alguns requisitos de qualidade são exigidos para a água, principalmente quanto aos indispensáveis à sobrevivência das espécies animais ou dos padrões sanitários, quando estes animais destinam-se ao consumo humano.

#### **4.7.8 - Diluição de Despejos**

De um modo geral, as águas residuárias são encaminhadas aos rios podendo causar maior ou menor impacto ambiental, dependendo da composição dos resíduos líquidos e da capacidade de assimilação do corpo receptor.

Nestes casos, deve-se exercer controle rigoroso do recurso hídrico e dos despejos de modo a reduzir as possibilidades de ocorrerem prejuízos ao homem e ao ambiente.



**5 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

## 5.1 - ÁREAS DE INFLUÊNCIA

A área de influência direta, considerada neste estudo é aquela correspondente ao espaço de maior importância quanto às ocorrências de atividades diretamente ligadas às obras de construção do empreendimento

Esta interpretação é tanto espacial quanto funcional na medida em que procura delimitar o raio de ação das atividades do Projeto, em função de suas implicações sociais e econômicas

As atividades do Projeto que deverão contribuir para a delimitação da área de influência direta do mesmo, são as que seguem

- fornecimento de materiais locais (jazidas),
- áreas de descartes e bota-fora,
- alterações ambientais,
- desapropriações,
- recrutamento de mão-de-obra não especializada, e
- áreas irrigáveis e localidades a serem abastecidas

Por desdobramento e expansão das atividades decorrentes da implantação do açude Itaúna, as influências diretas ampliam-se delimitando aquela a que se chama de área de influência indireta

Esta, está intimamente relacionada ao delineamento do eixo rodoviário que liga o empreendimento aos locais de abastecimento (na fase de implantação da obra) tanto no que diz respeito ao fornecimento de materiais industrializados e equipamentos, quando aos recursos financeiros e suportes técnicos requeridos pelo empreendimento

## 5.2 - ASPECTOS FÍSICOS

### 5.2.1 - Estudo dos Solos

O estudo de solos, compreendeu duas fases

#### **Fase 1:**

Tendo por base o estudo realizado para o Projeto Áridas - Tema Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1994 Neste estudo a bacia foi analisada a nível de classes de solos, quanto foi verificado a ocorrência de podzólico vermelho-amarelo distrófico, solos litólicos distróficos, planossolo solódico, areias quartzosas distróficas e marinhas, solonchak sódico e solos indiscriminados de mangues Estes solos podem ser encontrados formando manchas de solos individualizados e uniformes, mas muitas vezes são encontrados em associação



- **Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico e Distrófico**

**Conceito** - Compreende solos minerais não hidromérficos, com horizonte A ou E seguidos de B textural não plíntico, argila de atividade alta ou baixa e teores de óxido de ferro menor que 11%, apresentando distinta individualização de horizontes São desenvolvidas de rochas do Pré-Cambriano, sedimentos do Grupo Barreiras (Terciário) ou em menor proporção de arenitos de Formação Açú do Cretáceo

**Características Principais** - São muito profundos, ~~profundos~~ e em menor escala rasos, podendo o horizonte superficial A ser fraco, moderado, ou ainda, chernozêmico A textura do horizonte diagnóstico B<sub>t</sub> predomina a argilosa e média, sendo bem ou moderadamente drenados, constatando-se também solos com drenagem acentuada e imperfeita Esta classe de solos é encontrada em todos os tipos de relevo desde o plano até montanhoso Eventualmente, pedras podem estar presentes em alguns desses solos Sua coloração mais frequente é vermelho amarelado, podendo ser localizados solos com tonalidade bruno avermelhados e em menor escala bruno acinzentados

Estes solos podem ser eutróficos e distróficos com baixa a alta fertilidade natural, sendo que há um grande predomínio dos eutróficos, que apresentam valores de saturação de base media a alta, superiores a 50%, além de, baixa saturação com alumínio, menor acidez, bem como, uma quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas

**Exploração Agrícola** - De um modo geral os podzolicos eutróficos possuem médio a alto potencial agrícola e seu uso se faz com culturas tradicionais de mandioca, milho, feijão, além do cultivo de cajueiro, algodão e com pastagem para a pecuária Nas áreas onde o clima é mais ameno, são bastante cultivados com fruticulturas Nos podzólicos distróficos, por apresentarem baixa fertilidade natural e acentuada acidez, recomenda-se o uso de fertilizantes e corretivos para diminuição prévia da acidez

Para um aproveitamento sustentável, estes solos exigem práticas de conservação simples onde os relevos são mais suaves e práticas mais complexas nos relevos mais movimentados

Nas areas de clima mais secos recomenda-se uso da irrigação As maiores limitações destes solos restringem-se aos atributos ou caráter presente no solo, como fase pedregosa e/ou rochosa, a pequena profundidade topográfica do terreno e a transição abrupta entre os horizontes A e B<sub>t</sub> que favorecem os processos erosivos

- **Planossolo Solódico**

**Conceito** - Compreende solos com B textural com argila de atividade alta e sequência de horizontes A - B<sub>t</sub> - C ou A - E - B<sub>t</sub> - C, com transição abrupta ou clara entre o horizonte superficial e o B<sub>t</sub>, apresentando também, cores de redução e/ou mosqueado resultante da drenagem reduzida São em sua maioria originados de rochas do Pré-Cambriano, podendo ainda, serem



provenientes de sedimentos argilosos e siltosos pertencentes ao Holoceno (áreas de várzeas), ou ainda, de argilitos e siltitos da formação Jaibaras

**Características Principais** - São solos moderadamente profundos a rasos, comumente entre 35 a 120 cm, sendo geralmente o horizonte A fraco, e raramente moderado

O horizonte subsuperficial B<sub>t</sub>, normalmente, é de textura média ou argilosa, apresentando baixa permeabilidade, com problemas de encharcamento temporário durante o período chuvoso e *ressecamento com fendilhamento durante a época seca*. A coloração comumente é variada, ou com mosqueado, onde variam pouco a abundante, em face da drenagem imperfeita. Como outros atributos diagnósticos, estes solos apresentam estrutura forte ou moderada, primática ou colunar, de consistência extremamente dura quando seco

Estes solos abrangem área de relevo plano ou suave ondulado, sendo bastante susceptíveis à erosão, podendo ocorrer, ou não, fase pedregosa ao longo do perfil, dificultando o uso de máquinas agrícolas. Das características físicas e morfológicas do horizonte subsuperficial B<sub>t</sub>, advém as condições pouco favoráveis à penetração de raízes

Do ponto de vista químico, são solos que, na maioria, apresentam altos valores de saturação e soma de bases trocáveis, além de apreciáveis quantidades de minerais primários de fácil decomposição (OLIVEIRA et al., 1992). A saturação com sódio trocável ( $100 \text{ Na}^+/\text{T}$ ) apresenta valores compreendendo entre 8 e 20% (EMBRAPA, 1988b) nos horizontes inferiores, resultando dessa condição solos de baixa permeabilidade. São, em geral, de reação moderada ou praticamente neutra e raramente de reação alcalina

**Exploração Agrícola** - Na exploração destes solos constatou-se, além da extração da Carnauba, áreas cultivadas com algodão e uso extensivo de pastagens naturais com pecuária. São aproveitados também, em pequena escala, com culturas de subsistência de milho e feijão

Como fatores limitantes ao emprego agrícola, destacam-se as condições físicas pouco favoráveis, a saturação com sódio trocável e a escassez de água na maior parte do ano, em algumas áreas onde estão situados

#### • Solonchak Sódico

**Conceito** - Compreende solos minerais halomórficos, intermediários para solonetz, com sequência de horizonte A - C<sub>gz</sub> ou A - C<sub>gz</sub> (OLIVEIRA et al., 1992), ou seja, apresentam gleização e, ao mesmo tempo horizonte sálico. Possuem altas concentrações de sais solúveis, tendo por isso, altos valores de condutividade elétrica ( $\mu\text{mhos/cm}$  a 25°C) situando-se comumente entre 9 e 47  $\mu\text{mhos}$ , havendo casos de alcançar cerca de 260  $\mu\text{mhos}$  nos primeiros centímetros de solo durante o período seco (BRASIL, 1973). São originados de sedimentos fluviais de natureza e granulometria variada, referidos ao Holoceno

**Características Principais** - São solos pouco diferenciados com o horizonte A, em geral, de 7 a 20 cm de espessura, sendo fraco e raramente moderado, de coloração escura, às vezes de tonalidade brunadas ou acastanhadas

As características morfológicas das diversas camadas que seguem ao horizonte A variam muito. Deve-se ressaltar que, é comum o aparecimento de mosqueado e/ou cores de redução provenientes de gleização, indicando más condições de drenagem que pode variar nas diversas áreas

Estes solos apresentam elevados teores de sódio trocável, sendo superiores a 15%, bem como crostas superficiais de sais cristalinos em época seca. O pH em grande parte apresenta valores entre 7,0 e 8,0. São estes semelhantes aos solos Aluviais, deles diferenciado pelas suas características químicas, em face da alta salinidade

**Exploração Agrícola** - Embora estejam localizados em áreas de relevo plano de várzea, sua exploração econômica resume-se ao extrativismo vegetal pelo aproveitamento da carnaúba e oiticica, que são nativas na região. Não se prestam para agricultura em razão da alta salinidade

#### • **Areias Quartzosas**

**Conceito** - Compreende solos minerais, hidromórficos ou não, essencialmente quartzosos, com textura arenosa ao longo de pelo menos uma profundidade de dois metros da superfície. Possuem sequência de horizontes A - C e seu material originário é constituído por arenitos referidos ao Cretáceo, Jurássico, Devoniano Inferior e Siluriano Devoniano Inferior, ou por sedimentos arenosos do Grupo Barreiras (Terciário) ou ainda, por sedimentos arenosos não consolidados do Holoceno

**Características Principais** - São solos muito profundos, com relevo plano a ondulado, sendo excessivamente drenados ou imperfeitamente drenados, quando hidromórficos, com lençol freático alto

O horizonte superficial A, de pouca espessura é de modo geral, do tipo fraco, ocorrendo manchas com A moderado. Segue-se o horizonte C, de grande espessura, normalmente superior a 2 metros, tendo colorações amareladas, brumadas, avermelhadas, ou de cores acinzentadas claras. Não apresentam desenvolvimento estrutural, sendo sempre de grão simples e de consistência solta ou macia, frável ou muito frável quando úmido

A nível das informações existentes, foram identificados somente solos distróficos, com saturação e soma de bases trocáveis baixas, de reação fortemente ácida e saturação com alumínio alta

**Exploração Agrícola** - Estes solos não são utilizados em grande escala com as lavouras tradicionais, tendo em vista sua baixa fertilidade natural e a limitação relativa ao armazenamento de água, principalmente nos solos em que predomina a textura mais grossa, necessitando de um sistema de irrigação apropriado. Nas áreas onde ocorre o hidromorfismo, a drenagem é o fator limitante, devido a presença do lençol freático elevado durante parte do ano

Estes solos têm se destacado na exploração da cultura do cajueiro na zona litoral do estado, sendo usados ainda, com as culturas de coco e outras de menor porte

Embora o relevo seja propício à mecanização e de condições físicas favoráveis, o uso indiscriminado de máquinas, principalmente as de pneu, pode provocar o adensamento interno das camadas. Estes solos também, são susceptíveis à erosão, no entanto, podem ser controlados com práticas conservacionistas simples

#### • Solos Aluviais

**Conceito** - Corresponde a solos poucos desenvolvidos, provenientes de deposição fluviais recentes e que apresentam apenas um horizonte A diferenciado, seguido de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si (BRASIL, 1973). Possuem sequência de horizontes A - C, com material de origem referidos ao Holoceno

**Características Principais** - São de profundidade moderada ou muito profundos, sendo imperfeito ou moderadamente drenados, de textura variável, desde arenosa até argilosa, com argila de atividade alta ou baixa, sendo identificados em várzeas de relevo plano ou suave ondulado

Em função do material originário, podem apresentar características morfológicas variáveis de um local para outro, ou até dentro do próprio perfil. O horizonte superficial A normalmente é fraco, embora ocorram também moderado e chernozêmico, tendo este último teores mais elevados de carbono orgânico

As camadas subjacentes ao horizonte A, variam muito, possuem composição e granulometria diferentes e sem disposição preferencial, apresentando mosqueado quando imperfeitamente drenada

Quimicamente apresentam saturação e soma de bases trocáveis alta, com teores de fósforo assimiláveis de médios a alto e pH variando de moderadamente ácido a moderadamente alcalino. São ricos em materiais primários de fácil decomposição, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas

**Exploração Agrícola** - São intensamente cultivados com diversas culturas destacando-se a cana-de-açúcar, milho, feijão, arroz, algodão, e ainda, horticultura, e pastagens para criação de bovinos. Em algumas áreas são aproveitadas no extrativismo dos carnaubais nativos

Nas áreas secas há necessidade de irrigação e de drenagem, as quais devem ser conduzidas com manejos adequados, a fim de se evitar a salinização das terras cultivadas, visto que os teores de sódio são bastante significativos em algumas áreas. Nas partes argilosas e imperfeitamente drenados, encharcam facilmente, o que provoca também limitações ao uso de máquinas agrícolas

#### • Solos Litólicos

**Conceito** - Constituem esta classe solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, com seqüência de horizontes A-R ou A-C-R, ocorrendo em alguns locais, início da formação de um horizonte (B) incipiente. O material originário em grande parte, corresponde ao saprolito da rocha subjacente, sendo comum gnaisses, granitos, arenitos, filitos, siltitos e outros, pertencentes a diversos períodos geológicos.

**Distribuição e Extensão** - Esta classe encontra-se distribuída por todas as Regiões Naturais do Estado. Aproximadamente ocupam uma área de 37 155,17 km<sup>2</sup> que corresponde a 25,02% do total mapeado.

**Características Principais** - São rasos a muito rasos, o relevo varia de plano até montanhoso, possuem drenagem de moderada a acentuada e são bastante susceptíveis à erosão, em decorrência de sua reduzida espessura, pois o substrato, dificulta ou impede a percolação da água, ao atingir a rocha, expondo as áreas aos efeitos das enxurradas.

Nos locais onde o substrato encontra-se em processo de intemperização, acontece maior penetração das águas, reduzindo a erodibilidade e favorecendo a penetração das raízes em busca de nutrientes e águas para os vegetais. Quanto à textura, ocorrem de arenosa e argilosa, normalmente com fases pedregosa e rochosa.

São observados no estado solos apresentando saturação e soma de bases trocáveis altas ou baixas, podendo ser identificadas baixas ou altas saturação com alumínio. Nos solos eutróficos, o pH situa-se entre 5,4 e 7,2, enquanto nos distróficos e álicos o pH fica em torno de 4,4 e 6,2.

**Exploração Agrícola** - As áreas ocupadas por estes solos, são normalmente aproveitadas com pecuária extensiva. Nos locais onde o relevo é pouco movimentado e o horizonte A mais espesso, são constatadas culturas de subsistência, como milho, feijão, as vezes consorciados com a cultura do algodão.

A pequena espessura e a presença frequente de cascalho, pedras e matacões, aliadas normalmente ao relevo, fazem com que sua utilização seja mais restrita. De modo geral, são mais indicados para reservas naturais, reflorestamento ou pastoreio extensivo.

#### • Solos Indiscriminados de Mangues

**Conceito** - Compreende solos holomórficos indiscriminados, pouco desenvolvidos, alagados, localizados nas partes baixas da orla marítima, sob influência das marés e com uma vegetação característica denominada de mangues ou manguezais. Não possuem seqüência de horizontes, exceto nas áreas marginais, onde se verifica a presença de um horizonte pouco desenvolvido. São originados da decomposição de sedimentos e material muito fino, em mistura com detritos orgânicos, oriundo da cobertura vegetal e da atividade biológica intensa produzida pelos caranguejos, que são numerosos nestes terrenos.

**Distribuição e Extensão** - Distribuem-se dispersamente ao longo da faixa costeira, nas proximidades das desembocaduras de rios, mangues de lagoas e partes baixas da orla marítima,



na Região Natural do Litoral e Várzeas, sob influência das marés, abrangem aproximadamente 131,25 km<sup>2</sup> que equivale 0,08% do total do estado

**Características Principais** - São pouco desenvolvidos, gleizados com altos conteúdos de sais provenientes da água do mar e de compostos de sulfato e/ou enxofre, que podem causar grande acidificação quando oxidados, tornando o pH extremamente baixo. Tal situação ocorre notadamente, nas partes com maior quantidade de matéria orgânica.

**Exploração Agrícola** - Não são utilizadas agricolamente, encontra-se quase totalmente cobertos pela vegetação natural de mangues. As limitações são muito fortes pelo excesso d'água e sais, além das constantes inundações.

Atualmente, a maior parte constitui área de preservação ambiental. Mais recentemente, algumas glebas vêm sendo exploradas com carcinicultura de cativeiro, com significativos retornos econômicos (FUNCEME, 1989).

#### **Fase 2**

Através do estudo de fotointerpretação especificado anteriormente, foram identificados as manchas de solos aqui classificadas a nível de unidade de mapeamento. Foram mapeadas as seguintes unidades:

PV<sub>7</sub> - Associação de Podzólico Vermelho Amarelo abruptico plintico textura areno-argilosa + Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura média + Podzólico Acinzentado Distrófico com fragipan textura média todos A fraco e moderado fase caatinga hipoxerófila e floresta caatinga relevo plano e suave ondulado

PV<sub>6</sub> - Associação de Podzólico Vermelho Amarelo abruptico plintico textura areno-argilosa + Latenta Hidromórfica Eutrófica textura argilosa cascalhenta + Latossolo Vermelho Amarelo textura média todos A fraco e moderado fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado

PE<sub>37</sub> - Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico raso textura argilosa cascalhenta fase relevo suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico textura argilosa fase relevo plano e suave ondulado todos A fraco fase caatinga hiperxerófila

PL<sub>4</sub> - Associação de Planossolo Solódico textura arenosa/média e argilosa + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa substrato ondulado e granito + Solonetz Solodizado textura arenosa / média e argilosa todos A fraco fase caatinga hiperxerófila e campo xerófilo relevo plano e suave ondulado

Red<sub>10</sub> - Associação de Solos Litólicos Eutrófico e Distrófico A fraco textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + Afloramento de Rocha + Solonetz Solodizado A fraco textura arenosa / média e argilosa fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado

Red<sub>1</sub> - Associação de Solos Litólicos Eutrófico e Distrófico A fraco e moderado textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa floresta / caatinga hipoxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito quartzo e xisto + Afloramento de Rocha + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico A fraco e moderado textura argilosa e media fase pedregosa floresta caatinga relevo forte ondulado e montanhoso

Red<sub>2</sub> - Associação de Solos Litólicos Eutrófico e Distrófico textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado substrato gnaisse e granito quartzo e xisto + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico textura argilosa cascalhento fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa média e argilosa fase pedregosa e rochosa relevo plano e ondulado substrato arenítico argilito e siltito todos A fraco e moderado fase caatinga hipoxerofila

SM - Solos Indiscriminados de Mangues textura indiscriminada fase relevo plano

SK<sub>2</sub> - Associação de Solonchak Solonético A fraco fase campo halomórfico da várzea e floresta ciliar de carnaúba + Solos Indiscriminados de Mangues todos textura indiscriminada fase relevo plano

Amd - Associação de Areias Quartzosas Distróficas (Dunas) fase relevo suave ondulado e ondulado + Areias Quartzosas Distróficas A fraco fase caatinga hipoxerofila e floresta caatinga relevo plano

PE<sub>12</sub> - Associação de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico A fraco e moderado textura argilosa + Solos Litólicos Eutróficos Indiscriminados fase pedregosa e rochosa ambos fase floresta caatinga relevo forte ondulado e montanhoso + Afloramentos de Rocha

PE<sub>43</sub> - Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico latossólico A moderado e chermozênico textura argilosa e média fase floresta sub-perenifólia relevo suave ondulado e forte ondulado

AQd<sub>2</sub>- Associação de Areias Quartzosas Distróficas fase relevo plano e suave ondulado + Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura média fase relevo suave ondulado + Solos Litólicos Distróficos textura arenosa fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato arenoso todos A fraco e moderado fase floresta caatinga

Os solos PV<sub>6</sub> e PV<sub>7</sub> representam as melhores áreas São solos bastante cultivados com relevo variando entre plano e suave ondulado Deverá ser verificado em fase posterior os solos PE<sub>37</sub> próximo à cidade de General Tibúrcio

A área mapeada foi de 1 850 km<sup>2</sup> Os melhores solos classificados como aptos para irrigação, abrangem uma área aproximadamente de 8 000 ha

## 5.2.2 - Características Físicas da Bacia Hidrográfica

O rio Timonha, pouco acima do local barrável recebe pela sua margem direita um importante tributário, o rio Sobradinho, cuja contribuição até o sítio barrável é quase equivalente ao rio principal. O açude Timonha ou Itauna controlará cerca de 41,66% da área de 1 851,4 km<sup>2</sup> da bacia de drenagem do rio Timonha, ou seja 771,3 km<sup>2</sup>.

A bacia tem um relevo acidentado, montanhoso, próximo às suas nascentes. Os pontos mais elevados situam-se nas serras da Timbaúba e Serra de São Joaquim em altitudes de 698 m e 738 m, respectivamente. Logo depois, a bacia caminha suavemente para regiões mais baixas. No local do barramento a altitude já é bastante baixa, na cota 38.

No seu curso superior, o rio Timonha apresenta declividade acentuada, reduzindo-se bruscamente, e depois suavemente, à medida que caminha para o mar.

Seus principais parâmetros físicos estão apresentados no Quadro 5.1.

**QUADRO 5.1**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA**

Discriminação	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Talvegue km	Índice de Compacidade	Fator do Forma	Declividade ‰
Bacia do rio Timonha	1 851,4	232,0	100,5	1,500	0,18	0,99
Bacia no local da barragem	771,3	139,5	71,75	1,417	0,15	

O zoneamento da bacia, isto é, a delimitação das áreas que têm o mesmo comportamento hidrológico, foi realizado segundo os conceitos quanto à permeabilidade, altitude, nível de açudagem, zoneamento físico-homogêneo, superpondo permeabilidade e relevo e zoneamento hidrológico, superpondo a pluviometria, relevo, permeabilidade e altitude.

### Zoneamento de Relevo

A capacidade de acumulação de um reservatório é diretamente relacionada com as condições de relevo de sua bacia hidráulica, sendo um elemento essencial nas relações de transformação área x volume.

#### Classes de Relevo da Bacia

R<sub>1</sub> - relevo muito suave ( $1d \leq 6 \text{ ‰}$ )

R<sub>2</sub> - relevo suave ( $6 \leq 1d \leq 9 \text{ ‰}$ )

### . Zoneamento da Permeabilidade

Fator de marcante influência na geração dos escoamentos superficiais São dois os tipos de solos, classificados em relação à permeabilidade Tipo A e C

Tipo A - baixo potencial de escoamento Solos muito permeáveis com alta taxa de infiltração, mesmo quando continuamente umedecidos São solos profundos arenosos e bem ou excessivamente drenados

Tipo C - Solos de baixa infiltração (abaixo da média), quando continuamente umedecidos São solos de textura moderadamente fina, alta taxa de colóide e argila e baixa taxa de transmissão

### . Zoneamento de Altitude

A bacia está classificada como na zona A<sub>1</sub>, ou seja, de baixa altitude com  $h \leq 100$  metros

### . Zoneamento de Açudagem

A bacia do Timonha pode ser considerada como a de menor nível de açudagem do estado, não dispondo de nenhum açude de porte médio ou mesmo de pequeno porte A lâmina equivalente de armazenamento é portanto da classe  $LA \leq 5$  m, desprezível

### . Zoneamento Físico Homogêneo

O cruzamento dos 4 tipos de relevo com a permeabilidade produziu a divisão da bacia em 8 zonas físicas homogêneas (Quadro 5.2)

**QUADRO 5.2**  
**ZONEAMENTO FÍSICO HOMOGÊNEO**

Bacia	Área km <sup>2</sup>	Zonas Físicas Homogêneas (%)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Timonha	1 851,0	26,5	-	1,1	-	5,9	-	23,1	-
		9	10	11	12	13	14	15	16
		6,9	-	6,6	-	11,1	-	18,6	-

#### 5.2.3 - Caracterização Climática da Bacia

A estação meteorológica de Acaraú foi tomada como representativa da bacia, por ser a mais próxima do local em estudo, dentre as 6 únicas estações climáticas com dados de observação aprovados pelo INEMET (Instituto de Meteorologia do Ministério da Agricultura) considerados válidos nos estudos das bacias do Bloco 2 do PERH (Plano Estadual dos Recursos Hídricos)

Estação Climática - Acaraú

Código - 2759779

Localização Geográfica - 2° 53' de latitude e 40° 07' de longitude

Altitude - 7,0 m

Período de observações - 1976 - 1988

O clima é razoavelmente homogêneo. As variações climáticas são diretamente associadas às variações observadas na relação pluviometria x temperatura, ou melhor dizer índices pluviométricos maiores correspondem a temperaturas mais reduzidas.

A temperatura na orla mais litorânea da bacia oscila entre 26°C e 27,5°C

A umidade relativa do ar, sendo entre todos os parâmetros aquele mais intimamente ligado à pluviosidade sempre supera os 80% durante a quadra invernal. Devido a sua proximidade com o litoral, mantém-se geralmente com um valor relativamente elevado entre 73 e 75% durante o período de estiagem.

Os dados observados indicam os seguintes parâmetros: temperatura média mensal de 26,7°C, sendo mais quentes os meses de setembro, outubro e novembro e mais frios os meses de junho e julho. Os meses mais chuvosos são, também, os mais úmidos, março, abril e maio. O valor médio da umidade relativa do ar é 76%. A insolação média anual é de 2 885 horas de radiação, enquanto que a mensal é de 240 horas. A velocidade média dos ventos é bastante alta, de 6,8 m/s, sendo durante os meses de setembro e outubro que ocorrem os ventos mais fortes, com direção predominante no sentido leste/nordeste. A evaporação média anual do tanque classe A e também muito alta, 2.427 mm, que representa uma média mensal de 202,3 mm (Quadro 5.3)

QUADRO 5.3  
CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ESTAÇÃO DE ACARAU

Características Climáticas	MESES												Total	Média
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Pluviometria (mm)	87,5	169,0	315,6	296,1	181,5	57,0	18,9	3,9	3,4	1,5	6,6	26,5	1 167,5	97,3
Temp Média das Máximas (°C)	31,2	30,8	30,1	30,3	30,5	31,0	31,2	31,8	32,0	31,9	32,1	32,0		31,2
Temp Média das Mínimas (°C)	23,1	23,1	23,1	22,6	22,3	21,8	21,7	22,3	22,8	23,0	22,8	23,0		22,6
Temp Média (°C)	27,1	27,0	26,6	26,4	26,4	26,4	26,4	27,0	27,4	27,4	27,5	27,5		26,9
Temp Média Compensada (°C)	27,0	26,8	26,5	26,3	26,2	25,9	26,4	26,8	27,0	27,1	27,3	27,5		26,7
Umidade Relativa Média (%)	76,0	76,0	84,0	84,0	83,0	78,0	75,0	71,0	70,0	69,0	70,0	73,0		75,7
Insolação Média (horas)	214	168	158	170	216	254	258	300	291	297	286	273	2 885,0	240,4
Velocidade Média dos Ventos (m/s)	4,9	4,2	3,0	4,0	3,6	4,8	5,3	6,4	6,8	6,8	6,6	6,0		5,2
Evaporação Média Tanque Classe A (mm)	202	184	116	91	111	154	192	262	282	291	284	258	2 427,0	202,3
ETP (mm)	152	134	144	138	142	134	130	134	139	148	147	153	1 695	141,2

### 5.2.4 - Balanço Hídrico

O balanço hídrico é fundamentado na aplicação do princípio da conservação de massa de água, para um determinado local ou área. A aplicação desse princípio permite evidenciar que a variação da quantidade d'água, existente num determinado "volume de controle", deve ser igual à diferença entre o ganho (resultante da condensação local e das precipitações) e o consumo (representado pelo escoamento superficial e profundo e pela evaporação ou evapotranspiração). Na prática, esta quantificação dos termos que figuram na questão do balanço hídrico apresenta sérias limitações. Por essa razão, é comum o emprego de métodos empíricos que fornecem apenas estimativas desse balanço, principalmente porque utilizam pluviometrias médias mensais, sem considerar a distribuição das chuvas dentro de cada mês.

O método do balanço hídrico recomendado por Thornthwaite & Mather (1955) é largamente utilizado, quando se pretende obter estimativas climatológicas e não se dispõe dos dados que possibilitem estudos mais refinados.

O método admite que o solo funciona como um reservatório de água, com capacidade de armazenamento bem definida (função de suas propriedades físicas e da profundidade média da zona radicular das plantas nele situadas). As seguintes hipóteses simplificadoras são aqui resumidas:

- o solo perde água para a atmosfera (evapotranspiração) segundo uma lei exponencial,
- toda a precipitação é usada para reabastecer o solo, até que esta atinja sua capacidade máxima de armazenamento,

Para a estação representativa da bacia, no caso Acaraú foi usada uma capacidade de armazenamento de 100 mm, por ser considerada representativa das condições naturais do solo e simultaneamente às características radiculares de boa parte das culturas exploradas na região (Quadro 5.4).

QUADRO 5.4  
BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITE E MATHER

Estação Acaraú					Lat (gg mm) -2 53				
					Cap Armaz 100 mm				
Mês	T °C	P mm	EVP mm	P-EVP mm	ARM mm	ALT mm	EVR mm	EXC mm	DEF mm
Jan	27,1	87,5	149	-62	0	0	88	0	62
Fev	27,0	169,0	131	38	38	38	131	0	0
Mar	26,6	315,6	141	175	100	62	141	113	0
Abr	26,4	296,1	131	165	100	0	131	165	0
Mai	26,4	181,5	134	48	100	0	134	48	0
Jun	26,4	57,0	130	-73	48	-21	109	0	21
Jul	26,4	18,9	134	-115	15	-47	52	0	82
Ago	27,0	3,9	143	-139	4	-35	15	0	128
Set	27,4	3,4	145	-142	1	-14	6	0	139
Out	27,4	1,5	151	-150	0	-5	3	0	149
Nov	27,5	6,6	147	-140	0	-2	7	0	140
Dez	27,5	26,5	152	-126	0	-1	27	0	126
Ano	26,9	1 167,5	1 688	-521	406	0	842	325	846

### 5.2.5 - Caracterização Pluviométrica

O mês mais chuvoso é março com 27% da pluviometria, o bimestre mais chuvoso é março e abril, que concentra 50% do total e o trimestre mais chuvoso, fevereiro, março e abril, com 67% da precipitação anual. No primeiro semestre ocorre mais de 90% da pluviometria anual.

A pluviometria média anual é de 1 028 mm.

### 5.2.6 - Cadastro Hídrico

Foi obtido com o auxílio do mapeamento hídrico realizado pela FUNCEME em 1989, sob o título Monitoramento dos Espelhos D'água dos Açudes do Ceará. Através do PERH - Plano Estadual dos Recursos Hídricos, foram obtidos os volumes correspondentes aos espelhos d'água dos açudes cadastrados. Este estudo não contemplou a transformação dos espelhos d'água das lagoas em volume. Por esse motivo, foi estabelecido o critério que segue para a obtenção desses volumes (Quadro 5.5).

Não sendo possível realizar medições de alturas nas lagoas da bacia e neste caso aplicar a equação para estimativa de volume baseado na forma da figura representativa das lagoas (tronco de cone), representada pela fórmula

$$V_h = \left(\frac{1}{3}\right)h \times (A_o + A_m) + \sqrt{A_o \times A_m}$$

Onde

h = profundidade da lagoa,

$h_o$  = área da superfície do fundo da lagoa,

$A_m$  = área da superfície da lagoa em sua altura máxima,

e baseado em informações locais sobre a periodicidade das lagoas, utilizou-se a altura da evaporação do tanque classe A, como parâmetro para obtenção da altura média das lagoas e conseqüentemente seu volume correspondente.

Para as lagoas com área de espelho d'água até 5,0 ha foi admitido uma altura média equivalente a 5% menor que a altura da evaporação, 2,306 m. As lagoas cujos espelhos d'água estão compreendidos entre 5,0 ha e 10,0 ha foi aceita a altura média da evaporação, ou seja, 2,42 m. As lagoas com espelhos d'água entre 10,0 ha e 15,0 ha admitiu-se a altura de 10% a mais que a evaporação (2,66 m), entre 15,0 ha e 20,0 ha, a altura foi tomada como sendo igual a altura média da evaporação + 20%, (2,90 m).



**QUADRO 5 5**  
**CADASTRO HÍDRICO**

Açude / Lagoas	Rio ou Riacho Barrado	Bacia Hidráulica (ha)	Volume Acumulado (m <sup>3</sup> )
Açude Chaval	-	12,0	227 800
Açude Cafagé	Riacho Pilão da Pedra	12,0	225 300
Açude Molhada da Areia	Riacho Veado Grande	5,0	86 000
Açude Boqueirão	Riacho Cajueiro	7,0	124 500
Açude Pedra	-	9,0	179 900
Açude Canto Grande	-	17,0	354 300
Açude Cachoeira	-	23,0	426 200
Lagoa do Mato	-	7,0	169 400
Lagoa do Mocambo	-	5,0	115 000
Lagoa do Mocambo	-	6,0	145 200
Lagoa do Camelo	-	5,0	115 000
Lagoa dos Porcos	-	7,0	169 400
Lagoa das Penas	-	10,0	241 000

Fonte PERH

Obteve-se, assim, o volume d'água acumulado na bacia pelos açude e lagoas, num total de 3 895 500 m<sup>3</sup>. Estes reservatórios, por conta de seu pequeno valor individual e total de acumulação, não têm representatividade e dispõem de pouco ou nenhum volume regularizável, sendo que a grande maioria têm reserva hídrica apenas o suficiente para atravessar o verão dos anos de invernos normais.

**5 2 6 1 - Estimativa do Potencial de Armazenagem e Regularização do Açude Itaúna a ser Construído no Boqueirão Itaúna**

O açude Itaúna no boqueirão do Itaúna tem 771,3 km<sup>2</sup> de bacia hidrográfica, e representa 41,66% da área total da bacia. Oferece a potencialidade abaixo discriminada, com as limitações impostas pelas condições topográficas locais oferecidas pelo boqueirão barrável.

Escoamento - 239,35 mm

Volume Afluyente - 184 610 655 m<sup>3</sup>

Volume Armazenável - 369 221 310 m<sup>3</sup>

O volume regularizável foi obtido, através dos estudos realizados pelo Eng.º Hypérides Macedo para os açudes do DNOCS, onde são conhecidos os valores de Volume Afluyente e Volume Armazenado x Volume Regularizado, quando foi obtida a seguinte relação:

$$VR = 0,25 \quad VA \text{ ou}$$

$$VR = 0,50 \quad Va$$

onde

VR = Volume Regularizável

VA = Volume Armazenado

Va = Volume Afluentes

VR = 92 305 327 m<sup>3</sup>

Adotando a estimativa mais pessimista, que ainda hoje é recomendada pelo Banco Mundial, onde o volume regularizável representa 1/3 do volume afluente da bacia este valor se reduz para VR = 61 536 885 m<sup>3</sup>

### 5.2.7 - Geologia Regional da Bacia

As primeiras referências à geologia regional da área enfocada deve-se a Small (1914), quando surgiu o termo "Série Serra Grande" para os arenitos, conglomerados e calcários de Ubajara. Vários pesquisadores, posteriormente, trabalharam nesta região, tais como Williams (1926), Oliveira & Leonardos (1943) - quando surgiu pela primeira vez o termo "Série Jaibaras"- Plumer et al (1949), Blankennagel (1952) e Kegel (1965) - que subdividiu o embasamento cristalino do noroeste do Ceará em três blocos orogênicos (Coreaú, Santa Quitéria e Acarau). Em 1973, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM realizou o mapeamento geológico na escala 1:100 000 de uma área de 31 000 km<sup>2</sup>, sob a denominação de Projeto Jaibaras, que engloba inteiramente a Bacia Hidrográfica do Rio Timonha.

Regionalmente, os litótipos do Pré-Cambriano predominam espacialmente e, neste trabalho, mantém-se a denominação utilizado no Projeto Jaibaras (Costa et al, 1973), que o subdividiu em A, B e C.

#### • Pré-Cambriano

O Pré-Cambriano C corresponde a porção norte do "Corpo Orogênico do Coreaú", constituído de gnaisses, micaxistos, filitos, calcários e quartzitos, que sofreram uma grande deformação ductil. Corresponde a porção do embasamento cristalino situada entre a zona de cisalhamento de Jaguarapi (sul da bacia do rio Timonha) e a costa atlântica, litologicamente composta por migmatitos homogêneos, granitóides metassomáticos e, secundariamente, quartzitos impuros, em parte ferríferos, e cataclasitos.

Os migmatitos homogêneos (P x<sub>g</sub>) dominam espacialmente e, eventualmente, são substituídos por tipos litológicos classificados como migmatitos heterogêneos. Os homogêneos são essencialmente gnaisses (hornblenda-granada-biotita gnaisse) de granulação grosseira, de aspecto granitóide com bandamento irregular e uma xistosidade remanescente, além de piroxênio-granulito. Na área do vale do rio Timonha, este litotipo pode ser observado com propriedades de gnaisse granitóide, ou gnaisse granitizado. Os heterogêneos foram classificados como diadititos, epibolitos e agamatitos, onde, frequentemente, as finas bandas félsicas exibem estruturas migmatíticas, a exemplo de dobras ptigmáticas, no conjunto, correspondem a mesma composição mineralógica dos termos homogêneos.



No âmbito regional desta unidade, ainda ocorrem ortoconglomerados e arenitos do Grupo Jaibaras e quartzitos ferríferos altamente cataclados, sob a forma de estreitas lentes (800 a 1 000 metros de largura) que podem atingir até 10 km de comprimento e que, localmente, apresentam intercalações de hematita compacta e itabirito quartzoso. O granitóide Chaval (PSYc) ocorre conspicuamente na região de Chaval, representado petrograficamente por um granito porfíroide grosseiro, mesocrático, com cristais de feldspato cinza distribuídos aleatoriamente na matriz constituída de biotita, quartzo e feldspatos.

Ao longo das zonas de cisalhamento, comuns na região da Bacia do Rio Timonha, ocorrem os cataclastos, oriundos das modificações impostas pela tectônica ruptil, que evoluem para milonitos e ultramilonitos nas faixas que sofrem maior esforço. Localmente pode-se, algumas vezes, notar a coloração esverdeada do tipo litológico, imposta pela ocorrência de intensa epidotização e cloritização que ocorre ao longo das zonas de cisalhamento.

O Pré-Cambriano C caracteriza-se por uma extrema pobreza de feições ducteis. A tectônica ruptil é mais constante, e os grandes falhamentos transcorrentes orientados segundo NE-SW adquirem maior importância estruturalmente. Acompanhando tais zonas, existe uma intensa milonitização com 01 a 02 km de largura e, em alguns casos, alcançando 05 km transversalmente. A mais extensa destas estruturas é denominada de zona de cisalhamento de Granja, e ocorre a oeste de Petimbu (zona central da bacia do rio Timonha).

A zona de cisalhamento de Jaguarapí, sul da área, e falhamentos menores associados, representa também a ocorrência da tectônica ruptil observada na região. Estas feições são responsáveis pelo contato entre unidades litológicas distintas no âmbito do Pré-Cambriano.

O Pré-Cambriano B ocupa toda a faixa ao sul da falha Itacolomy - Tucunduba, com exceção dos xistos, calcários e filitos a noroeste de Massapê, atribuídos ao Pré-Cambriano A. Corresponde, de outra forma, a porção sul do "Corpo Orogênico do Coreaú". Litologicamente, é representado por uma variada e complexa associação de parametamorfitos, incluindo fácies granitoides sin e pós-cinemáticas. Existem migmatitos heterogêneos, embrechitos, anatexitos e tipos calcissilicáticas PI(B), quartzitos feldspatizados e muscovíticos, xistos e calcários, sienitos e granitos e o "stock" granítico pós-orogênico.

No âmbito do Pré-Cambriano B prevalece um estilo tectônico essencialmente dúctil, secundado por grandes falhamentos orientados segundo NE-SW, grosseiramente paralelos ao lineamento Sobral-Pedro II.

O Pré-Cambriano A ocorre no bloco limitado pela zona de cisalhamento de Jaguarapí e pela linha de falha Itacolomy-Tucunduba, respectivamente a norte e sul, e a região serrana compreendida entre General Tibúrcio (extremo sul da Bacia do Rio Timonha) e o flanco noroeste da serra de Ubatuba. A sequência litológica desta unidade compreende, em termos gerais, filitos e xistos de baixo grau metamórfico, quartzitos, calcário "cristalino" e termo-metamorfitos, e caracteriza-se pela ausência de evidências de feldspatização ou migmatização (Grupo Martinópolis - Pmc, Pms e Pmsj).



A sequência de quartzitos que ocupa a posição basal da Unidade A e monótona sob o ponto de vista petrográfico. No geral são litótipos puros, esbranquiçados, que preservam em determinados pontos as feições primárias da estratificação paralela. Na parte média e no topo da sequência é comum a ocorrência de quartzitos muscovíticos. A sequência superior da Unidade A é caracterizada por uma individualização litológica, estrutural e estratigráfica, sendo constituída por uma sequência contínua de xistos, de baixo grau metamórfico, e filitos, com intercalações eventuais de níveis quartzosos. Dispõe-se concordantemente sobre os quartzitos basais desta Unidade.

Petrograficamente, os tipos mais comuns são representados por filitos, clorita-sericita-xistos, sericita-talco-xistos e muscovita-xistos (Pmst, Pmsj). Ao sul de Ibuguaçu, os filitos e xistos apresentam um fino bandamento composicional, resultante da alternância de leitos pelíticos e psamíticos, podendo receber a denominação de quartzo-filito e quartzo-xisto.

A leste do meridiano de 41° W, a Unidade A possui um arranjo estrutural bem diferente daquele que prevalece na região serrana dos flancos da Ibiapaba. A sequência quartzítica basal sobrepõe-se aos migmatitos da Unidade C por discordância angular ou, a exemplo do que ocorre ao longo da Falha de Ibuguaçu, o contato é tectônico. Existe, ainda, uma série de dobramentos com eixos orientados segundo 50 a 60° Az, infletindo-se para sudoeste e sul, passando a orientar-se segundo 20 a 30° Az já nos flancos da Ibiapaba. Os quartzitos exibem dobramentos normais em uma sequência de sinclinais e anticlinais assimétricas, abertas, mergulhos moderados e caimento dos eixos para sudoeste e nordeste.

Ao sul de General Tibúrcio (sul da Bacia do Rio Timonha), existe uma modificação no caráter dúctil, passando a existir dobras com flancos sub-verticais e conspícua clivagem de cisalhamento paralela aos planos axiais, resultantes dos esforços de compressão e cisalhamento. Os xistos e filitos possuem um comportamento diferente, em função da maior plasticidade e menor competência, sendo comum se observar dobramentos inversos.

Inúmeras falhas de cisalhamento com direção geral NE-SW, além da falha inversa de Itacolomy, seccionam a Unidade A em blocos alongados e paralelos, associados a zonas de cisalhamento, e representam o elemento estrutural de maior destaque na área.

Do ponto de vista evolutivo, este arcabouço estrutural pode ser resultante de duas fases tectônicas distintas. A primeira, dúctil, propiciou o dobramento de toda a sequência pelítica, e, a segunda, gerada pela tectônica rúptil, cisalhou as unidades litológicas existentes.

As características petrográficas das rochas pelíticas da Unidade A, associadas às associações mineralógicas do tipo clorita-sericita-quartzo, muscovita-clorita-sericita-quartzo e muscovita-biotita-quartzo, colocam esta sequência nos níveis superiores da fácies xisto-verde.

#### • Formação Coreaú (Psuco)

Pertence ao Grupo Ubajara, sendo definida como a unidade mais recente, sendo composta por uma sequência de arenitos arcoseanos finos, de cores creme e cinza claro, e grauvacas liticas.

escuras, por vezes conglomeráticas, ocorrendo sobreposta concordantemente aos calcários da Formação Frecheirinha

Ocorre em uma faixa de direção nordeste, desde o início da serra de Ibiapaba até o rio Coreau Costa et al (op cit) estimam valores da ordem de 2 000m para as espessuras desta unidade e, no mapa anexo, aflora no extremo sudeste

#### • **Formação Serra Grande (SDsg)**

Small (in Costa et al, op cit) foi quem criou o termo "Série Serra Grande" que englobava arenitos, conglomerados e o calcário que aflora na região de Ubajara, Estado do Ceará

No Projeto Jaibaras ela foi considerada como composta por arenitos grosseiros e conglomerados, com ocasionais intercalações de argilitos e siltitos, que afloram na escarpa da serra da Ibiapaba e ocorre por todo o extremo sul da Bacia do Rio Timonha

No geral, os litótipos desta formação se apresentam em bancos espessos, quase sempre diaclasados, formando paredões verticais de dezenas de metros de altura, chegando até 180m O relevo condicionado é tipicamente cuestiforme, com a escarpa voltada para leste e o reverso para oeste, em direção ao centro da Bacia do Paraíba, em concordância com o mergulho das camadas A rede de drenagem é pouco densa e predominantemente consequente

A porção basal desta formação marca o início da invasão marinha O caráter grosseiro dos sedimentos observado na seção inferior, indica condições de águas rasas e agitadas, em ambiente nerítico, com abaixamento rápido e contínuo da bacia de sedimentação, coberta por extensa lâmina d'água, atingindo profundidades maiores na fase final da formação do Serra Grande, com a sedimentação mais estável dos arenitos finos

#### **Grupo Barreiras Indiviso (TQbi, Tbc)**

O termo "Barreiras" foi utilizado pela primeira vez por Branner em 1902 quando se referiu aos sedimentos variegados, inconsolidados, que ocorrem na faixa costeira desde o Estado do Rio de Janeiro até a foz do Amazonas Bigarella & Andrade, em 1964, propuseram o uso de "Grupo Barreiras" após um estudo no âmbito da cidade de Recife/PE

No geral, o Barreiras engloba sedimentos inconsolidados, afossilíferos, compostos essencialmente por areias com acamamento indistinto, de colorações variadas, desde o tom esbranquiçado até o avermelhado, predominando a cor creme-amarelada a avermelhada Ocorre ao longo de uma faixa quase contínua de tabuleiros arenosos ao longo do litoral, sendo que para o interior do continente se estende até cerca de 40 km, ao longo do vale do Acaraú

Recobre o embasamento cristalino e é recoberto por sedimentos mais recente, como as dunas, e suas espessuras são variáveis, indo de poucos metros até cerca de 50 m (vale do Acaraú)



### **Coberturas Intramontanas (Qc)**

Ocorrem próximo aos flancos da Ibiapaba, sob a forma de pequenas manchas, e representam testemunhos de uma cobertura contínua, condicionadas a áreas de posicionamento topográfico específico. São formadas por material clástico heterogêneo, incluindo blocos e calhaus angulosos, geralmente de quartzitos e migmatitos, dispersos em matriz argilo-arenosa impura. Em algumas áreas, observa-se blocos oriundos da Formação Serra Grande.

### **Dunas (Qphe e Qhe)**

Neste domínio estão englobadas as dunas móveis e fixas. Recobrem a faixa costeira, repousando discordantemente sobre a cobertura arenosa do Barreiras. Litologicamente se caracterizam por serem compostas de areias de granulometria fina a média, bem classificadas, com tonalidades variando de cinza-claro a esbranquiçada, ocasionalmente apresentando estratificações cruzadas.

Possuem uma morfologia movimentada, originando pontões, formas em flexa, restingas e corpos entrecortados por pequenas barras e ilhotas nas embocaduras dos rios. Chegam a atingir distâncias de 10 km além da linha de costa, muitas vezes assoreando cursos d'água e formando lagoas inter-dunares. Suas espessuras são variáveis, podendo alcançar até 30 metros.

### **Aluviões (QHa)**

Esta unidade restringe-se aos vales dos rios Acaraú, Coreaú, Timonha e a região do delta do Parnaíba-Longá.

Possui uma composição clástica muito heterogênea, variando desde sedimentos argilosos até conglomeráticos, com larguras que atingem aproximadamente 6 km (Marco, Estado do Ceará) e espessuras variáveis.

Próximo a costa, sob influência marinha, os sedimentos aluvionares correspondem a vasas escuras, flúvio-marinhas, onde se observa a mistura de materiais pelíticos e matéria orgânica em decomposição. A partir de Chaval, para leste, a intervenção marinha é observada nitidamente, propiciando a formação de salinas e a formação de extensos manguesais, alagados na preamar.

O mapa geológico da bacia hidrográfica do rio Timonha está apresentado no Anexo 2 deste relatório.

## **5.2.8 - Hidrogeologia da Bacia**

### **5.2.8.1 - Unidades Geológicas**

O período Cenozóico Quaternário está representado pela província sedimentar que engloba o cordão litorâneo com sedimentos flúvio-marinhos e marinhos, coberturas flúvio-aluviais, as dunas e paleodunas.

O Cenozóico Terciário é marcado pela presença da unidade Grupo Barreiras Indiviso, que abrange a maior parte da área da bacia

Uma menor porção da área está constituído por blocos consolidados em vários ciclos do Pré-Cambriano Indiferenciado

#### 5.2.8.2 - Sistemas Aquíferos

- *Dunas*

As dunas ou sedimentos eólicos inconsolidados constituídos litologicamente por areias finas e médias relacionam a tonalidade com a idade. As paleodunas são mais avermelhadas e se relacionam ao rigor de um clima árido mais antigo. As areias esbranquiçadas que formam as dunas móveis e areais de praia são relacionadas ao clima atual.

Entre as dunas, particularmente no período de chuvas, observa-se a ocorrência de pequenas depressões brejosas.

Ocorre também que as dunas desviam embocaduras de rios ou riachos dificultando seus escoamentos, originando lagoas interdunares, apesar de algumas dessas lagoas apresentarem influência de transgressão marinha.

É um aquífero intensamente explorado através de poços rasos. A problemática maior do seu aparecimento, reside no risco de salinização ocasionada pelo mal dimensionamento das vazões de exploração. Aliado a esse fator tem-se ainda a grande susceptibilidade à poluição em regiões mais densamente povoadas, tendo em vista a sua alta porosidade.

- *Grupo Barreiras*

É constituído por sedimentos argilo-arenosos, que surgem sobrepostos por dunas, mascarando as estruturas perpendiculares a costa. Apresentam maior espessura à medida que se aproximam da costa, diminuindo até algumas dezenas de metros na direção do interior.

Revela-se um aquífero de fraca vocação hidrogeológica. No entanto o capeamento quase constante das dunas, torna a parte superior do Grupo Barreiras (mais próximo do litoral) mais permeável. Os níveis impermeáveis de argila, alteram bastante as condições do fluxo de água subterrânea, provocando o surgimento de fontes no sopé das encostas, provocadas pelos aquíferos de pequeno porte existentes dentro do pacote sedimentar.

#### 5.2.9 - Geomorfologia

A bacia do rio Trairi apresenta duas zonas de relevo: ao norte a Planície Litorânea e os Tabuleiros ou *Glacis Pré-Litorâneos de relevo bastante suave e altimetria máxima de 90 metros*, e ao sul a Depressão Sertaneja quando o relevo se torna um pouco mais movimentado.



- *Planície Litorânea*

Tem a direção que acompanha os contornos da orla marítima sentido NE-SO, abrangendo uma faixa em torno de 2,5 km de largura. É formada por sedimentos do Quaternário, mais precisamente do Holocênico. Partindo da costa rumo ao sul, encontra-se em primeiro lugar a Planície Flúvio Marinha, que caracteriza-se por mostrar uma drenagem anastomática de canais largos, enquanto a vegetação é de mangue, sobre solos de mangue. A seguir penetrando na faixa costeira encontram-se as dunas formando cordões quase contínuos, com notável paralelismo entre si. Podem ser identificadas tanto dunas móveis como fixas, sendo estas mantidas pela cobertura vegetal e em determinados pontos como em Traini, pela cimentação de uma camada de aproximadamente 20 cm de grãos de areia, que obstaculiza os efeitos da deflação eólica. Entre as dunas, particularmente no período de chuvas, observa-se a ocorrência de pequenas depressões brejosas, como também dunas fixas caracterizadas por uma cobertura vegetal recobrando um material arenoso com desenvolvimento pedogenético.

- *Tabuleiros ou Glacis Pré-Litorâneos*

Encontram-se a retaguarda do cordão de dunas. São sedimentos plio-pleistocênicos referentes ao Grupo Barreiras areno-argilosos, praticamente horizontal, altimetria nunca superior a 90 m e sulcos pouco desenvolvidos pela drenagem. A vegetação predominante é de porte arbóreo-arbustivo sobre areias quartzozas, regossolos e podzólicos vermelho-amarelos.

- *Depressão Sertaneja*

Continuando rumo ao sul, tem início a Depressão Sertaneja, litologicamente representada por rochas do Pré-Cambriano Superior Indiviso. A morfologia dessa depressão evidencia-se por meio de vastas rampas pedimentadas que partem da base dos maciços residuais, dos "inselbergs" ou dos planaltos sedimentares com caimento no sentido dos fundos de vales ou do litoral. De uma maneira geral as características destacáveis dessa unidade geomorfológica, são a grande variação litológica, truncamento indistinto das litologias, revestimento vegetal de caatinga, diminuta espessura do manto de alteração das rochas, pequena capacidade de erosão linear e presença de "inselbergs" nos locais de maior resistência litológica.

## 5.3 - ASPECTOS BIOLÓGICOS

### 5.3.1 - Unidades Fitoecológicas da Bacia do Rio Timonha

Tendo em vista que este estudo, se destina ao aproveitamento múltiplo dos recursos naturais da bacia, o estudo da vegetação foi realizado segundo a classificação fitoecológica de 1994 para o Projeto Áridas - Tema Recursos Naturais e Meio Ambiente.

Na bacia são encontrados as unidades fitoecológicas denominadas Floresta Perenifólia Paludosa Marítima (Mangues), Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, Floresta Mista Dicotílo Palmácea (Mata Ciliar), Floresta Subcaducifólia Tropical (Matas Secas) e Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) (Figura em Anexo).



- **Floresta Perenifólia Paludosa Marítima (Mangue)**

Ocupa as zonas de marés e acompanhando as margens dos rios até alguns quilômetros da costa. Se caracteriza por apresentar uma espessa vegetação arbustiva ou arbórea constantemente verde e grande desenvolvimento superficial do sistema radicular.

- **Complexo Vegetacional da Zona Litorânea**

- *Vegetação Pioneira Psamófila*

Associação de vegetais composta por espécies pioneiras que vão colonizando as superfícies arenosas das dunas e paleodunas, permitindo posteriormente através do aporte de matéria orgânica no solo, que espécies arbustivas e arbóreas passem a recobrir as áreas de maior estabilidade geomorfológica.

- *Floresta à Retaguarda das Dunas*

Em ambiente onde a textura dos solos é de excelente qualidade, protegida contra a abrasão eólica proporcionada pelas dunas, se desenvolve este ambiente típico de vegetação florestal.

- *Vegetação dos Tabuleiros Litorâneos*

Com maior diversificação vegetacional e florística, são encontrados três tipos de mata: Mata de Tabuleiro, o Cerrado e a Caatinga.

- **Floresta Mista Dicótilo Palmácea (Mata Ciliar)**

Observada nas regiões baixas dos cursos dos rios, já com pouca declividade, solos muitas vezes halomórficos e drenagem imperfeita. São as planícies aluviais, onde a carnaúba encontra o seu habitat preferencial, sempre em associação com o mulungu, o juazeiro, a oiticica, etc.

- **Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas)**

Ocupa os níveis superiores dos relevos cristalinos à retaguarda da mata úmida. É a chamada mata seca. Esta floresta recobre, ainda, relevos cristalinos mais baixos, chamados localmente de serrotes e as vertentes de níveis tabulares, menos favorecidos pelas chuvas. Encontram-se indivíduos da mata úmida e da caatinga arbórea, cuja faixa de amplitude ecológica permite viver neste ambiente.

- **Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea)**

Apresenta-se com fisionomia e florística variadas. A caatinga arbórea é representada por indivíduos que ostentam um maior porte, a espessura dos caules é maior e a densidade dos indivíduos é menor do que nas caatingas arbustiva e subarbustiva.

### 5.3.2 - Flora

O Quadro 5.6, apresentado a seguir, mostra o inventário da Flora da Bacia Hidráulica do Açude Público Itaúna.

**QUADRO 5.6**  
**INVENTÁRIO DA FLORA DA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE PÚBLICO ITAÚNA**

<b>Espécie</b>	<b>Nome Popular</b>
<i>Bocoa mollis</i> (Benth ) Cowan	Café-bravo
<i>Bysonima verbascifolia</i> Rich	Murici-de-tabuleiro
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart	Juca
<i>Cecropia</i> sp	Imbauba
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell ) Morong	Timbauba
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vog	Pau-sangue
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart ex DC) Standl	Pau-d'arco-roxo
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth) Ducke	Amargoso
<i>Anacardium microcarpum</i> Ducke	Cajui
<i>Curatella americana</i> L	Lixeira
<i>Hancomia speciosa</i> Gomez	Mangabeira
<i>Krameria tomentosa</i> St Hill	Carrapicho-de-cavalo
<i>Qualea parviflora</i> Mart	Pau-terra
<i>Stryphnodedron coriaceum</i> Benth	Barbatimão
<i>Simarouba versicolor</i> St Hill	Paraiba
<i>Tabebuia caraiba</i> (Mart ) Bur	Craibeira
<i>Caesalpinia bracteosa</i> Tul	Catingueira
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart ) Guillet	Imburana-vermelha
<i>Lantana camara</i>	Camara
<i>Mimosa tenuiflora</i> Benth	Jurema-preta
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo-alves
<i>Aspidosperma cuspa</i> (HBK ) S F Black	Pereiro-branco
<i>Syagrus comosa</i> Mart	Catole
<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth ) Ducke	Pau-ferro
<i>Dalechampia pernambucensis</i> Bail	Urtiga-de-cipo
<i>Aeschynomene monteiri</i> A Fern & P Bez	
<i>Erythrina velutina</i> Jacq	Mulungu
<i>Indigofera blanchetiana</i> Benth	
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth ) Brenan	Angico-vermelho
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell ) Morong	Timbauba
<i>Piptadenia stipulacea</i> Ducke	Jurema-branca
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trec	Inhare
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd	Pajeu
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Mutamba
<i>Helicteres baruensis</i> Benth	Guaxuma
<i>Copernicia prunifera</i> (Mill ) H E Moore	Carnauba
<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart	Juazeiro
<i>Licania rigida</i> Benth	Oiticica
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir ) DC	Inga-brava

### 5.3.3 - Fauna

O Quadro 5 7, apresentado a seguir, mostra o inventário da Fauna da Bacia Hidraulica do Açude Público Itaúna

QUADRO 5 7  
INVENTARIO DA FAUNA DA BACIA HIDRÁULICA DO AÇUDE PUBLICO ITAUNA

Espece	Nome Popular
<i>Galictis furax</i>	Furão
<i>Coendou prehensilis</i>	Quandu
<i>Callithrix jacchus</i>	Soim
<i>Euphractus sexcinctus</i>	Peba
<i>Galea spixii</i>	Prea
<i>Zigodontomys lociurus</i>	Pixuna
<i>Procyon cancrivorus</i>	Guaxinim
<i>Quiropterus</i>	Morcegos
<i>Fluvicola nengeta</i>	Lavandeira
<i>Arundinicola leucocephala</i>	Vovô
<i>Himantopus himantopus</i>	Pernilongo
<i>Vanelis chilensis</i>	Te-Teu
<i>Aramus guarauna</i>	Carão
<i>Rostramus sociabilis</i>	Caramujeiro
<i>Brotogens versicolorus</i>	Periquito
<i>Rhinoptynx clanator</i>	Coruja Latadeira
<i>Amazia versicolor</i>	Beija Flor
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu
<i>Columba picazuro</i>	Asa Branca
<i>Zenaida auricolata</i>	Avoante
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha
<i>Otus choliba</i>	Corujas
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-ti-vi
<i>Turdus rufiventris</i>	Sabia
<i>Icterus jamacaii</i>	Currupeirão
<i>Tupinambis tequixim</i>	Tejo
<i>Cnemidophorus ocellifer</i>	Tejubina
<i>Iguana iguana</i>	Camaleão
<i>Tropidurus torquatus</i>	Calango
<i>Crotallus durisus</i>	Cascavel
<i>Boa constrictor</i>	Jiboia
<i>Micrurus ibiboboca</i>	Coral
<i>Bothrops eytnromelas</i>	Jararaca
<i>Waglerops sp</i>	Cobra
<i>Oxebelis sp</i>	Cobra-Cipo
<i>Bufo sp</i>	Sapo
<i>Leptodactylus sp</i>	Gia
<i>Rana palmires</i>	Rã
<i>Platemys sp</i>	Cágado
<i>Chelonoides sp</i>	Jabuti
<i>Helicops sp</i>	Cobra D'Água
<i>Prochilodus cearense</i>	Curimatã
<i>Astyanax sp</i>	Piaba
<i>Synbrachus Marmoratus</i>	Muçum
<i>Macrobachium sp</i>	Camarão



#### 5.4 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A sinopse sócio-econômica do município de Chaval, área de influência direta do empreendimento, encontra-se apresentada nas tabelas a seguir

##### 5.4.1 - Aspectos Demográficos

QUADRO 5.8  
DEMOGRAFIA

Discriminação	Anos		
	1970	1980	1991 <sup>(1)</sup>
População Total (hab)	6 876	8 556	10 510
População Urbana (hab)	4 058	5 658	6 863
População Rural (hab)	2 818	2 898	3 647
Homens	3 414	4 225	5 198
Mulheres	3 462	4 331	5 312
Dens Demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	24,04	29,92	36,75
Pea Total <sup>(2)</sup> (hab)	1 775	2 068	2 468 <sup>(3)</sup>
Pea Primária <sup>(2)</sup> (hab)	862	680	431 <sup>(3)</sup>
Pea Secundária <sup>(2)</sup> (hab)	440	525	641 <sup>(3)</sup>
Pea Terciária <sup>(2)</sup> (hab)	473	863	1 396 <sup>(3)</sup>

FONTE IBGE

<sup>(1)</sup> Sinopse Preliminar do Censo Demográfico

<sup>(2)</sup> Inclusive Pessoas Procurando Trabalho

<sup>(3)</sup> Estimativa - 1990



## 5.4.2 - Aspectos Econômicos

### 5.4.2.1 - Agropecuária

QUADRO 5.9  
ESTRUTURA FUNDIÁRIA - 1985

Discriminação	Estabelecimento	Área (ha)
<b>Grupo de Área (ha)</b>		
Menor de 10	124	434
10 a Menos de 100	254	7 538
100 a Menos de 1 000	20	4 199
1 000 e Mais	-	-
<b>Total</b>	<b>398</b>	<b>12 171</b>
<b>Condição do Produtor</b>		
Proprietário	208	9 041
Arrendatário	66	149
Parceiro	-	-
Ocupante	124	2 981
<b>Total</b>	<b>398</b>	<b>12 171</b>

FONTE IBGE

QUADRO 5.10  
NUMERO E ÁREA DE IMÓVEIS RURAIS - 1992

Discriminação	Numero	Area (ha)
<b>Categoria</b>		
Minifundio	99	3 412
Empresa Rural	-	-
Latifundio por Exploração	73	15 294
Latifundio por Dimensão	-	-
Não Classificados	3	150
<b>Condição Jurídica</b>		
Proprietário	144	14 619
Proprietário / Posseiro	5	1 086
Posseiro	26	3 151
<b>Aproveitamento das Áreas</b>		
Aproveitamento Total	172	15 855
Explorada	148	3 623
Aproveitável não Explorada	165	12 231

FONTE INCRA



QUADRO 5 11  
AGRICULTURA - 1992

Produtos	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento Medio (kg/ha)
Algodão Arbóreo	400	13	33
Arroz	70	7	100
Banana (1 000 cachos)	10	8	800
Cana de Açúcar	6	174	29 000
Castanha de Caju	1 200	60	50
Coco da Bala (1 000 frutos)	30	96	3 200
Feijão	400	43	108
Mandioca	600	1 350	2 250
Manga (1 000 frutos)	6	420	70 000
Mamona	5	1	200
Melancia	18	14	778
Milho	400	32	80

FONTE IBGE

QUADRO 5 12  
PECUÁRIA - 1991

Discriminação	Efetivo
Bovino (cab)	3 656
Suino (cab)	7 005
Ovino (cab)	3 475
Caprino (cab)	3 441
Equino (cab)	433
Asinino (cab)	364
Muar	302
Ave	36 190
Produção de Leite (1 000 t)	383
Produção de Ovos (1 000 dz)	128

FONTE IBGE

QUADRO 5 13  
EXTRATIVA VEGETAL / SILVICULTURA - 1990

Produtos	Produção (t)
Carnauba (Fibra)	100
Carnauba (Pó)	130
Carvão Vegetal	50
Castanha de Caju	0
Lenha (m <sup>3</sup> )	30 000
Madeira em Tora (m <sup>3</sup> )	-

FONTE IBGE



## 5 4 2 2 - Industria

QUADRO 5 14  
DADOS GERAIS DA INDUSTRIA - 1980/1985

Produtos	1980	1985
Estabelecimentos	33	30
Pessoal Ocupado	330	130

FONTE IBGE/CENSO ECONÔMICO

QUADRO 5 15  
ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS - 1991

Gêneros	Estabelecimentos <sup>(1)</sup>
Extração Mineral	12
Minerais Não Metálicos	-
Metalurgia	-
Mecânica	-
Mat Elétrico e Comunicação	-
Mat de Transporte	-
Madeira	-
Mobiliário	-
Celulose	-
Borracha	-
Couros e Peles	-
Química	-
Prod Farmacêuticos	-
Perfumaria, Sabões e Velas	-
Prod de Matéria Plástica	-
Têxtil	-
Vestuário e Calçados	-
Prod Alimentares	6
Bebidas	-
Fumo	-
Editorial e Gráfica	-
Diversos	-
Serv Industriais de Utilidade Publica	-
Construção Civil	-
Total	18

FONTE SIC

<sup>(1)</sup> Somente os Estabelecimentos Pesquisados



## 5 4 2 3 - Comércio

QUADRO 5.16  
ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS- 1992

Gêneros	Estabelecimentos <sup>(1)</sup>
Atacadista	3
Varejista	7
<b>Total</b>	<b>10</b>

FONTE SEFAZ

<sup>(1)</sup> Somente Contribuintes

QUADRO 5 17  
DADOS GERAIS DO COMÉRCIO - 1980/1985

Produtos	1980	1985
Estabelecimentos	36	47
Pessoal Ocupado	60	102

FONTE IBGE/CENSO ECONÔMICO

## 5.4.3 - Infra-Estrutura

## 5 4 3 1 - Rede Rodoviária - 1992

QUADRO 5 18  
REDE RODOVIÁRIA - 1992

Discriminação	Extensão (km)
Federal	
Estadual	
Municipal	130,8

FONTE DERT

QUADRO 5 19  
VEÍCULOS LICENCIADOS - 1992

Discriminação	Extensão (km)
Automóveis	8
Caminhões	8
Ônibus	-
Outros	16
<b>Total</b>	<b>32</b>

FONTE DETRAN



## 5 4 3 2 - Energia

**QUADRO 5 20**  
**ENERGIA ELÉTRICA - 1992**

<b>Classes</b>	<b>Consumo (MWh)</b>	<b>Consumidores</b>
Residencial	720	1 011
Industrial	86	12
Comercial	173	151
Rural	10	7
Público	372	26
Outros	2	1
<b>Total</b>	<b>1.363</b>	<b>1 208</b>

FONTE COELCE

## 5 4 3 3 - Comunicações

**QUADRO 5.21**  
**TELEFONIA - 1992**

<b>Discriminação</b>	<b>Números Absolutos</b>
Terminais Instalados	200
Terminais em Serviço	137
Telefones em Serviço	137
Telefones de Uso Público	13

FONTE TELECEARÁ

**QUADRO 5 22**  
**CORREIOS - 1992**

<b>Discriminação</b>	<b>Números Absolutos</b>
Agências de Correios (AC)	1
Postos de Venda de Selos (PVS)	-
Agências de Correio Social (ACS)	-

FONTE ECT



## 5 4 3 4 - Saneamento

QUADRO 5 23  
ABASTECIMENTO D'ÁGUA - 1992

Discriminação	Números Absolutos
Ligações de Água	713
População Beneficiada	
Rede de Distribuição (m)	6 172
Volume Produzido (m <sup>3</sup> )	98 100

FONTE CAGECE

## 5.4 4 - Aspectos Sociais

## 5 4 4 1 - Educação

QUADRO 5 24  
DADOS GERAIS - 1992

Discriminação	Números Absolutos
Estabelecimentos	35
Salas de Aula	59
Matrícula Pré-Escolar	2 438
Matrícula 1º Grau	2 760
Matrícula 2º Grau	66
Função Docente Pré, 1º e 2º Graus	143

FONTE SEDUC

## 5 4 4 2 - Saúde

QUADRO 5.25  
DADOS GERAIS - 1992

Discriminação	Números Absolutos
Hospitais e Maternidades	-
Leitos	28
Postos de Saude	2
Médicos	7
Odontólogos	5
Enfermeiros	21
Agentes de Saude	-
Outras Unidades de Saúde	4

FONTE S S



## 5.4.4.3 - Domicílios

QUADRO 5 26  
DADOS GERAIS - 1991

Discriminação	Números Absolutos
Domicílio	2 492
Particular	2 488
Ocupado	2 080
Não Ocupado	408
Coletivo	4

FONTE IBGE

## 5.4.5 - Contas Municipais

QUADRO 5 27  
RENDA INTERNA E RENDA PER CAPITA - 1991

Discriminação	Valores (US\$)
Renda Interna	3 021 356
Ranking	93
Renda Per Capita	287
Ranking	58

FONTE IPLANCE

## 5.4.7 - Aspectos Políticos

QUADRO 5 28  
ELEIÇÕES

Discriminação	Números Absolutos
Eleitores	8 931
Votantes	6 717
Abstenções	2 214

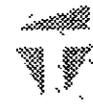
FONTE TRE



QUADRO 5.29  
SINDICATOS E ASSOCIAÇÕES DE CLASSE - 1990

Discriminação	Endereço
Ass Benef Pe Antônio Carneiro	Rua Mons Carneiro, 212
Ass dos Mor da Cidade de Chaval	Rua Edmundo Pinto, 25
Ass dos Mor e Amigos de Chaval	Rua Romão Rios, 158
Ass Com de Mor do B Escondido	
Sind dos Trab Rurais de Chaval	Rua Mons Jose Carneiro, 706
Sind dos Arrumadores da Com Armaz do Munic de Chaval	Rua Mons Antônio Carneiro, 342

FONTE SAS



**6 - IMPACTOS AMBIENTAIS**

## 6.1 - ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este Estudo de Impacto Ambiental utilizou-se do Método da Listagem Descritiva de Impactos Ambientais na discriminação e interpretação dos impactos ambientais, benéficos e adversos, advindos da construção do Açude Itaúna

As Listagens Descritivas de Impactos Ambientais vêm transformar a simples indicação de componentes ambientais atingidos por um empreendimento, em abordagens melhor estruturadas envolvendo a atribuição de valores para os impactos e a indicação de técnicas específicas de prevenção ou mitigação dos mesmos

As Listagens Descritivas são largamente utilizadas em Estudos de Impacto Ambiental para projetos de barramentos de rios. Estas indicam impactos de natureza social, econômica e física resultantes da construção da barragem e formação do novo reservatório

Aos impactos de natureza social e cultural devem ser incluídos aqueles relacionados ao nível de coesão comunitária envolvendo, implantação do projeto, o acesso das comunidades atingidas às facilidades e serviços relacionados ao projeto, a problemática do reassentamento de população e as alterações dos recursos estéticos e históricos na região

Os impactos econômicos relacionam-se àqueles resultantes de alterações nos índices de empregos, possibilidades de rendimentos, possibilidades de taxações, planos regionais de crescimento e desenvolvimento e usos dos recursos naturais da região

Os impactos físicos incluem alterações em ecossistemas aquáticos e terrestres e na qualidade do ar, assim como a presença de ruído, vibração, e outras formas de poluição introduzidas pela construção da barragem e formação de açude

A colaboração atribuída à tais listagens pode ser resumida nos seguintes itens

- refletem o julgamento técnico daqueles que a elaboraram, indicando um determinado nível técnico ao estudo empreendido,
- promovem uma abordagem estruturada, adequada para a identificação de impactos-chaves,
- podem ser utilizadas para estimular e facilitar as discussões da equipe interdisciplinar durante o planejamento da implantação do empreendimento.
- possibilitam uma abordagem ponderada na qual o peso atribuído a cada impacto deverá subsidiar os processos de tomadas de decisão relativos à implantação do propósito

As Listagens ou "Checklists" Descritivas podem ser elaboradas como

- Listagens Escalonadas, que formam agrupamentos contendo impactos de pesos iguais,
- Listagens Classificatórias, que classificam as alternativas do procedimento proposto, desde "melhor" até "pior", em função de seus impactos potenciais sobre o ambiente,



- Listagens Indexadas, se utilizam de conceitos pré-fixados para a atribuição de valores aos impactos

Neste estudo utilizou-se a Listagem Indexada

A valoração mais simples dos impactos é a nominal. Esta se dá pela determinação das características do impacto que pode ser

- Local Específico/ Local Proposto para o Projeto,
- Regional,
- Nacional,
- Global,
- Curto Prazo (durante a construção),
- Longo Prazo (durante vida útil),
- Impacto temporário/Impacto contínuo,
- Significativamente Benéfico,
- Significativamente Adverso,
- Benéfico,
- Adverso,
- Nenhum Impacto Esperado,
- Naturalmente reversível/Irreversível,
- Reparáveis via práticas de manejo ou mitigação,
- Impacto acidental/Impacto planejado,
- Impacto de natureza direta/Impacto de natureza indireta,
- Impacto único/Impacto sinérgico ou cumulativo

Além dessas características, é de fundamental importância que se defina a significância do impacto. São duas as determinações da significância de um impacto potencial. Uma é o contexto e outra é a intensidade (ou severidade) do impacto. O contexto diz respeito à locação, e às dimensões potenciais do impacto, ao seu alcance espacial e temporal e aos interesses a que atendem.

A intensidade deve ser analisada nos seguintes casos:

Em função de leis, normas e regulamentações ambientais, assim como considerações sobre futuras fases do projeto, graus ou riscos de incertezas e controvérsias relacionadas ao projeto.

Analisar a significância de um impacto baseado no reconhecimento institucional demonstra que a importância da qualidade ambiental é reconhecida pelas leis, por Planos adotados e outros posicionamentos políticos de agências públicas ou privadas.



A significância de um impacto deve também basear-se na interpretação comunitária de qualidade ambiental. Hábitos e tradições ambientais devem ser considerados, embora valha notar que a *qualidade ambiental reconhecidamente importante para uma comunidade pode sofrer modificações com o passar do tempo, conforme as percepções e a conscientização daquela comunidade se transformam*.

A determinação da significância de impactos deve, por fim, basear-se na interpretação técnica da qualidade ambiental, o que significa considerar o julgamento científico ou crítico na alteração de *um recurso ambiental*.

Todos os impactos identificados como adversos devem ser acompanhados das medidas de mitigação adequadas. Estas incluem

- evitar o impacto pela não implantação da ação ou de partes da ação,
- minimizar o impacto pela limitação do grau ou magnitude da ação,
- retificar o impacto pela reparação, reabilitação ou restauração do componente atingido,
- reduzir ou eliminar o impacto pela proteção ao componente atingido e por operações de manutenção deste durante a vida da ação,
- compensar o impacto pela reposição ou provisão de recursos substitutos

## 6.2 - LISTAGEM DOS IMPACTOS RELEVANTES

A Listagem Descritiva de Impactos Ambientais a ser utilizada neste estudo representa uma adaptação da "Checklist for Addressing the Environmental Impacts of Dam/Reservoir Projects" da Comissão Social e Econômica para a Ásia e o Pacífico, 1990.

Os impactos considerados mais relevantes neste Estudo de Impactos Ambientais devidos à Construção e Operação do Açude Público Itaúna, são os mostrados na listagem que segue



**QUADRO 6.1**  
**LISTAGEM DE IMPACTOS POTENCIAIS DA CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM, FORMAÇÃO DO AÇUDE PÚBLICO ITAUNA,**  
**IMPLANTAÇÃO DE ADUTORA E DE PROJETO DE IRRIGAÇÃO**

AÇÕES QUE AFETAM RECURSOS E VALORES AMBIENTAIS	ALTERAÇÕES AMBIENTAIS	NATUREZA DO IMPACTO	MEDIDAS MITIGADORAS RECOMENDADAS
<p>a - Problemas sociais</p> <p>i - Reassentamento de populações</p> <p>ii - Indenização de proprietários</p> <p>iii - Oferta de empregos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- famílias deverão ser reassentadas em novo local com condições de trabalho e moradia satisfatórias</li> <li>- proprietários deverão ser indenizados por terem de deixar a área de desapropriação. A Constituição Federal de 1988, em seu Capítulo I, Artigo 5º, Inciso XXIV prevê que o Estado deve pagar adiantado o valor venal do imóvel</li> <li>- construção da barragem e implantação e operação dos Planos de Medidas Mitigadoras</li> </ul>	<p>LE, CP, B, Rm, IP, ID, Is</p> <p>LE, CP, B, Rm, IP, ID, Is</p> <p>Re, LP, SB, Is</p>	<p>Programa de reassentamento da população atingida incluindo alternativas locacionais, operacionais e orçamentárias</p> <p>Cumprimento da Constituição Federal</p>
<p>b - Problemas ambientais relacionados à alternativa técnica escolhida</p> <p>iv - Deslocamentos de terras</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- riscos de erosão</li> <li>- problemas quanto à disposição de material não utilizado</li> <li>- utilização de recursos naturais não renováveis (jazidas)</li> <li>- riscos quanto à segurança dos trabalhadores (explosões, pilhagens, etc.)</li> <li>- riscos quanto às condições sanitárias dos trabalhadores</li> <li>- Danos estéticos ao ambiente (poeira, odores, ruídos, vibrações sonoras etc.)</li> </ul>	<p>LE, CP, A, IP, ID, Im</p> <p>LE, LP, A, R, Rm, II, Is</p> <p>LE, LP, A, I, ID, Im</p> <p>LE, CP, A, Rm, IP, ID, Is</p> <p>LE, CP, A, R, Rm, IA, II, Is</p> <p>LE, CP, A, I, IP, II, Is</p>	<p>Limitar área exposta à erosão ao mínimo possível e durante o menor período de tempo, desviar águas do escoamento superficial, plantar vegetação temporária ou cobrir com material para estabilização temporária</p> <p>Construir canais de escoamento, diques interceptadores ou áreas de absorção</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- observação das normas de segurança de trabalho</li> <li>- controle das condições sanitárias do canteiro de obras</li> <li>- conscientização da população atingida</li> </ul>
<p>c - Desmatamento Racional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferta de empregos, aquisição de lenha pela população</li> <li>- Erosão dos solos</li> <li>- Perda de espécies vegetais</li> </ul>	<p>LE, CP, B, ID</p> <p>LE, CP, SA, I, Rm, IP, ID, Is</p> <p>LE, CP, SA, R, Rm, IP, ID, Is</p>	<p>Observação Plano de Desmatamento</p>
<p>d - Enchimento do Açude</p> <p>v - Submersão de terras</p> <p>vi - Submersão da calha principal do rio</p> <p>vii - Formação do lago</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda de áreas selvagens e habitats naturais da fauna e flora locais</li> <li>- Perda do potencial madeireiro local</li> <li>- Criação de habitats que favorecem a vida e a proliferação de vetores de doenças que requerem água corrente</li> <li>- Aumento da quantidade de água subterrânea nas áreas de contorno do açude (maior disponibilidade para sistema radicular da vegetação local)</li> <li>- Possível modificação do microclima local (moderação dos extremos térmicos, aumento da umidade local)</li> <li>- Criação de habitats de aves aquáticas</li> <li>- Oportunidade de acesso e transporte de água para áreas de jusante</li> <li>- Assoreamento do açude</li> </ul>	<p>LE, CP, A, R, Rm, IA, ID, Is</p> <p>LE, CP, A, I, Rm, IP, ID, Is</p> <p>LE, CP, A, Rm, IA, II, Is</p> <p>LE, CP, B, Rm, Is</p> <p>LE, CP, B, I, IA, II, Is</p> <p>LE, CP, B, Rm, II, Is</p> <p>LE, CP, B, I, Rm, II, Is</p> <p>LE, LT, A, I, Rm, ID, Is</p>	<p>Plano de Refúgio da fauna</p> <p>Programa de reflorestamento com espécies nativas</p> <p>Controle sanitário da região de implantação</p> <p>Campanha de educação sanitária na região</p> <p>Possibilidade de construção de poços</p> <p>Medidas contra a erosão</p>

**QUADRO 6 1**  
**LISTAGEM DE IMPACTOS POTENCIAIS DA CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM, FORMAÇÃO DO AÇUDE PUBLICO ITAUNA,**  
**IMPLANTAÇÃO DE ADUTORA E DE PROJETO DE IRRIGAÇÃO**

AÇÕES QUE AFETAM RECURSOS E VALORES AMBIENTAIS	ALTERAÇÕES AMBIENTAIS	NATUREZA DO IMPACTO	MEDIDAS MITIGADORAS RECOMENDADAS
viii - Modificações a jusante da barragem na calha do rio e nas planícies de inundação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perenização do rio</li> <li>- Redução do pico das enchentes</li> <li>- Aumento na capacidade de diluição e transporte de resíduos no leito do rio</li> <li>- Possibilitação do desenvolvimento de culturas irrigadas nas áreas marginais ao trecho perenizado do rio</li> <li>- Desenvolvimento da vida selvagem associada ao rio</li> <li>- Alteração do processo de erosão contínua em ciclos erosão-deposição fornecendo às planícies um menor incremento anual de sedimentos</li> <li>- aumento da recarga de águas subterrâneas</li> <li>- aumento da vazão de captação destinada ao abastecimento humano e à irrigação</li> </ul>	LE Re, LP SB, Is LE, LP, B Is  LE, LP, B, Is  LE, LP, SB, Is  LE, LP, B, IS  LE, LP, A, I Is  LE, LP, B, ID, Is  Re, LP, SB, Is	Estabelecimento de normas sanitárias segundo os usos do rio          Cumprimento do Plano Estadual de Recursos Hídricos
ix - Existência propriamente dita do Açude na região	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixação do Homem no interior do estado.</li> <li>- Possibilidade de suprimento de água à população atendida pela adutora, ribeirinha do açude e do rio perenizado, eliminação de soluções improvisadas como os carros-pipas</li> <li>- Necessidade de controle sanitário das populações ribeirinhas</li> <li>- Alterações na estrutura fundiária da região</li> <li>- Alterações nos valores das terras</li> <li>- Conflitos quanto aos usos múltiplos do açude</li> <li>- Conflitos quanto à taxação da água</li> <li>- melhoria do potencial recreacional da região</li> <li>- Probabilidade de construção de novas estradas que possibilitem o acesso ao açude</li> <li>- Possibilidade de desenvolvimento de agro-indústrias na região</li> <li>- Geração de empregos</li> <li>- Incremento da agricultura através dos projetos de irrigação ou de culturas de vazantes, produção de alimentos, melhoria da nutrição da população, maior produtividade</li> <li>- Pesca e piscicultura gerando produção de alimentos, melhor nutrição e promovendo mais possibilidades de trabalho</li> </ul>	Re, Na, SB, ID, Is  LE, LP, SB, IS  LE, LP, A, Rm, ID, Is  LE, LP, B, Rm, ID, Is LE, CP, B, Rm, II, Is  LE, LP, A, Rm, Is LE, CP, A, Rm, Is  LE, LP, B, Rm, Is  LE, LP, B, Rm, Is  LE, CP, B, Rm, Is LE, CB, B, Rm, Is  Na, Re, LP, SB, ID, Is  Re, SB, ID, Is	Tratamento da água de abastecimento  Esgotamento sanitário das populações ribeirinhas  Cumprimento da Lei de Reforma Agrária  Cumprimento do Plano Estadual de Recursos Hídricos  Estabelecimento de normas sanitárias do uso recreacional  Cumprimento da legislação de proteção ambiental
e - Impactos devidos a Projeto de Irrigação x - Regularização da vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento de culturas irrigadas ao longo do trecho perenizado do rio</li> <li>- Possibilita novos assentamentos humanos</li> </ul>	LE, Re, Na, LP, SB, Is  LE, Re, Na, LP, SB, Is	Controle sanitário do perímetro
xi - Empoçamento da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desencaderna o processo de salinização do solo, problemas sanitários</li> </ul>	LE, SA, Rm, ID, Is	Correção da drenagem da área, controle sanitário
xii - Utilização de componentes químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação das águas de retorno a serem despejadas no rio</li> </ul>	Re, SA, Rm, ID, Is	Fiscalização sobre a utilização de componentes químicos nas culturas
xiii - Utilização da água de canais de distribuição para recreação ou abastecimento humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poluição da água de irrigação com dejetos humanos, risco de contração de doenças e de faltar água para irrigação</li> </ul>	LE, A, Rm, II, Is	Fiscalização do uso da água para irrigação
f - Impactos devidos a construção da adutora xiv - Regularização do abastecimento de água potável xv - Criação de corredores de servidão para operação e manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificação para melhor no nível de saúde da população</li> <li>- Eventuais problemas com desapropriação e/ou relacionamento litigioso entre os servidores da Companhia de Água e os moradores</li> </ul>	RE, SB, ID, Is  LE, A, Rm, ID, Is	Legalizar as faixas de servidão e cercar a adutora

LE - Local Específico/Local Proposto para o Projeto  
 Re - Regional  
 Na - Nacional  
 G1 - Global  
 CP - Curto Prazo (durante a construção)  
 LP - Longo Prazo (durante vida útil)  
 SB - Significativamente Benéfico  
 SA - Significativamente Adverso

B - Benéfico  
 A - Adverso  
 O - Nenhum Impacto Esperado  
 R/I - Naturalmente Reversível/Irreversível  
 Rm - Reparáveis via práticas de manejo ou mitigação  
 IA/IP - Impacto acidental/Impacto planejado  
 ID/II - Impacto de natureza direta/Impacto de natureza indireta  
 Iu/Is - Impacto unico/Impacto sinérgico ou cumulativo



**7 - ALTERNATIVAS DE BOQUEIRÃO  
ESTUDADAS**

Teve por princípio básico o objetivo de construção da obra no qual procurou-se racionalizar o aproveitamento do potencial hídrico da bacia e o respeito às restrições identificadas nos estudos

Foi realizado uma análise nos estudos cartográficos existentes ou seja carta da SUDENE escala 1 100 000 e estudos de fotointerpretação em fotos aéreas escala 1 25 000, abrangendo uma área de 1 850 ha

Em resumo, o processo de escolha obedeceu às seguintes condições

- adequação às condições naturais da bacia, topografia, geologia e hidrologia,
- respeito às limitações impostas pela ocupação da bacia,
- maximização da oferta d'água

A análise das cartas acima citadas indicou a existência de 03 (três) boqueirões barráveis (Figura anexa)

O boqueirão Passagem da Onça, o boqueirão Passagem do Vaz e o boqueirão Itauna

O boqueirão Passagem da Onça, localizado no riacho Grande, um dos formadores do rio Timonha, tem uma bacia hidrográfica muito pequena, tendo sido por esse motivo descartado

Os boqueirões Passagem do Vaz e Itaúna, situados bem próximos um do outro, ambos no rio Timonha, têm uma bacia hidrográfica relativamente semelhante, foram melhor estudados

O estudo dessas alternativas produziu os seguintes parâmetros

- a área inundável e população x habitação desalojada são bastantes parecidos,
- o boqueirão Passagem do Vaz tem uma bacia hidrográfica um pouco maior que a bacia hidrográfica do boqueirão Itaúna e, conseqüentemente, seu volume afluente é maior,
- o boqueirão do Itaúna é bem fechado no local do barramento,
- o boqueirão Passagem do Vaz, não tem formação rochosa, tendo sido por esse motivo facilmente descartado

O estudo da barragem Itaúna no boqueirão Itauna, indicou a existência de 03 (três) alternativas tecnológicas relacionadas com as condições de fundação do local do vertedouro em relação ao potencial de acumulação/regularização da bacia. O custo do vertedouro é variável em função da cota da soleira deste, sendo conveniente assinalar que para cotas de soleira superiores a 31 pode não haver compensação correspondente ao incremento de acumulação

O quadro que segue mostra as 03 alternativas de regularização do reservatório em função do fator de acumulação



	Coeficiente de Acumulação ( $f_k$ )		
	0,3	0,5	1
Acumulação ( $m^3$ )	55 383 196,5	92 305 327,5	184 610 655,0
Sangria (%)	78	74	57
Regularização (%)	15	18	30
Evaporação (%)	7	8	13
Vazão Regularizada ( $m^3/s$ )	0,89	1,07	1,78
Estrutura do Vertedouro	Revestimento simples	Muro de concreto com 2 m de altura	Muro de concreto com 5 m de altura



**8 - PLANOS DE CONTROLE AMBIENTAL**

A Secretaria de Recursos Hídricos colocará em prática alguns Planos de Controle Ambiental a fim de garantir um processo racional de implantação e operação do empreendimento. A execução dos Planos de Mitigação Ambiental aqui apresentados é de responsabilidade da SRH, assim como o recrutamento e treinamento de pessoal para viabilizá-los. O órgão ambiental, ou seja, a SEMACE, deverá supervisionar todas as etapas de implantação dos planos, assim como auxiliar na orientação dos serviços a serem executados. Todos os planos deverão ser implantados antes e durante o enchimento do reservatório, com exceção, naturalmente, do plano de peixamento. Este deve ser iniciado antes do enchimento completo do lago e seguir por mais três anos até atingir a fase de maior produtividade, de acordo com o estabelecido no Plano de Peixamento, apresentado neste Estudo de Impacto Ambiental.

Por ocasião do início da implantação de cada plano, recomenda-se a promoção de campanhas de lançamento dos mesmos, de maneira que a população seja notificada de seus objetivos, alertada quanto à possíveis efeitos do mesmo sobre a vida da comunidade e chamada à fiscalização ambiental informal da bacia hidrográfica do novo açude a ser formado.

## **8.1 - PLANO DE DESMATAMENTO DA BACIA HIDRÁULICA**

### **8.1.1 - Técnicas e Equipamentos de Desmatamento**

As técnicas de desmatamento a serem implementadas baseiam-se em uma série de componentes como tipo de solo, relevo do terreno, condições climáticas, densidade da vegetação, tipo da madeira e seus possíveis aproveitamentos.

Considerando-se que os solos da região são rasos com ocorrências frequentes de afloramentos rochosos, o relevo, ondulado, o clima, semi-árido, a pequena densidade da vegetação local e o uso insípido que se pode dar à sua madeira (combustível e mourões de cercas), dentre os vários métodos de desmatamento existentes, concluiu-se por dois: o método tradicional ou manual e o método integral, ou mecânico. A destoca (arranque dos troncos) deverá ser feita via tratores de esteiras utilizando escanficadores e ancinhos enleiradores.

Para a região, a potência dos tratores pode variar de 120 a 150 HP, equipados com lâmina frontal "S" ou lâminas anguláveis "A". Este trator tem um rendimento aproximado de 1,0 ha/hora.

O método manual demanda o recrutamento de pessoal. Na região em questão, é grande disponibilidade de mão-de-obra a ser aplicada nesta tarefa, principalmente nos meses mais secos do ano. Devido às características da região, aconselha-se que as operações visando a exploração da lenha, sejam efetuadas com machados, foices, etc. e não com equipamentos mais sofisticados como moto-serras, em decorrência do elevado custo do equipamento e a carência de mão-de-obra especializada.

Nos setores mais planos do terreno, recomenda-se o método integral de desmatamento, onde se utiliza máquinas e equipamentos específicos para uma derrubada mecânica.



Nas porções mais acentuadas dos terrenos, nas encostas dos tabuleiros, no boqueirão e nos sítios ciliares com carnaubeiras, onde o acesso dos tratores é mais difícil, aconselha-se o método tradicional de desmatamento, com fins de aproveitar a madeira e permitir o escape da fauna local

Quando do desmatamento da bacia hidráulica do açude, deve-se atentar para alguns requisitos importantes, de modo a proteger a fauna local e contribuir com a manutenção do reservatório. Tais procedimentos são

- formar corredores de escape da fauna,
- ao desmatar, nunca permitir a formação de ilhas, passíveis de serem alagadas, de modo a evitar o encurralamento da fauna silvestre. Os sítios de desmatamento precisam sempre ter, no mínimo, um corredor de escape para a fauna,
- trabalhar numa determinada área por um período de 8 horas por dia durante dois dias, abandonar esta área por 24 horas consecutivas e só depois deste período, retornar a ela para mais 2 dias de serviço
- desmatar sempre de baixo para cima,
- os restos deverão ser processados no decorrer do enleiramento cujas leiras deverão estar o mais longe possível daqueles. As leiras deverão ser queimadas e as cinzas removidas da bacia hidráulica com fins de evitar a eutrofização precoce das águas

#### **8.1.2 - Corredores de Escape da Fauna**

A medida em que as frentes de desmatamento forem avançando, deverão ser formados os corredores de escape de tal forma que permita a fuga do maior número possível da fauna local, para as chamadas zonas de refúgio (ilhas, faixas de proteção), que constituem aquelas áreas que permanecerão intactas, devendo ser coordenadas pela administração do Açude Público Itaúna

Como a área a ser desmatada será limítrofe à uma área que será considerada reserva ecológica, seu desmatamento deve ser iniciado nos limites opostos à reserva e progredindo em sua direção

Quando os terrenos a serem desmatados estiverem afastados das áreas de reserva ecológica, formar-se-ão corredores de escape, constituídos por faixas de mata, de preferência poupadas pela ação antrópica, que ficarão temporariamente intocadas, interligando-as

A largura dos corredores de escape deverá ser de, no mínimo 20 m, facilitando o livre trânsito da fauna de maior porte, mais tímida, esquiva e arisca. Os corredores em questão deverão, também, interligar as principais áreas de reserva ecológica

O tempo de duração dos corredores de escape dependerá da velocidade dos trabalhos. É importante ressaltar que tanto os trabalhadores do desmate quanto os moradores da região não devem se aventurar pelos corredores de escape. Placas de avisos devem ser instaladas nas fronteiras dos corredores alertando a população à manter distância, principalmente devido a presença de espécies peçonhentas. Este procedimento, vem também, facilitar a travessia dos animais de maior porte

### 8.1.3 - Área a Ser Desmatada e Áreas a Serem Preservadas

A área a ser desmatada é aquela que corresponde à cota da cheia máxima

As áreas a serem preservadas correspondem aos sítios das ilhas a serem formadas. A preservação destes sítios tem a finalidade de criar e posteriormente proteger o habitat paludícola/aquático para a ictiofauna e demais comunidades lacustres a se desenvolverem no açude. As ilhas, que também servirão como refúgio à fauna silvestre local, devem ser consideradas áreas de reserva ecológica.

Toda a área acima da cota da cheia máxima e abaixo da cota de coroamento será considerada área de reserva ecológica.

### 8.1.4 - Recursos Florestais Aproveitáveis

Os principais recursos florestais a serem aproveitados na região são a carnaúba (*Copernicia prunifera*) e a oiticica (*Licania rigida*).

Para que se tenha um aproveitamento máximo da madeira, recomenda-se:

- concessão de franquia à população regional para o desmate e exploração da madeira,
- coordenação dos órgãos públicos envolvidos no sentido de orientar a população quanto às formas de acondicionamento e os melhores usos segundo os vários tipos de madeira,
- identificação das espécies medicinais e raras, que devem ser colocadas num banco de germoplasma para que possam ser replantadas na recuperação das matas da área de reserva legal.

A quantificação do estoque madeireiro deverá ser feita por meio de amostragem aleatória de blocos de 10 × 10 m, onde serão avaliados os seguintes parâmetros:

- diâmetro da altura do peito (DAP) de cada espécie e do bloco,
- altura total (H) de cada espécie e do bloco,
- diâmetro da base do fuste (DBF) do bloco,
- volume (V) das árvores no bloco,
- fator de Empilhamento (Fe) de cada bloco.

O cálculo do volume e a determinação do fator de empilhamento deverão ser feitos após a derrubada de todas as árvores do bloco e desdobradas em pequenos blocos de 1,20 m de comprimento. Medir o diâmetro do meio de cada torrente.

O volume real de cada torrente deverá ser calculado através da fórmula de HUBER  $V = gm \times L$ , onde V = volume real, gm = área transversal no meio de cada torrente e L = comprimento.

Com o valor do volume real da madeira de cada bloco, descobre-se o fator de empilhamento (Fe), pois,  $Fe = V_{st}/V_{m^3}$ , onde  $V_{st}$  = volume em metros estéreos e  $V_{m^3}$  = volume em metros cúbicos. Estes valores são importantes na análise do crescimento vegetal e na comercialização do estoque madeireiro.

### 8.1.5 - Planejamento do Processo de Desmatamento

O desmatamento deve seguir um planejamento pré-fixado. Este pode ser o indicado pelo cronograma a seguir:

**QUADRO 8.1**  
**CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO DESMATAMENTO DA BACIA HIDRÁULICA DO**  
**AÇUDE PÚBLICO ITAÚNA**

ETAPAS	MESES			
	1	2	3	4
1 - Exploração da madeira	*****	*****	*****	*****
2 - Destoca	***	*****	*****	*****
3 - Enleiramento		***	*****	*****
4 - Encoivramento			*****	*****
5 - Remoção das cinzas				*****

## 8.2 - PLANO DE PROTEÇÃO DA FAUNA

### 8.2.1 - Aspectos Gerais

As áreas das reservas ecológicas a serem formadas ao redor do Açude Público Itaúna deverão abrigar a flora que deverá compor os diversos habitats da fauna local.

A fauna que tiver dificuldade de remoção deve ser auxiliada por equipe técnica especializada, providenciada pelo empreendedor do projeto em questão, a saber Secretaria de Recursos Hídricos. Nestes casos, a equipe encarregada do corte da vegetação pode entrar em contato com o Núcleo de Ensino e Pesquisa em Ciências (NEPC), ou Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), ambos da Universidade Estadual do Ceará ou com o Laboratório Regional de Ofiologia de Fortaleza (LAROF), da Universidade Federal do Ceará para a devida orientação com o manejo da fauna.

Nos corredores de escape ocorre o manejo da fauna mais ardua. Em virtude da altimetria ser um fator essencial no manejo da biocenose local, os técnicos deverão basear-se em altímetros com precisão mínima de 5 (cinco) metros.

Os animais cuja sobrevivência estiver irremediavelmente comprometida, como filhotes órfãos, aves nidícolas, animais com traumatismo, etc., devem ser encaminhados ao IBAMA.



### 8.2.2 - Salvamento da Mastofauna

Os mamíferos da região são, em geral, de pequeno a médio porte, com várias espécies arreadas, o que demanda muito cuidado no manejo para que não ocorra ferimentos nos indivíduos

O aprisionamento dos indivíduos deverá ser feito por meio de redes ou armadilhas que não impliquem em traumatismos físicos ao animal, como alçapões de isca viva. Seu transporte deve ser feito através de caixas apropriadas. Apenas um indivíduo deve ocupar cada compartimento da caixa, exceto quando se trate de roedores ou pequenos marsupiais, contanto que sejam da mesma espécie.

Caso ocorram acidentes com mordeduras de mamíferos, deve-se fazer, de imediato, a assepsia do ferimento. O animal que por ventura tenha mordido deve ser colocado sob observação por cerca de 15 dias, para que se possa averiguar se este apresenta alguma patologia, em especial a raiva. Se for constatado que o animal é sadio deve-se libertá-lo em área de reserva ecológica. Se constatar-se a doença no animal, deve-se sacrificá-lo. A pessoa mordida deve ser adequadamente medicada.

### 8.2.3 - Salvamento da Ornitofauna

As aves, dentre os *Craniata* (*Cordata*) facilmente podem locomover-se, contudo seus ninhos podem ficar comprometidos com o desmatamento. Uma medida preventiva simples seria executar a retirada da mata da bacia hidráulica durante o período de estiagem, quando ocorrem poucas espécies nidificando.

O transporte mais aconselhável é o saco de algodão, pois este representa o transporte menos agressivo possível. Os métodos de captura mais aconselhados são o alçapão com chamariz e a rede de neblina com quatro bolsas, sendo esta última mais eficaz. Nunca se deve capturar aves com visgos ou apetrechos similares, pois estes as ferem e maltratam.

### 8.2.4 - Salvamento da Herptofauna

Os répteis, por serem animais rastejantes são mais facilmente vistos e aprisionados. É importante que se esclareça à população que estes animais não devem ser mortos, mesmo se forem peçonhentos, pois muitas espécies de ofídios, sáurios e anfíbios têm papel fundamental no equilíbrio ecológico de determinados nichos.

Os ofídios peçonhentos (*Viperideos* e *Elapideos*) merecem maiores cuidados no manejo. Estas espécies devem ser capturadas com o uso de laço ou de ganchos adequados e acondicionadas em caixas especiais. As espécimes peçonhentas de maior porte, devem ser encaminhadas ao LAROF.

### 8.2.5 - Salvamento dos Artrópodes e Outros Invertebrados



Os artrópodes constituem a maior diversidade entre os seres vivos. Alguns de seus representantes são os Himenopteros (formigas, vespas, abelhas) e Isopteros (cupins). Sua captura se dá, principalmente, pelos ninhos, cujo manejo deve ser cuidadoso, principalmente pela segurança do homem a desempenhar tal tarefa.

Os insetos e demais artrópodes poderão ser capturados com o uso de pinças ou luvas e colocados em vidros de boca larga. Os moluscos podem ser capturados com pinças e colocados em sacos plásticos e removidos para as áreas de reserva ecológica.

### 8.2.6 - Proteção dos Trabalhadores e População Residente nas Adjacências

No decorrer do processo de desmatamento a comunidade local ficará exposta aos acidentes com mamíferos, animais peçonhentos e artrópodes. Deve-se divulgar amplamente na região as providências a serem tomadas, caso estes ocorram.

Assim, no caso de acidentes com os ofídios *Bothrops erythromela* (jararaca), cujo habitat é sempre próximo aos rios e às pedras, ou com o *Crotalus durissus* (cascavel) que vive nas pedras e campos abertos, ou com o *Microrus ibiboca* (coral), que vive nos buracos, tem hábitos noturnos e ofiofagos, deve-se tomar os soros antiofídicos, anticrotálicos e antieláptico, respectivamente.

Todos os hospitais públicos têm o dever de possuir uma dosagem mínima dos soros antiofídicos acima mencionados.

As aranhas e lacraias e escorpiões podem vir a inocular suas peçonhas, para as quais também existem soros específicos.

Após a implantação do empreendimento, será proibida a caça de animais nas áreas definidas como reservas legais.

O resgate da fauna local deve ser feito antes e durante o processo de desmatamento. Mais especificamente deve-se começar as operações de resgate 1 mês antes do início do processo de desmatamento e, a partir daí, seguir com os dois processos de maneira integrada. É óbvio que uma determinada área precisa ser coberta pela equipe de resgate antes de ser invadida pela equipe de desmatamento.

## 8.3 - PLANO DE PEIXAMENTO DO AÇUDE PÚBLICO ITAÚNA

### 8.3.1 - Indicação das Espécies Melhores Adaptadas ao Peixamento em Açudes no Nordeste

Algumas espécies de peixes desovam apenas nas estações chuvosas, período no qual populações inteiras sobem os diversos cursos d'água para procriar nas bacias de recepção. Este fenômeno recebe o nome de piracema. Caso os leitos dos rios estejam barrados e medidas preventivas adequadas não tenham sido tomadas, o povoamento natural dessas espécies estará prejudicado. Nos grandes açudes aconselha-se a construção de certas obras de engenharia que propiciem a piracema dos peixes, como a escada de peixes, elevadores, canais, etc.

Para açudes de médio porte, como é o caso do Açude Público Itaúna, recomenda-se o povoamento do mesmo com a formação de estoques de peixes com espécies regionais e a engorda de peixes através da estocagem de alevinos ou juvenis

O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas vem a muitos anos pesquisando e manejando várias espécies de peixes dulcícolas, tanto nativas quanto aclimatadas, particularmente, nos açudes do Sistema Curu

As espécies notadas a seguir são aquelas recomendadas para povoar o açude a ser formado na região em questão

- *Prochilodus cearensis* (curimatã-comum) Espécie nativa, muito bem adaptada para piscicultura em açude Desova de março a maio nas cabeceiras dos rios É iliofaga, consumindo diatomáceas, microcrustáceos, protozoários, etc ,
- *Geophagus brasiliensis* (cará) É facilmente encontrada nos rios, lagos e açudes do nordeste A espécie é onívora, alimentando-se de crustáceos, corpopodes, insetos (megalopteros, odonatas) e algas É nativa e por isso, muito adequada ao peixamento.
- *Cyprinus carpio* (carpa) Espécie vegetariana, de origem chinesa, altamente adaptada no Brasil Excelente para o peixamento,
- *Hypostomus* sp (bodó) Loricaridae São largamente encontrados nos rios e lagos Alimentam-se de algas sendo importantes controladores da população de algas Respiram tanto pelas branquias como pelo intestino Facilmente adaptáveis ao peixamento, mas não são bem aceitos na cozinha regional,
- *Crenicichla brasiliensis* (jacundá) Cichidae Espécies nativas, alimentam-se de insetos, pequenos peixes, vermes e microcrustáceos,
- *Symbranchus marmoratus* (muçum) Symbranchidae Espécies nativas que costumam escavar o solo, onde passa a maior parte do tempo Tem respiração branquial e intestinal É altamente resistente às adversidades do meio Alimenta-se de algas filamentosas caramujos, insetos diatomáceas, peixes, sementes, etc ,
- *Astyanax* sp (piaba) Characidae Espécies nativas, alimentam-se de insetos e vegetais superiores são bons para o peixamento apesar do pequeno tamanho,
- *Cichla ocellaris* (tucunaré) Cichlidae Espécies originárias do rio Amazonas A larva consome plancton, enquanto os alevinos alimentam-se de insetos e vermes e mais tarde guarus São excelentes para o peixamento e muito bem aceitos na cozinha nacional,
- *Hoplias malabaricus* (traíra) Erythrinidae Espécies nativas Seus alevinos ingerem planctons enquanto os adultos consomem outros peixes, controlando suas populações É bem aceito na cozinha regional;
- Híbrido macho do cruzamento do *Oreochromis hornorum* (tilápia macho) com o *Oreochromis niloticus* (tilápia fêmea) - Cychlinadae são excelentes para o peixamento São Planctófagos e rapidamente atingem o peso ideal para o desbaste (captura)

### 8.3.2 - Objetivos do Povoamento

Recomenda-se, para o povoamento do Açude Público Itauna, a adaptação das espécies da ictiofauna já existentes nos rios daquela bacia hidrográfica às condições lênticas do novo meio

A escolha dos peixes a serem introduzidos no açude deverá obedecer os critérios ecológicos, ou seja, posição na cadeia trófica, elevado potencial reprodutivo, produtividade da biomassa, etc, e econômico-culturais, tais como, palatabilidade, facilidade no manejo, fornecimento proteico e energético, boa cotação comercial. Inicialmente, o regime alimentar será um pré-requisito fundamental, capaz de possibilitar um elevado rendimento da pesca comercial, face a melhor conversão da produtividade primária do meio

### 8.3.3 - Etapas do Programa de Povoamento

A primeira etapa consiste na formação de estoque de matrizes e reprodutores. Esta deverá ser executada dentro de um período máximo de 2 (dois) anos. Vale esclarecer que este é apenas um plano de povoamento dentre muitos existentes

As espécies deverão ser introduzidas em exemplares maiores ou iguais a cinco centímetros e devem ser as relacionadas a seguir: Curimatã-comum, Piau-comum, Sardinha, Tilápia do Nilo, Camarão, Apaiari, Beiru, Carpa-comum, Pescada do Piauí

A segunda etapa consiste na utilização de espécies reofílicas que não se reproduzem nos rios intermitentes do Estado do Ceará. Sua execução deve ter início no terceiro ano após o enchimento da represa

As espécies, também em exemplares de, no mínimo, cinco centímetros, para o cultivo extensivo e de elevado valor comercial, a serem introduzidas nesta etapa, são Tambaqui, Pirapitinga, Curimatã pacu

A terceira etapa consiste naquela dos povoamentos complementares. Nesta fase deverá ser feito um acompanhamento das espécies componentes da ictiofauna do açude, com a finalidade de verificar seu desempenho. A redução acentuada de qualquer espécie deve ser corrigida com peixamentos para a formação de novos estoques reprodutores

A Secretaria de Recursos Hídricos deverá implantar a administração dos recursos pesqueiros do açude, onde vigorarão as leis e normas pertinentes à regulamentação da pesca em águas interiores, visando a proteção da ictiofauna. Entre as principais normas disciplinares a serem seguidas, destaca-se a proibição da captura de peixes durante a época das cheias (proteção do fenômeno da piracema) e o controle do tamanho da malha da rede de espera

O Quadro 8.2 a seguir indica a produção de algumas espécies aclimatadas nos açudes do Ceará

O programa de peixamento do açude deverá ter início logo que se complete o enchimento do lago. De acordo com as etapas descritas neste Plano de Peixamento, em quatro anos todo o



processo estará em pleno desenvolvimento. Caberá a SRH a implantação e administração dos recursos pesqueiros do açude. A Secretaria deve estimular, entre a população ribeirinha, a formação de um clube de pesca ou cooperativa de pesca que poderá ter atribuições como arrecadar fundos para a viabilização de uma pequena indústria pesqueira, regulamentar e fiscalizar a pesca no açude visando a proteção da ictiofauna, promover cursos de treinamento e campanhas de conscientização quanto às questões relacionadas à preservação deste tipo de uso no açude público, etc.

#### QUADRO 8.2

#### PRODUÇÃO DE ALGUMAS ESPÉCIES DE PEIXES ACLIMATADAS NOS AÇUDES DO CEARÁ

ESPÉCIES ACLIMATADAS	QUANTIDADE EM Kg
Apaiari	175,374
Camarão	343,451
Carpa	10,00
Curimatã	1,363
Pescada Jacundá	64,864
Pescada do Piauí	819,169
Piauí Verdadeiro	44
Tambaqui	6,383
Tilápia do Congo	258,459
Tilápia Nilo	1,670,320
Tucunaré Comum	675,331
Tucunaré Pinimo	30,314

Fonte: DNOCS, 1991

#### 8.4 - PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS

O cuidado com as áreas degradáveis deve ser observado desde as primeiras etapas da construção da barragem. A empreiteira deve incorporar alguns cuidados com o meio ambiente no processo de construção, tais como: escolha de áreas de empréstimo adequadas em função da drenagem local de modo a evitar a intensificação de processos erosivos, salinização dos solos e degradações ambientais maiores do que seria necessário, disposição adequada dos resíduos sólidos do canteiro de obras, campanha de esclarecimentos junto aos trabalhadores sobre a prevenção de doenças transmissíveis pela água, implantação de infra-estrutura e facilidades no canteiro de obras de modo evitar o uso inadequado de recursos naturais e a minimizar a destruição da paisagem natural.

As áreas de exploração de material de empréstimo e de desmatamentos "operacionais", tais como a área destinada ao canteiro de obras, sofrerão alterações em suas condições naturais. Nelas ficará comprometida a permeabilidade do solo, a topografia original, entre outros fatores naturais.

Os movimentos de terra, além de alterarem o escoamento natural das águas causando problemas de drenagem, são responsáveis por um maior carreamento de solo para o curso d'água provocando alterações ecológicas e assoreamento do açude.



A recuperação das áreas degradadas deve ser feita através do reflorestamento com espécies nativas, uma vez que estas já se encontram altamente adaptadas às intempéries regionais. Para tanto, faz-se necessário a criação de um banco de germoplasma.

O local mais adequado para a instalação do banco é o mais próximo possível da barragem. Aconselha-se, então, que se utilize o próprio canteiro de obras.

As sementes devem ser acondicionadas em locais isentos de umidade e de oxigênio, de modo a se evitar o desenvolvimento de fungos e bactérias.

Os viveiros de produção de mudas devem ser instalados mais ou menos uns 3 (três) meses antes do início do reflorestamento, os quais poderão ser dos seguintes tipos: estaquias, sementes ou plântulas. Destes, os dois últimos são os mais aconselhados.

O horto deverá ter, no mínimo, 2 hectares, para comportar a demanda de mudas nativas. O cálculo de valor dessa área baseou-se na seguinte fórmula:  $A = N \times b + 1\,000$ , onde A = área do horto em metros, N = número de mudas previstas por período e b = constante (123,5).

Os locais degradados, onde deverão ser plantadas definitivamente, as mudas precisarão ser *adubado e umidecido, de preferência, durante o período chuvoso*. A muda, no momento do plantio deverá ter cerca de 60 cm de altura para que se assegure sua sobrevivência nos diversos diques marginais aos cursos d'água, ao redor do futuro açude, ou nas ilhas muito degradadas.

A Secretaria dos Recursos Hídricos poderia ainda, promover e incentivar o plantio de árvores frutíferas adaptáveis à região.

Além destas medidas corretivas, recomenda-se, quando do início da exploração de material de empréstimo e obras de aterramentos, as seguintes medidas, preventivas:

- sempre que possível, respeito aos caminhos naturais das águas,
- quando necessário, construção de obras que direcionem ou retenham o fluxo d'água no terreno, tais como canais de escoamento, diques interceptores, terraços, áreas de absorção, bacias de retenção, etc ,
- proteção das áreas expostas à erosão através de vegetação temporária ou pela cobertura com materiais que contribuam para a estabilização do solo, tais como palhas, lascas de madeira, gravetos, folhas e matéria vegetal em geral.

O cuidado com as áreas degradáveis deve ser observado desde as primeiras etapas da construção da barragem. A empreiteira deve incorporar alguns cuidados com o meio ambiente no processo de construção tais como: escolha de áreas de empréstimo adequadas em função da drenagem local de modo a evitar a intensificação de processos erosivos, salinização dos solos e degradações ambientais maiores do que seria necessário, disposição adequada dos resíduos sólidos do canteiro de obras, campanha de esclarecimentos junto aos trabalhadores sobre a prevenção de doenças transmissíveis pela água, implantação de infra-estrutura e facilidades no

canteiro de obras de modo evitar o uso inadequado de recursos naturais e a minimizar a destruição da paisagem natural. O processo de construção, sob o ponto de vista ambiental, deverá ser fiscalizado em todas as suas etapas por técnicos representantes da SRH.

#### 8.5 - PLANO DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS

No caso da construção de uma barragem, a execução deste tipo de plano não tem significado pertinente, uma vez que a única obra de drenagem necessária é a drenagem das águas pluviais do paramento de jusante da barragem, e esta consiste apenas de canaletas de concreto, definidas no Projeto Executivo. Por outro lado, a sangria do açude dar-se-á por uma depressão natural retificada sem interferência no maciço evitando, assim, a possibilidade de erosão regressiva. A descarga oriunda da galeria será protegida por uma bacia de enrocamento no leito do rio a montante do medidor de vazão. O maciço está protegido pelo paramento enrocado de jusante. A drenagem das áreas irrigadas será objeto do próprio plano de irrigação.

#### 8.6 - PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO

O Plano de Reassentamento da População a ser desenvolvido pela Secretaria dos Recursos Hídricos, antes do barramento do rio, deverá constar de

- cadastramento das propriedades e benfeitorias existentes,
- indenização das propriedades e benfeitorias,
- ações de caráter social,
- aproveitamento dos interessados em programas a serem desenvolvidos na área,
- ações de controle epidemiológico



**9 - GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA E  
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA**

A importância do controle da qualidade da água do açude a ser formado está relacionada a seus múltiplos usos, na bacia hidráulica propriamente dita ou nos trechos de jusante desta, ou seja, regularização da vazão, abastecimento doméstico, irrigação de culturas, etc

Alguns processos que repercutem na qualidade da água são estratificação térmica e de densidade, sedimentação, evaporação, presença de ciclos biológicos e/ou químicos, supersaturação de gases ou de nitrogênio, entre outros. Um aspecto básico relacionado à qualidade da água refere-se às descargas de poluentes, que podem ocorrer das seguintes formas

- fontes pontuais de descarga a montante do reservatório. Estas podem incluir resíduos, tratados ou não, de áreas urbanas e de atividades industriais,
- fontes não pontuais de descarga a montante do reservatório. Incluem o escoamento superficial proveniente de áreas urbanas, industriais, agrícolas e núcleos humanos destituídos de infra-estrutura básica. Nestes casos os poluentes mais frequentes são sedimentos, nutrientes, matéria orgânica e pesticidas. Vale notar que o desmatamento contribui, em muito, com este tipo de descarga,
- condições anaeróbias criadas pela decomposição da biomassa não retirada da área de inundação pode acarretar na liberação de sulfeto de hidrogênio e gás metano,
- depósito direto de resíduos sólidos no açude,
- afluição de águas subterrâneas no açude

É pertinente considerar sob quais parâmetros a água será monitorada. Os parâmetros típicos são

- oxigênio dissolvido e DBO (demanda bioquímica de oxigênio),
- nutrientes,
- temperatura,
- outros (pH, sólidos suspensos, pesticidas, metais pesados, coliformes fecais, metano, sulfeto de hidrogênio),
- capacidade de autodepuração do reservatório

As águas do Açude Público Itaúna, já que estas se destinam ao abastecimento doméstico, deverão enquadrar-se, no máximo, na Classe III da classificação das águas, após tratamento convencional, de acordo com a resolução N° 020 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente

Segundo a Lei 2 182 de 23 de julho de 1953 que regulamentada pelo Decreto 24 806 de 25/07/55, a Classe III deve atender à seguinte caracterização

- 1 Sólidos flutuantes ausentes,
- 2 Óleos e graxas ausentes,
- 3 Fenóis menos de 0,001 mg/l,
- 4 Substâncias que causem gosto ou cheiro ausentes,



- 5 Substâncias tóxicas ou potencialmente tóxicas ausentes,
- 6 Ácidos ou álcalis livres ausentes,
- 7 Número mais provável, em média mensal, em um mínimo de cinco amostras colhidas em dias diferentes menos de 5 mil coliformes/100 ml,
- 8 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em cinco dias, 20°C menos de 3 mg/l,
- 9 Oxigênio dissolvido (OD), em qualquer dia menos de 5 mg/l,
- 10 Concentração hidrogeniônica (pH) entre 5 e 10

#### Observações

- estas águas só poderão receber despejos que, após depurados, não alterem as características acima especificadas,
- podem ser utilizadas para fins potáveis após filtração lenta ou filtração rápida precedida de coagulação, sendo a purificação completada com a desinfecção,
- outros usos possíveis são a irrigação de vegetais, mesmo que venham a ser ingeridos crus, a piscicultura, a dessedentação de animais, a recreação e o uso industrial, desde que não haja interligação com a rede de água potável

O monitoramento da qualidade da água deve ser feito ao longo das várias fases da vida do projeto. Usos distintos podem ser associados ao monitoramento em determinadas fases. As fases ou etapas do projeto podem ser as seguintes: fase de planejamento, fase de construção, fase de transição e fase de operação.

O propósito do monitoramento na fase de planejamento seria o de prever problemas potenciais e indicar medidas mitigadoras para minimizá-los (tais medidas poderiam constituir em mudanças no projeto ou na remoção seletiva da flora terrestre na área a ser inundada), além de buscar um comprometimento de longo prazo com os empreendedores do projeto.

Na fase de construção da barragem, o monitoramento deverá prever a implantação de programas e campanhas de educação ambiental visando o controle da qualidade da água. Tais programas devem considerar procedimentos de prevenção à poluição dos cursos d'água, a serem observados pela empreiteira nas atividades relativas à construção da barragem. Nesta fase deve-se também programar a remoção seletiva da flora terrestre presente na área a ser inundada. O mais importante é o estabelecimento de vínculos entre o gerenciamento da bacia hidrográfica, a operacionalidade do açude e a qualidade da água.

A fase de transição ocorre entre o enchimento completo do reservatório e o momento no qual a água armazenada apresenta padrões efetivamente estabelecidos, ou seja, passíveis de serem analisados a qualquer momento (embora não se possa especificar, a duração deste período pode ser estimada em cerca de 5 anos, no mínimo). Neste período a flora terrestre remanescente no lago sofre o processo de decomposição mais rapidamente. Nesta etapa seria adequada a instalação da aeração artificial em alguns pontos do reservatório, se os custos de tal medida assim o permitirem.



A última fase representa a operação de longo prazo do reservatório, na qual o corpo d'água estaria na plenitude de sua utilização múltipla. O monitoramento desta fase baseia-se na implantação, manutenção e fiscalização dos programas de medidas mitigadoras para o controle de qualidade da água, incluindo o gerenciamento mais amplo, abrangendo toda a bacia hidrográfica do açude.

Para um monitoramento adequado da qualidade da água faz-se necessário a instalação de estações de controle estrategicamente localizadas. Os locais de amostragem deverão ser principais tributários do açude, pontos imediatamente a jusante de eventuais atividades poluidoras e no próprio reservatório, em especial junto à captação da água para o abastecimento humano, onde o controle deverá ser mais rigoroso. A profundidade e a frequência das amostragens devem ser determinadas, juntamente com a indicação dos métodos analíticos laboratoriais, em função de vários parâmetros técnicos e ecológicos a serem observados "in loco", por profissionais desta área do conhecimento.

Outro aspecto relacionado diretamente com a qualidade da água abrange a questão da saúde pública ligada ao reservatório e a seus usos. As prefeituras devem responsabilizar-se pela prevenção de doenças relacionadas com a água, nos perímetros de irrigação, nas bordas do reservatório, assim como em toda a sub-bacia dentro dos limites de seu território. Esta prevenção deve ser feita através de visitas periódicas de agentes de saúde às localidades críticas e de campanhas de educação ambiental, inclusive no âmbito escolar. Há quatro tipos de doenças relacionadas com a água:

- doenças de contaminação hídrica são causadas por organismos altamente infecciosos. Estas doenças são transmitidas pela contaminação da água utilizada para abastecimento doméstico, por fezes humanas contendo o organismo infectuoso. Os dois exemplos clássicos são febre tifóide e cólera. Além destas pode ocorrer diarreia e disenteria causadas por protozoários aquáticos, como a giardíase, por amebas (*Entamoeba histolytica*) ou enterobactérias (*Shigella genus*),
- doenças de transmissão hídrica são causadas por vermes majoritariamente dependentes de hospedeiros intermediários ou secundários para sua transmissão. Fezes humanas infectadas com as larvas do verme entram em contato com os caramujos (hospedeiros intermediários), através da água contaminada, e neles se alojam para ali se desenvolverem. A larva parasita, já em outro estágio de desenvolvimento, emerge do caramujo para a água e penetra no homem através da pele. Este tipo de doença, então, é transmitida pelo simples contato humano com a água contaminada. A doença de transmissão hídrica mais comum no Brasil é a esquistossomose através dos vetores *Schistosoma mansoni*, *S. haematobium* e *S. japonicum*. Outra muito comum é a infecção por lombriga-guinea, transmitida pela ingestão de água contendo o microscópico crustáceo, hospedeiro intermediário da doença (*Cyclops ssp*). O organismo infeccioso deixa o hospedeiro intermediário uma vez estando dentro do corpo humano, hospedeiro primário,
- doenças de veiculação hídrica são transmitidas por vetores, normalmente insetos, que precisam da água para sua proliferação. As espécies de vetores mais importantes são as moscas da espécie *Simulium* e a Tse-tse, *Aedes aegypti* (dengue e febre amarela urbana)

Estes vetores carregam um grande número de infecções incluindo malária, doença do sono, cisticercose e muitas viroses. A doença é contraída quando o inseto pica um homem infectado e logo depois pica outro homem não infectado,

- doenças saneadas pela água em contraste com os outros tipos de doenças, as saneadas pela água regredem, não aumentam, com a presença deste recurso natural. Este grupo inclui doenças cujo nível de infecção pode ser reduzido pela provisão de abastecimento d'água mais abundante e acessível. As doenças são transmitidas de uma pessoa à outra quando há pouca higiene pessoal devido à falta de condições sanitárias satisfatórias. As doenças mais importantes são diarreia, úlceras de pele, sarnas, infecções cutâneas provenientes de fungos e tracoma.

A necessidade cada vez maior de se obter a água na quantidade e na qualidade desejadas para os seus diversos usos induz à necessidade de planejamento e coordenação da utilização da mesma. Surge daí o gerenciamento dos recursos hídricos como um meio de assegurar a utilização múltipla e integrada da água, conduzida por uma perspectiva global, considerando a bacia hidrográfica como unidade básica da gestão.

Se por um lado, a construção de barragens no nordeste semi-árido representa papel importante no combate contra a seca, por outro, é muito comum que os açudes daí formados sejam subutilizados por deficiência de planejamento e conseqüente viabilização plena dos usos para os quais, muito frequentemente, foram projetados.

A responsabilidade pelo gerenciamento e monitoramento ambientais do açude e sua bacia de contribuição, assim como treinamento de pessoal necessário para a implantação, não só do Açude Público Itaúna, mas também de todo Programa de Aproveitamento Hídrico, além dos Planos de Medidas Mitigadoras sugeridos fica a cargo da entidade empreendedora, a SRH.

A SRH deve compartilhar, quando necessário, a coordenação de implantação das medidas mitigadoras com outras entidades governamentais como a Secretaria de Desenvolvimento Urbano SDU, COELCE, CAGECE, SEMACE, entre outras unidades estaduais, assim como com as prefeituras das cidades integrantes da área de influência direta do Açude Público Itaúna.

Um dos mais importantes procedimentos do gerenciamento da bacia hidrográfica é o combate à erosão. O curso d'água, ao receber a matéria sólida carregada sofre uma série de processos que diminuem sua qualidade biótica. Ocorre, por exemplo, a eutrofização do mesmo, ou seja, aumenta a quantidade de nutrientes na água, aumentando a quantidade de organismos que os consomem, e estes, por sua vez, tornam o corpo d'água superpopuloso diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido na água. Desta forma são eliminados aqueles mesmos organismos que haviam proliferado em primeiro lugar. Toda a biomassa resultante deste processo é então sedimentada, diminuindo assim, a vida útil do açude.

Outra conseqüência da erosão dos solos para os cursos d'água é que estas se tornam mais turvas, diminuindo a produção de oxigênio pelo fitoplâncton clorofilado, envolvendo também, alterações no gradiente de temperatura do reservatório e portanto, mais uma vez, na própria vida aquática do mesmo.



Por último, vale salientar que pouca atenção tem sido dada ao total de água disponível em uma bacia, de modo que projetos são implantados com usos cumulativos, que podem exceder a capacidade de contribuição da bacia hidrográfica. Os usos múltiplos da água devem corresponder às possibilidades hídricas da bacia, inclusive considerando um período significativo de estiagem.

**10 - CONCLUSÕES E  
RECOMENDAÇÕES**

A implantação do Açude Público Itaúna na Bacia do Rio Timonha foi avaliada através de dois critérios. O primeiro analisa a necessidade de armazenamento de água para os diversos usos e o segundo analisa os impactos ambientais com a construção do açude. Quanto ao primeiro critério basta o argumento segundo o qual não há possibilidade de armazenamento de água em aquíferos subterrâneos, devido ao embasamento ser cristalino, sendo o açude a única forma de utilização da águas das chuvas, sem a qual a paisagem típica do semi árido pode ser considerada ela só, desoladora. Para satisfazer o segundo critério, foi elaborada uma listagem de impactos potenciais, na qual a maioria destes impactos já foi listada com o objetivo de apontar impactos negativos para que se pudesse estudar as medidas mitigadoras correspondentes. Pela análise da listagem de impactos, pode-se observar que há impactos adversos, permanentes ou não, todos passíveis de mitigação.

Assim conclui-se que o Açude Público Itaúna é obra importante para o desenvolvimento regional e deve ser construída de acordo com a alternativa escolhida, tanto de projeto como de localização, desde que sejam observadas as medidas mitigadoras propostas neste estudo.

As recomendações relacionam-se à três períodos antes da construção da barragem, durante e depois do enchimento do reservatório.

- Antes da construção da barragem

- 1 Reuniões com a população afetada à título de esclarecimentos e tomadas de decisão conciliatórias,
- 2 Desenvolvimento de planos para a absorção de mão-de-obra proveniente das áreas a serem inundadas,
- 3 Desenvolvimento de projetos para o uso da terra nas áreas de reassentamento e nas terras de jusante do açude,
- 4 Desenvolvimento de programas de educação ambiental relacionados às áreas de preservação ecológica criadas na região,
- 5 Os proprietários das terras desapropriadas devem ser indenizados com base nos preços de mercado, sendo pagos em moeda corrente e adiantado (antes do início das obras). Faz-se necessário que a SRH forneça à população residente na área, no mínimo, tudo o que lhes for tirado por ocasião da implantação do novo empreendimento. Aos proprietários deve ser assegurado o direito de aproveitar todos os materiais existentes em sua propriedade, quando do desmate e remoção de sua habitação,
- 6 A SRH será responsável por um programa de educação sanitária e implantação de fossa séptica, leito filtrante, etc, das casas localizadas no entorno do lago a ser formado pela barragem para evitar a poluição das águas com o lançamento de dejetos, já que o principal uso do reservatório será o abastecimento humano.

- Durante e depois do enchimento do açude

- 1 Fixação das bordas do reservatório com vegetação para prevenir a erosão e plantio de árvores de crescimento rápido em áreas declivosas,



- 2 Controle das atividades humanas a montante do açude para prevenir o desmatamento e a poluição das águas,
- 3 Campanha de educação sanitária para a população local,
- 4 Monitoramento da qualidade da água coordenado pela SEMACE,
- 5 Campanha de assistência aos reassentados e vazanteiros



## 11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BRAGA, R Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará Natal. Editora Universitária - UFRN, 1960
- 2 BRANCO, S M et al Hidrologia Ambiental São Paulo, EDUSP/ABRH, 1991
- 3 BRANCO, S M & ROCHA, A A Poluição, Proteção e Uso Múltiplo de Represas São Paulo, Edgard Blucher /CETESB, 1977
- 4 DREW, D Processos Interativos Homem-Meio Ambiente, 2ª ed , R J , Editora Bertrand Brasil S A , 1989
- 5 GOVERNO DO ESTADO/SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS Plano Estadual de Recursos Hídricos Atlas de Recursos Hídricos Fortaleza, 1991
- 6 GOVERNO DO ESTADO/SECRETARIA DE PLANEJAMENTO Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado do Ceará (Projeto Ceará) Volume , Tomo 1, Fortaleza, 1980
- 7 GOVERNO DO ESTADO/SDU/SEMACE Meio Ambiente Legislação Básica Fortaleza, 1990
- 8 IBGE Estatísticas de Saúde Assistência Médico-Sanitária Volume 10, Rio de Janeiro, 1985
- 9 IBGE Sinopse Preliminar do Censo Agropecuário. Região Nordeste Volume 4, Numero 2, RJ, 1985
- 10 MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA/DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - Projeto RADAMBRASIL, Vol 23, Folhas SB 24/25, 1981
- 11 MOTA, S Preservação de Recursos Hídricos Rio de Janeiro, ABES, 1988
- 12 NIMER, E Clima In Geografia do Brasil Região Nordeste FIBGE, 47-89 Rio de Janeiro, 1977
- 13 RODOLFO, V I Da Vida de Nossos Animais Fauna do Brasil S Leopoldo, Casa Editora, Roter mundo & Co , 1953
- 14 SAMPAIO, D Anuário do Ceará 1987/1988, Fortaleza, Stylus Comunicações, 1988
- 15 SAMPAIO, D Anuário do Ceará 1990/1991, Fortaleza, Stylus Comunicações, 1991
- 16 SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ - Anuário Estatístico do Ceará, 1992
- 17 TUNDISI, J G Limnologia de Represas Artificiais Boletim de Hidráulica e Saneamento, Nº 11, São Carlos, São Paulo, USP/Escola de Engenharia de São Carlos, 1986



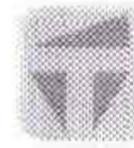
**ANEXO 1: DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA**



**Foto 01:** Vista da principal via da sede do município de Chaval.



**Foto 02:** Vista de uma das áreas de exploração de sal na sede do município de Chaval.



**Foto 03:** Vista das edificações feitas para a estocagem do sal.



**Foto 04:** Vista da sede do Povoado Passagem do Vaz, situado a margem esquerda do rio Timonha, a aproximadamente 3,0 Km a jusante do boqueirão Itaúna.



**Foto 05:** Outra vista do Povoado Passagem do Vaz, mostrando a rua principal e a capela.



**Foto 06:** Vista do eixo do boqueirão Itaúna pela margem esquerda. A vegetação não permite visualizar a real configuração do Boqueirão.



**Foto 07:** Outra vista da margem esquerda do Boqueirão Itaúna.



**Foto 08:** Vista do leito do rio Timonha aproximadamente 2,0 Km a montante do Boqueirão Itaúna.



Foto 09: Vista da principal via de acesso ao eixo do Boqueirão Itaúna.

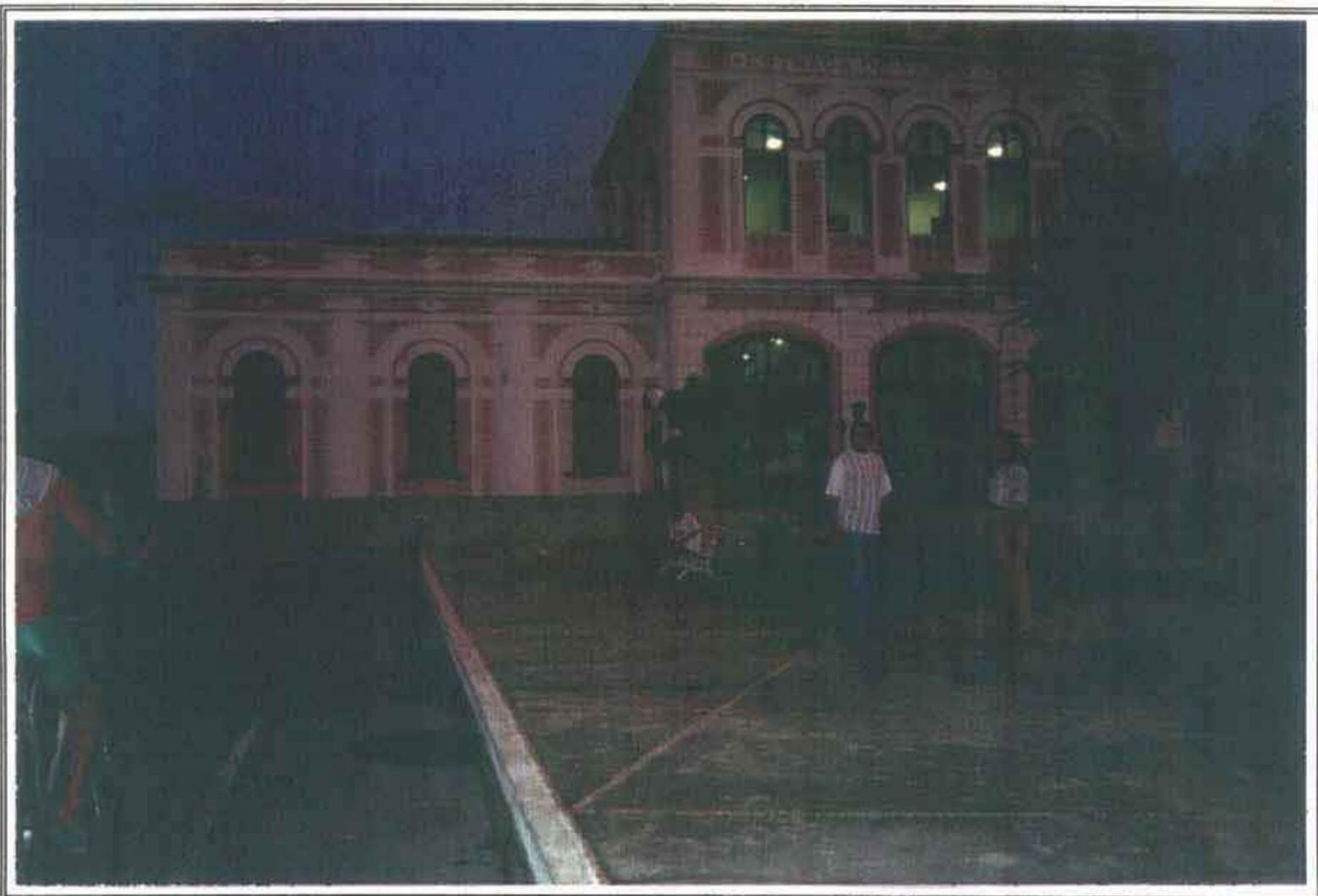


Foto 10: Vista da estação ferroviária na sede do município de Camocim.