
**COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO
SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA**

CODEVASF

**Elaboração de Estudos Ambientais visando atender as Condições
estabelecidas na Licença Prévia Nº 13/2006 do Projeto Hidroagrícola
Jequitaí**

RELATÓRIO TÉCNICO 5

***PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO NÍVEL
PIEZOMÉTRICO***

CONSÓRCIO ENGECORPS ♦ FLORAM

929-CDF-PMA-RT-P017

Agosto / 2010

ÍNDICE

	PÁG.
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. JUSTIFICATIVA.....	3
3. OBJETIVOS.....	6
4. PÚBLICO-ALVO	7
5. METODOLOGIA	7
6. AÇÕES, ATIVIDADES E OPERACIONALIZAÇÃO DO PROGRAMA.....	13
7. CRONOGRAMA FÍSICO DE ATIVIDADES	17
8. RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS	17
9. CUSTOS.....	18
10. AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO	18
11. RESPONSABILIDADE TÉCNICA E CONVÊNIOS	19
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das alterações do nível freático que deverão ocorrer em decorrência do enchimento dos reservatórios Jequitaí I e Jequitaí II é de fundamental importância para uma melhor caracterização dos potenciais impactos previstos e para a implantação de corretas e eficazes medidas mitigadoras.

Os principais impactos previstos, relativos às alterações dos níveis d'água subterrânea são o acréscimo da produtividade dos aquíferos, a formação de áreas úmidas e alagadas, o acréscimo de susceptibilidade à contaminação dos aquíferos, a potencialização da colapsividade de solos e expansividade de solos e rochas e instabilizações e erosões nas encostas marginais ao reservatório.

Portanto, o prévio conhecimento das áreas potencialmente mais suscetíveis à influência do enchimento do futuro reservatório permite estabelecer um programa de monitoramento da inundação, apontar eventuais estudos complementares ou medidas a serem adotadas, inclusive as de caráter preventivo, podendo servir também como subsídio ao planejamento do uso e ocupação do solo em áreas não ocupadas nas margens do reservatório.

2. JUSTIFICATIVA

A implantação e a operação de barragens e seus reservatórios promovem alterações e/ou interferências no uso e na ocupação das terras situadas no entorno dos lagos formados.

“... a implantação de um reservatório causa mais interferências com as condições naturais do meio físico do que qualquer outro tipo de obra civil de grande porte. Essas interferências são responsáveis por reações do próprio meio físico procurando se adaptar às novas condições existentes. As reações podem variar, ao longo do tempo, em intensidade e forma, impondo uma série de mudanças, convencionalmente chamadas impactos...” (DE JORDE, 1984).

Dentre os diversos impactos decorrentes da implantação e operação de barragens destacam-se as modificações sofridas em um aquífero livre, adjacente a um reservatório, correspondentes a uma das inúmeras alterações que, comumente, esses empreendimentos deflagram durante a sua instalação. Persistem após a sua operação, perdurando por longos períodos contados do início do enchimento (ALBUQUERQUE FILHO, 2002).

Essa modificação ambiental decorre do fato de que, antes da instalação do reservatório, o rio comumente possui nível mais baixo que as vizinhanças e funciona como “coletor” da descarga de base regional dos aquíferos. Quando se implanta o barramento, as águas do rio são represadas e ocupam nível mais elevado e, desse modo, a situação original sofre inversão, passando a ocorrer a “alimentação” do aquífero livre adjacente ao reservatório. A Figura 2.1 ilustra o modelo esquemático da evolução do processo de “elevações induzidas” no lençol freático, decorrentes da implantação de reservatórios.

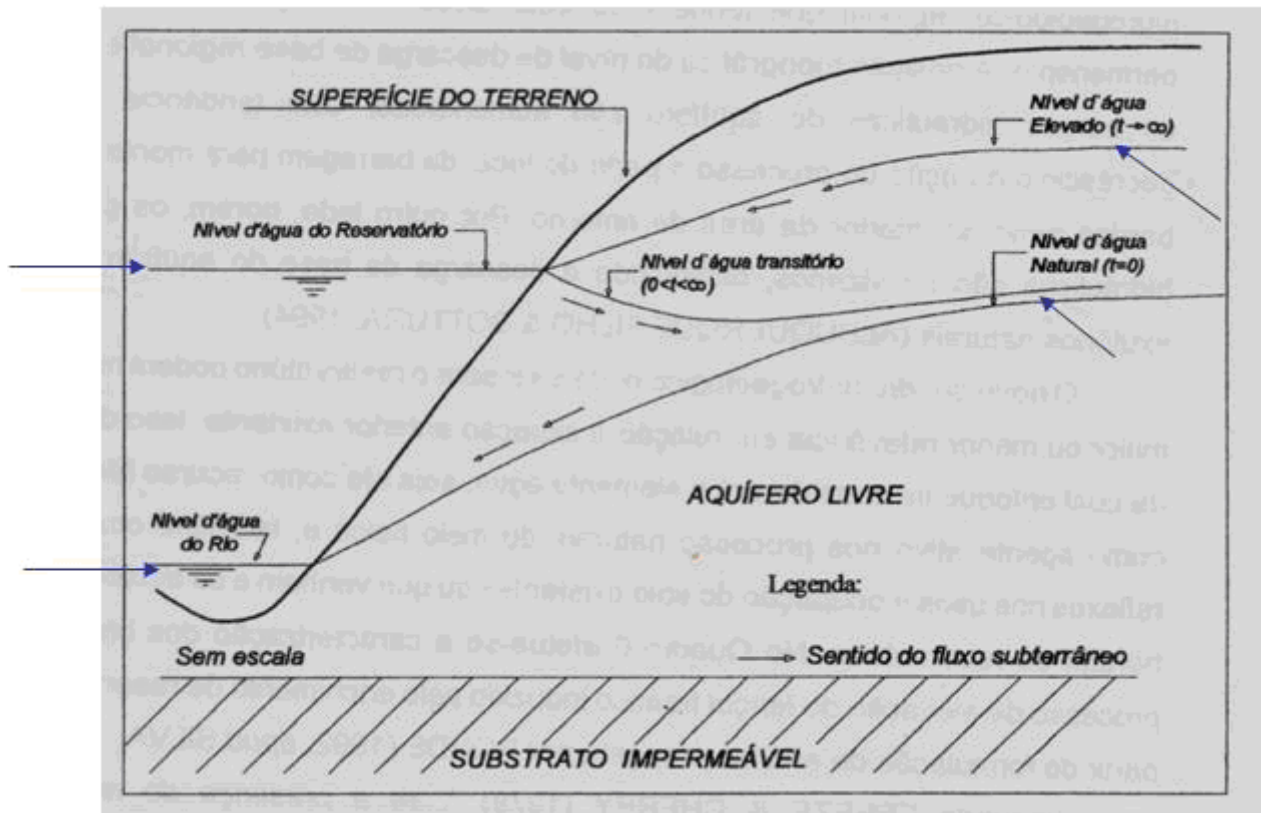


Figura 2.1 - Modelo esquemático da evolução do processo de “elevações induzidas” no lençol freático, decorrentes da implantação de reservatórios

FONTE: Albuquerque Filho & Bottura (1994); Albuquerque Filho et al (1996).

Esta nova condição gera uma elevação contínua no lençol freático, estabelecendo um novo equilíbrio dinâmico dos fluxos de água subterrânea. A magnitude e a distribuição espaço-temporal de elevação induzida no lençol freático tendem a ser mais rápidas nas áreas vizinhas ao reservatório, alcançando porções mais distantes com o passar do tempo, respeitados os parâmetros e os aspectos hidráulicos, geológicos, geomorfológicos, dentre outros, das porções de terrenos onde ocorrerá a transmissão dos efeitos.

Para tal contexto, foram estabelecidos diversos estudos específicos com o objetivo de dimensionar/quantificar os efeitos das elevações induzidas pelo enchimento de reservatórios, com destaque para a equação de EDELMAN, mostrada a seguir:

$$h(x,t) = \Delta H \cdot \text{erfc}(u), \text{ com } u = x / [2 \cdot (Kb \cdot tS)^{1/2}]$$

Onde,

$h(x, t)$: elevação induzida na superfície potenciométrica (m);

x : distância a partir da margem do reservatório (m);

t : tempo decorrido após o enchimento instantâneo do reservatório (d)

ΔH : elevação do nível de descarga de base do aquífero, na borda do reservatório

$\text{erfc}(u)$: função de erro complementar (adimensional);

$K_b = T$: coeficiente de transmissividade do aquífero (m^2/d); e

S : porosidade eficaz do aquífero livre (adimensional)

As modificações que ocorrem no regime hidrológico subterrâneo após a construção de uma barragem serão tão mais significativas, quanto maior se constituir a obra, sua área de inundação e a espessura média da lâmina d'água resultante da formação do reservatório (ALBUQUERQUE FILHO, 2002).

A superfície da água nos aquíferos livres adjacentes ao reservatório sofre, inicialmente, reajustes transitórios. Em longo prazo, tais efeitos evoluem para mudanças permanentes no sistema hidrogeológico (ALBUQUERQUE FILHO & BOTTURA, 1994; ALBUQUERQUE FILHO *et. al.*, 1996).

Nos casos de reservatórios com dezenas de metros de diferença entre a posição do nível d'água original e aquele ocupado após o represamento, o significado quantitativo do sistema de fluxo transitório pode ser considerável (ALBUQUERQUE FILHO, 2002).

O posicionamento do lençol freático em níveis muito rasos poderá resultar no adensamento volumétrico de solos, anteriormente com baixos teores de umidade e com estruturação interna estável, com conseqüente diminuição na sua capacidade de suporte de carga e modificação na estabilidade geotécnica, podendo resultar em movimentação de fundações e, por conseguinte, potencializar danos estruturais nas edificações existentes (ALBUQUERQUE FILHO, 2002).

Outro problema relacionado com o aumento do nível do lençol freático é a potencialização da vulnerabilidade do aquífero às contaminações originadas na superfície do terreno. Isso ocorrerá pelo fato da diminuição da espessura do horizonte não saturado devido ao aumento do nível da água subterrânea.

A partir de observações de campo pode ser constatado que a percolação de água subterrânea pode causar ou agravar, entre outras, uma ou mais das seguintes condições limitantes para o uso do solo ou dos recursos hídricos: (a) elevação do lençol freático e saturação do solo; (b) mineralização das águas subterrâneas e das águas superficiais; (c) perda de recursos hídricos e salinização dos solos (YOST JR. & NANEY, 1975).

De acordo com o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1989 e 1991), em terrenos que margeiam o reservatório podem ocorrer os seguintes efeitos, em decorrência da elevação do lençol freático:

- ✓ Aumento da umidade do solo que poderá implicar alteração das suas características de estabilidade estrutural natural e, como conseqüência, afetar fundações ou estruturas nele assentes;
- ✓ Afloramento do lençol freático ao longo de boçorocas eventualmente já existentes, o que poderá induzir reativação ou aceleração do processo erosivo;

- ✓ Condições de profundidades rasas que poderão gerar o afogamento de raízes de plantas;
- ✓ Aumento da evapotranspiração e, por conseguinte, aumento do conteúdo salino nos solos superficiais e subsuperficiais o que poderá comprometer as culturas agrícolas;
- ✓ Formação de áreas permanentemente alagadas ou mesmo de lagoas perenes, em zonas topograficamente deprimidas, ou ainda, aumento das dimensões das lagoas ou zonas úmidas já existentes.

É fato, portanto, que a formação de um reservatório de água impõe uma nova situação para as áreas do seu entorno, provocando uma das mais importantes modificações que se processam inevitavelmente no subsolo, considerando-se que volumes significativos de água, oriundos do represamento do rio, percolam para o interior destas zonas, formando novos aquíferos ou realimentando aquíferos livres já existentes. Isso irá induzir os alteamentos no lençol freático, que se propagam para o interior da área do entorno do reservatório, podendo resultar em um quadro totalmente diferente daquele tido como “natural”, observado anteriormente à formação do lago.

3. OBJETIVOS

O “Programa de Monitoramento do Nível Piezométrico” precomizado para a região do Projeto Hidroagrícola Jequitáí I e II tem como principais objetivos recomendar e dar as diretrizes para a execução de medidas preventivas e corretivas para os principais impactos previstos relativos às alterações dos níveis de água subterrânea, bem como elaborar um plano de monitoramento para orientar a adoção de eventuais soluções e medidas mitigadoras adicionais.

Dessa maneira este Programa possui os seguintes objetivos:

- ✓ Avaliar as variações do nível do lençol freático nas regiões que margeiam os reservatórios Jequitáí I e II, através de uma malha preestabelecida de poços de monitoramento;
- ✓ Após a instalação de poços de monitoramento, realizar um plano sistemático e contínuo de monitoramento a ser executado antes, durante e após o enchimento dos reservatórios Jequitáí I e II;
- ✓ Monitoramento das oscilações do lençol freático durante todo o período de enchimento dos reservatórios com frequência suficiente para observar as respostas do aquífero sob condições de fluxo não constante, devido os acréscimos no nível d’água dos reservatórios e manter uma continuidade até que os reservatórios e os aquíferos adquiram condições estáveis;
- ✓ Localização de possíveis fontes de contaminação na superfície do terreno que poderão transmitir eventuais contaminantes para o lençol freático, o qual estará mais vulnerável em decorrência da elevação do seu nível d’água, permitindo adotar soluções de contenção dos contaminantes impedindo a sua migração a partir das possíveis fontes;

- ✓ Caso seja identificada qualquer fonte de contaminação, paralelamente ao monitoramento do nível piezométrico, deverá ser realizado um monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e também superficiais;
- ✓ Elaboração de modelos hidrogeológicos baseados em todos os dados adquiridos junto ao plano de monitoramento, a serem utilizados em modelagens para fluxo das águas subterrâneas com o objetivo de avaliar as oscilações dos níveis d'água nos aquíferos afetados pela formação dos reservatórios Jequitaí I e II; e, por fim,
- ✓ Acompanhamento do Programa e relatórios de análise dos dados obtidos com o seu desenvolvimento e contendo a reavaliação e adequação das soluções e medidas mitigadoras propostas, sempre que houver necessidade.

4. PÚBLICO-ALVO

O público-alvo deste Programa é principalmente a populações dos municípios de Claro dos Poções, Francisco Dumont e Jequitaí que reside nas vizinhas dos futuros reservatórios, sendo afetada de forma direta pelo enchimento dos lagos.

5. METODOLOGIA

De forma geral, o programa de monitoramento do nível piezométrico a ser executado na próxima etapa do licenciamento ambiental deverá compreender, em seu desenvolvimento, uma etapa de monitoramento pré-operacional, antes do enchimento do reservatório e mesmo antes da implantação da obra e uma etapa de monitoramento operacional, durante e após o enchimento do reservatório.

O método de trabalho aqui proposto, objeto de detalhamento no desenvolvimento do Programa, visará ao monitoramento das possíveis oscilações dos níveis d'água subterrâneas em decorrência do enchimento dos reservatórios Jequitaí I e II.

A metodologia deste Programa está detalhada a seguir, para cada atividade a ser desenvolvida, sendo elas: (a) levantamentos topográficos, (b) mapeamento geológico-hidrogeológico, (c) localização das áreas potencialmente afetadas pelo enchimento dos reservatórios, (d) instalação de poços de monitoramento, (e) medidas dos níveis d'água, (f) coleta de amostras e análises sobre a qualidade da água subterrânea, (g) estimativas de elevação do nível d'água através de modelos matemáticos e (h) relatórios de análise.

a) Levantamentos Topográficos

Nas regiões consideradas mais baixas, potencialmente críticas de eventual encharcamento, será necessária a realização de levantamentos topográficos expeditos, com o objetivo de verificar a possibilidade de elevação do lençol freático nestes locais.

b) Mapeamento Geológico-Hidrogeológico

Os dados obtidos até a atual etapa de licenciamento através de levantamentos de campo e fotointerpretação estão apresentados na forma de mapas ou constam de croquis de campo. Dessa forma, na fase inicial do presente “Programa de Monitoramento do Nível Piezométrico” deverá ser efetuada a consolidação desses dados já obtidos e efetuada a complementação necessária, por meio da caracterização geológica e hidrogeológica de cortes de estrada, afloramentos e escavações, existentes na região do empreendimento hidroagrícola Jequitai I e II.

c) Localização das Áreas Potencialmente Afetadas pelo Enchimento dos Reservatórios

Através dos levantamentos topográficos e mapeamento geológico e hidrogeológico realizados antes da etapa inicial deste Programa é possível identificar em mapa as possíveis áreas potencialmente afetadas pelo enchimento dos reservatórios (ver Figura 5.1).

d) Instalação de Poços de Monitoramento

O controle dos níveis d’água, bem como a coleta de amostras de água subterrânea para ensaios de qualidade da água serão executados através de poços de monitoramento. Esses poços deverão ser instalados nas áreas potencialmente afetadas pelo enchimento dos reservatórios conforme a Figura 5.2.

A instalação e construção de tais poços de monitoramento deverão seguir a Norma Brasileira ABNT NRB 15495-1 – “Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares Parte 1 : Projeto e construção”. A Figura 5.3 apresenta o perfil construtivo típico de um poço de monitoramento baseado na norma supracitada.

As sondagens para a instalação dos poços de monitoramento deverão avançar até o nível d’água ou impenetrável, devendo ser paralisadas preferencialmente após atingir os quartzitos e metarenitos representantes do Super Grupo Espinhaço, tendo atravessado todo o material aluvionar e/ou coluvionar. Caso os impenetráveis sejam obtidos a profundidades muito pequenas, deverão ser efetuados deslocamentos para a melhor caracterização.

e) Medidas dos níveis d’água

Nesta etapa do Programa deverão ser medidas as profundidades dos níveis d’água em poços de monitoramento instalados para essa finalidade, e também em eventuais poços cacimbas pré-instalados na região do projeto, os quais foram selecionados no início da implantação do atual Programa. Sempre que possível as profundidades medidas em campo serão transformadas em cotas com o objetivo de adquirir a superfície potenciométrica dos aquíferos livres e dos confinados.

Figura 5.1 – Áreas Potencialmente Afetadas pelo Enchimento dos Reservatórios

(A3)

Figura 5.2 – Mapa dos Poços de Monitoramento

(A3)

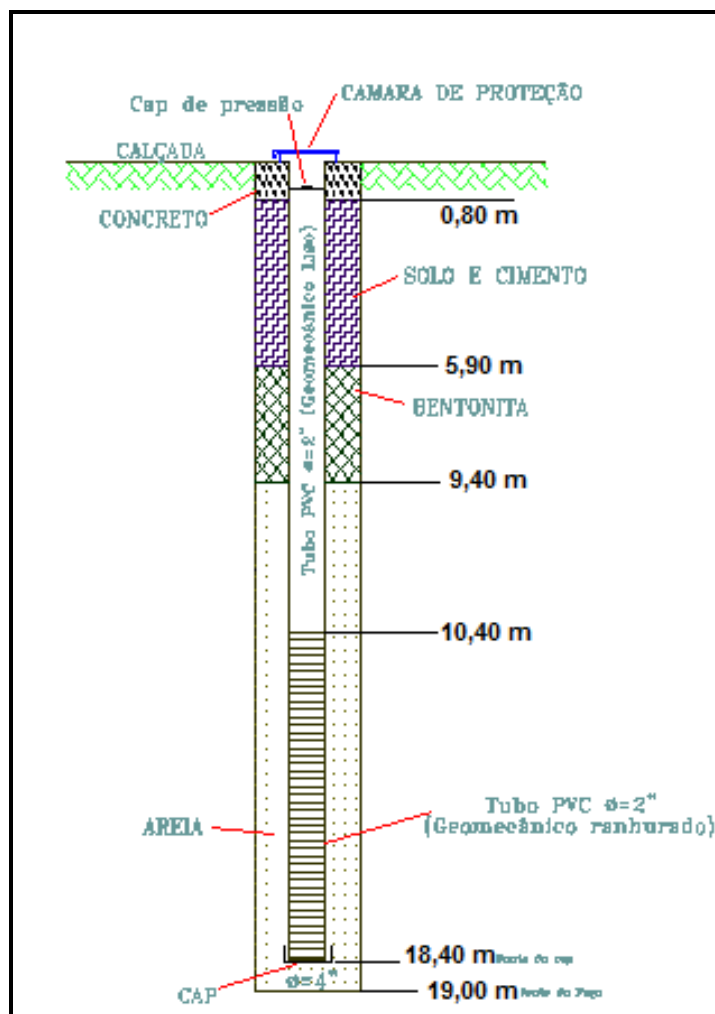


Figura 5.3 - Perfil Construtivo Típico de Poço de Monitoramento

Na etapa inicial de implantação do “Programa de Monitoramento do Nível Piezométrico”, em todos os poços de monitoramento instalados e também nos poços cacimbas deverão ser efetuadas medidas do nível d’água durante dois anos antes do enchimento dos reservatórios com periodicidade trimestral no mínimo. No período seguinte ao enchimento estas medidas deverão ocorrer com periodicidade semestral, uma na estação seca e outra na estação chuvosa. Por um período de dois meses antes do enchimento, durante todo o enchimento e por dois meses após a conclusão do enchimento, as leituras dos níveis d’água deverão ser quinzenais.

A princípio, prevê-se um monitoramento das variações do lençol freático até dois anos após o enchimento dos reservatórios Jequitáí I e II. Após este período, será avaliada a necessidade de prosseguir com o Programa e a sua frequência.

As leituras dos níveis d’água nos poços de monitoramento devem ser realizadas aproximadamente vinte e quatro horas após a conclusão da construção do poço.

f) Coleta de Amostras e Análises sobre a Qualidade da Água Subterrânea

Devido à utilização da água subterrânea pela população dos municípios que margeiam o futuro reservatório, é necessária a realização de um plano de amostragem e monitoramento da qualidade da água dos aquíferos livres e profundos nos mesmos poços instalados para o monitoramento piezométrico, e também em poços cacimbas já existentes na região do empreendimento.

Deverão ser efetuadas coletas e análises logo no início da implantação do programa, uma antes do enchimento, uma após dois meses do enchimento e outra após seis meses do enchimento. Os resultados obtidos orientarão a continuidade do Programa.

Os parâmetros a serem determinados são aqueles que definem os padrões de potabilidade: odor, cor, turbidez, resíduo seco, pH, alcalinidade hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, dureza total, oxigênio consumido, nitrogênio amoniacal e nitroso, ferro, cloreto, fluoreto, arsênio, cobre, chumbo, zinco, bário, selênio, manganês, cádmio, cromo VI, cianetos, resíduos orgânicos e características microbiológicas.

A coleta de amostras e os procedimentos de ensaio, no campo e em laboratório, deverão obedecer aos critérios e procedimentos estabelecidos pelo laboratório encarregado das análises.

g) Estimativas de Elevação do Nível d'Água através de Modelos Matemáticos

Avaliações mais detalhadas deverão ser elaboradas através de modelos matemáticos de transição do nível d'água utilizando como base de dados todos os parâmetros obtidos durante o decorrer do atual programa.

Estes modelos matemáticos permitirão o desenvolvimento de modelos hidrogeológicos, preferencialmente tridimensionais, que representem as variações do lençol freático com maior detalhamento. A calibração destes modelos deverá ocorrer com a atualização da base de dados.

h) Relatórios de análise

O atual “Programa de Monitoramento do Nível Piezométrico” será objeto de acompanhamento por parte da equipe responsável.

Relatórios e desenhos (croquis, mapas, modelos 3D, etc.) finais de todos os trabalhos de campo, escritório e laboratório devem ser elaborados e emitidos para o empreendedor. Os relatórios do programa deverão ser apresentados a partir do final das investigações complementares e até dois anos após o enchimento dos reservatórios com frequência semestral no mínimo.

Eles apresentarão adequações das soluções mitigadoras propostas e apresentarão novas soluções, sempre que forem necessárias, conforme indicações do plano de monitoramento. Os relatórios conclusivos serão de fundamental importância, uma vez que servirão de base para as

conclusões sobre os impactos que realmente ocorrerão além de dar as diretrizes para o esclarecimento de eventuais dúvidas ou reclamações que possam ocorrer.

6. AÇÕES, ATIVIDADES E OPERACIONALIZAÇÃO DO PROGRAMA

a) Coleta e Análise de Dados

Na etapa inicial do programa deverá ser realizada a coleta de dados básicos, tais como dados geológicos, hidrogeológicos e hidrometeorológicos, além da preparação de mapas que servirão de base para a realização de trabalhos de campo. As principais etapas a serem seguidas são:

- ✓ Cadastramento dos pontos d'água existentes (poços cacimbas, tubulares profundos e de monitoramento);
- ✓ Reconhecimento regional da ocupação e registro de usos e ocupações do meio físico relevantes para o programa;
- ✓ Estimativas de recarga efetiva dos aquíferos, com base na análise dos dados hidrometeorológicos disponíveis;
- ✓ Implantação de banco de dados informatizados;
- ✓ Elaboração da rede de observações piezométricas para utilização nas campanhas de monitoramento e
- ✓ Registro dos locais com solos propensos a erosão, localizados próximos ao reservatório.

b) Calibração do Modelo de Simulação Matemática

Após a fase de coleta e análise de dados é necessária a execução de trabalhos que permitam a calibração do modelo de simulação matemática. Estes trabalhos seguirão as seguintes etapas:

- ✓ Traçado de hidrograma das águas subterrâneas em pontos pré-fixados;
- ✓ Elaboração de mapas piezométricos para diferentes períodos do ciclo hidrológico;
- ✓ Calibração final do modelo matemático proposto;
- ✓ Relatório final com definição das áreas críticas em relação à dinâmica do escoamento, com diretrizes e soluções para os problemas criados em decorrência das interferências do lençol d'água.

c) Operacionalização do Programa

A operacionalização deste programa ambiental foi descrita, em parte, no item 5 (Metodologia) e deverá ser realizada através das seguintes etapas, entre a etapa de implantação e operação

do empreendimento. As etapas que não foram abordadas com maior detalhe no item 5 serão melhor caracterizadas neste item.

- I) Contratação de uma equipe técnica para acompanhar a execução e desenvolvimento do programa e analisar e interpretar os respectivos resultados;
- II) Contratação de empreiteiros para a realização das investigações de campo adicionais tais como topografia e sondagens para a instalação de poços de monitoramento, além da alocação de técnicos para efetuarem as medidas de nível d'água e coletar e analisar as amostras de água subterrânea;
- III) Identificação das possíveis áreas críticas próximas aos reservatórios como foi especificado na metodologia do programa;
- IV) Realização das leituras de nível d'água, coleta de amostras, e análises de qualidade da água subterrânea conforme especificado no item 5 deste programa;
- V) Monitoramento das encostas e entorno dos reservatórios com registro da evolução de processos erosivos, deslizamentos e instabilidade das encostas.

A elevação do lençol freático pode ocasionar fenômenos de colapso em locais de ocorrência de colúviões e de solos de baixa compactação que possam ser encontrados nas margens do futuro reservatório. A elevação do lençol, bem como as variações no mesmo, que devem ser observadas após o enchimento do reservatório, podem causar também problemas de expansão, que tendem a afetar principalmente solos com conteúdo elevado de minerais argilosos, principalmente se alguns destes minerais conferirem ao solo um caráter expansivo.

Certamente, as influências diretas da existência dos futuros reservatórios Jequitáí I e II em processos erosivos serão apenas de caráter local, afetando as áreas marginais do futuro lago.

O objetivo principal desta etapa da operacionalização do programa é o monitoramento dos processos erosivos nas áreas marginais aos reservatórios. Esta etapa deve compreender a fase de construção das barragens e a fase de enchimento dos reservatórios e além de ter continuidade ao longo de toda a fase pré-enchimento, da forma que se possa ter um conjunto de dados que caracterize as condições ambientais presentes antes da existência dos reservatórios Jequitáí I e II.

Para que seja alcançado o objetivo proposto desta etapa de operacionalização será necessário:

- ✦ Realização de levantamentos topográficos complementares, para que juntamente com os dados já disponíveis permitam a elaboração de plantas topográficas base para as interpretações e consolidação de dados nas margens do reservatório;

- ✧ Detalhar mais o conhecimento do material geológico envolvido nos processos erosivos nas áreas potencialmente afetadas pelo enchimento dos reservatórios;
- ✧ Instalação e observação de marcos superficiais pinos de referência em edificações nos locais de ocorrência solos colapsíveis. As margens dos reservatórios devem ser inspecionadas e os efeitos erosivos relatados através de fotografias;
- ✧ Levantar se há ocorrência de problemas (trincas e fissuras) nas construções locais;
- ✧ Detalhamento do projeto executivo das obras previstas;
- ✧ Execução pelo empreiteiro contratado das soluções propostas.

Detalhamento do Projeto Executivo das Obras Previstas

Após o estudo de caracterização geológico-geotécnica e fenomenológica das áreas mais susceptíveis a eventuais processos erosivos devido às elevações do lençol freático, é necessária a adoção de um determinado tipo de obra de estabilização que atuará diretamente nos agentes e causas da erosão/instabilização investigada, de tal maneira que as alternativas do projeto deverão sempre partir das soluções mais simples e baratas.

Diversos tipos de obras combinadas são executados na maioria dos casos de estabilização dos processos de movimento de massa, sendo que as obras de drenagem e de proteção superficial não devem ser encaradas apenas como obras auxiliares ou complementares no projeto de estabilização. A execução de forma correta destes tipos de obras pode ser o principal instrumento na contenção de diversos problemas de instabilização. Por outro lado, retaludamentos, aterros e mesmo obras com estruturas de contenção podem ser danificados ou destruídos caso seus projetos não apresentarem sistemas de drenagem e proteção superficial eficientes.

Desse modo, entre as principais ações de controle / estabilização de processos erosivos e/ou de instabilização de massas passíveis de utilização para determinadas situações (inclusive no Projeto Jequitáí), destacam-se:

- ✧ Obras “sem” estrutura de contenção: retaludamentos (corte e aterro); drenagem (superficial, subterrânea, de obras); proteção superficial (naturais e artificiais);
- ✧ Obras “com” estruturas de contenção: muros de gravidade, atirantamentos, aterros reforçados e estabilização de blocos; e
- ✧ Obras de proteção: barreiras vegetais e muros de espera.

O fluxograma apresentado na Figura 6.1 indica a utilização dos tipos de obras de estabilização de encostas.

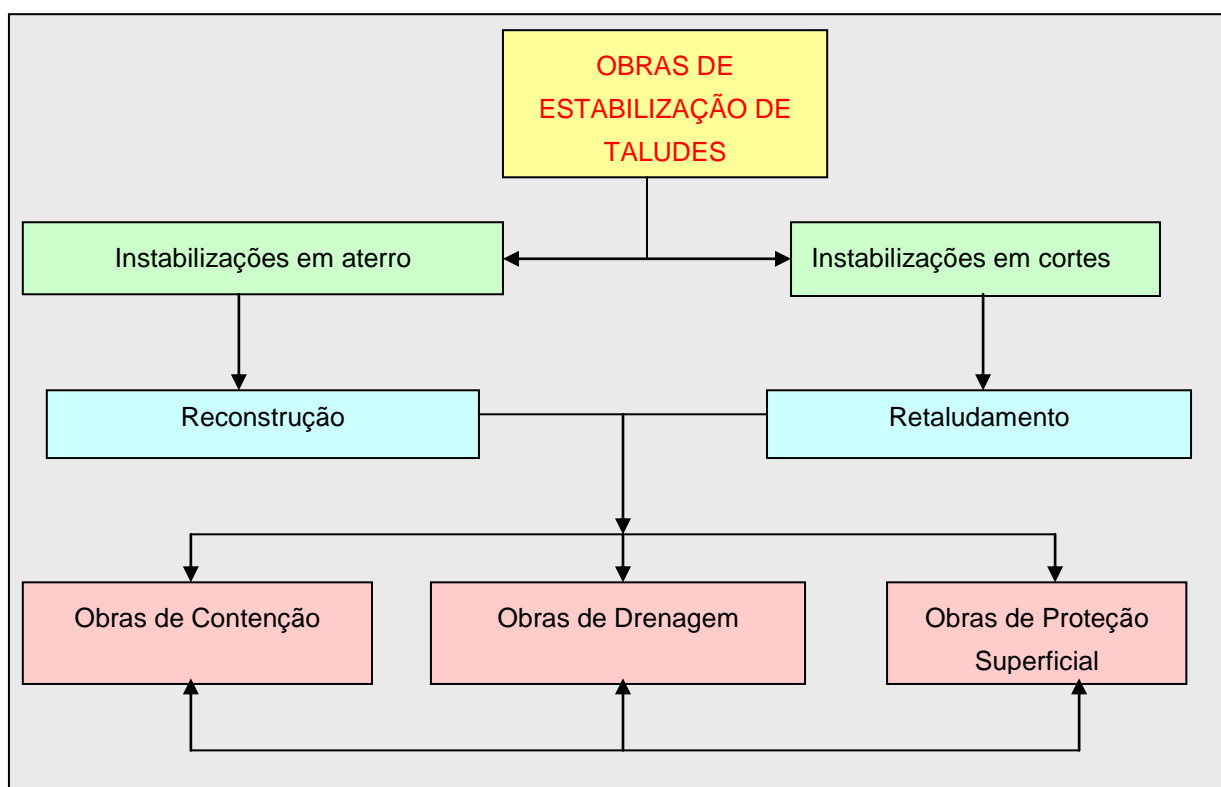


Figura 6.1 – Obras de Estabilização de Encostas

- VI) Registro de atividades de uso do solo a montante dos reservatórios, com identificação das áreas críticas para a estabilidade de encostas e assoreamento do reservatório.

O uso e ocupação do solo a montante dos reservatórios é restrito às atividades de pecuária e agricultura praticadas pelas populações locais.

Estudos preliminares enfatizam que os solos das regiões mais altas possuem riscos latentes a erosão, fenômeno que já pode ser observado em estágios avançados em alguns locais onde a proteção da vegetação natural é escassa e os declives mais acentuados, particularmente nos solos de textura arenosa e média.

Processos erosivos, a montante dos reservatórios, poderão ocorrer nas áreas de interferência direta dos mesmos em decorrência da elevação do nível do lençol freático, onde ocorrerão alagamentos da cobertura vegetal, aumento da umidade do solo implicando alterações nas características geotécnicas do mesmo e aumento da intensidade do processo erosivo em locais de boçorocamento.

Será necessária a elaboração de um cadastro que contemple o registro das áreas consideradas críticas para estabilidade de encostas e assoreamento do reservatório, a montante do mesmo. Com isso será possível o estabelecimento de um nível de criticidade que apontará as áreas que são prioritárias para a correção.

Esse cadastramento deverá permitir, também, o conhecimento do comportamento das feições erosivas identificadas, principalmente em relação à dinâmica e fenomenologia do processo, que são dados fundamentais para a definição dos critérios mais abalizados de projeto de contenção.

A partir do reconhecimento das áreas afetadas pela elevação do lençol freático e consequentemente interferidas por processos erosivos sugere-se a elaboração de dois croquis: um relacionando a erosão identificada com o enchimento dos reservatórios do projeto Jequitai e outro caracterizando a geometria da própria erosão, registrando-se as principais características relativas aos fenômenos que caracterizaram a sua dinâmica de evolução.

- VII) Elaboração de relatórios de acompanhamento com indicação das medidas para minimização de eventuais problemas encontrados.

Como já especificado no item cinco deste programa, Relatórios e desenhos (croquis, mapas, modelos 3D, etc.) finais de todos os trabalhos de campo, escritório e laboratório devem ser elaborados e emitidos para o empreendedor.

7. CRONOGRAMA FÍSICO DE ATIVIDADES

O cronograma físico de atividades deste programa está apresentado no 929-CDF-PMA-RT-P062 - Plano de Ação Ambiental – ANEXO I.

8. RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS

A equipe técnica necessária para acompanhar o desenvolvimento das atividades deste programa deverá ser composta pelos seguintes profissionais:

- ✓ Um geólogo sênior especialista em hidrogeologia;
- ✓ Um engenheiro civil; e
- ✓ Um geólogo de campo para acompanhar as atividades em campo.

A equipe de empreiteiros para a realização das instalações dos poços de monitoramento será composta por:

- ✓ Um sondador - encarregado do poço; e
- ✓ Quatro empreiteiros para a instalação e construção dos poços de monitoramento.

O material necessário para a instalação de um poço de monitoramento contempla:

- ✓ Perfuração – sondagem a trado manual ou mecanizado – 4" de diâmetro;

- ✓ Revestimento – tubo nervurado liso de PVC Geomecânico de 2” de diâmetro;
- ✓ Filtro - tubo nervurado ranhurado de PVC Geomecânico de 2” de diâmetro;
- ✓ Pré-Filtro – preenchimento anelar entre o poço e a perfuração com areia quartzosa selecionada (granulação de 2 a 3 mm);
- ✓ Selo Sanitário – calda de bentonita;
- ✓ Fechamento – utilização de tampa (“cap de fundo e cap de pressão”) e cadeado;
- ✓ Câmara de Calçada;
- ✓ Tampa de alumínio ou ferro; e
- ✓ Teodolitos.

Outros materiais necessários para a execução deste programa são:

- ✓ Um veículo leve / passeio, para os deslocamentos em campo e monitoramento dos poços instalados na região dos reservatórios;
- ✓ Máquina fotográfica, GPS e Bússola;
- ✓ Material de escritório e de apoio em geral;
- ✓ Medidor de nível d’água – modelo HSNA 60;
- ✓ Amostradores descartáveis de água subterrânea – Bailers;
- ✓ Softwares especializados em modelagens de fluxo de águas subterrâneas.

9. CUSTOS

O custo de implantação deste programa está apresentado no 929-CDF-PMA-RT-P062 - Plano de Ação Ambiental – ANEXO II.

10. AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO

O monitoramento do programa será realizado, se necessário, durante dois anos após o enchimento do reservatório. Após este período de dois anos será avaliada necessidade de continuidade do programa.

A avaliação do “Programa de Monitoramento do Nível Piezométrico” será realizada por intermédio dos próprios relatórios que serão produzidos, ao final de cada atividade supracitada, no decorrer do próprio programa.

11. RESPONSABILIDADE TÉCNICA E CONVÊNIOS

A equipe técnica responsável pela execução deste projeto será constituída de:

- ✓ Um geólogo sênior especialista em hidrogeologia;
- ✓ Um engenheiro civil; e
- ✓ Um geólogo de campo para acompanhar as atividades em campo.

Poderão ser firmados convênios com centros de pesquisa e/ou universidades para uma possível consultoria relacionada à elaboração das modelagens matemáticas das oscilações dos níveis d'água subterrânea, uma vez que esses instrumentos facilitariam o acesso a softwares especializados em fluxos de água subterrânea e ajudariam no processamento da enorme quantidade de dados resultantes de todas as campanhas de monitoramento executadas durante o programa.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE FILHO, J.L. & BOTURA, J.A. ***Elevações induzidas no lençol freático***. In: ENCONTRO TÉCNICO CESP/IPT, 1994, Paraibuna, São Paulo. O meio físico nos estudos ambientais de projetos hidrelétricos. Paraibuna, São Paulo: CESP/IPT, 1994
- ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; BOTURA, J.A.; JUNIOR, T.B. & CORREA, W.A.G. ***Avaliação de impactos hidrogeológicos como subsídio à instalação de reservatórios hidrelétricos no estado de São Paulo***. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8., 1996, Recife, PE. Anais...Recife: ABAS, 1996.
- ALBUQUERQUE FILHO, J.L. ***Previsão e análise de elevação do nível do lençol freático na avaliação de impacto ambiental (AIA) de reservatórios hidrelétricos*** – Tese (doutorado) – Universidade Estadual paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Rio Claro: [s.n.], 2002.
- DE JORGE, F.N. ***Mecanismos de escorregamentos em encostas marginais de reservatórios***. São Carlos, 1984. p. 146. Tese (Dissertação de Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. ***Avaliação do efeito do enchimento do reservatório da barragem de Três Irmãos sobre o nível freático na área da cidade de Pereira Barreto*** - segunda fase. São Paulo, 1989 (IPT. Relatório Técnico nº 27.789).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. ***Avaliação do potencial de influência do reservatório de Porto Primavera sobre o aquífero livre entre o patrimônio Reta A-1 e Bataguassu, MS***. São Paulo, 1991 (IPT. Relatório Técnico nº 29.298).

YOST JR., C.B. & NANEY, J.W. *Earth-dam seepage and related land and water problems. Journal of soil and water conservation.* P. 87-91, 1975.