

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

**EMPREITADA DE RECUPERAÇÃO  
DA BARRAGEM JABURU I**

**OBSERVAÇÃO, ANÁLISE DE SEGURANÇA E  
ASSISTÊNCIA TÉCNICA**

**COBA**

**FORTALEZA- CE**  
**ABRIL 2000**

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

# EMPREITADA DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO JABURU I



OBSERVAÇÃO, ANÁLISE DE SEGURANÇA E  
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

ABRIL 2000

0095/F



**COBA**

Este 01026 - Prep (Y) Scan ( ) Index ( )  
Projeto Nº 0095 / F  
Volume \_\_\_\_\_  
Qtd A4 \_\_\_\_\_ Qtd A3 \_\_\_\_\_  
Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_  
Qtd A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

# EMPREITADA DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO JABURU I



OBSERVAÇÃO, ANÁLISE DE SEGURANÇA E  
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

ABRIL 2000



COBA



000003

**EMPREITADA DE RECUPERAÇÃO DA BARRAGEM DO JABURU I**  
**PROPOSTA PARA**  
**OBSERVAÇÃO, ANÁLISE DA SEGURANÇA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA**

## 1 - INTRODUÇÃO

Na sequência de contatos anteriores vem a COBA apresentar à Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará proposta para **Observação, Análise da Segurança e Assistência técnica** durante a execução das intervenções de recuperação da barragem do Jaburu I

A barragem do Jaburu I, com perfil tipo em aterro e 47 m de altura máxima é uma obra com um historial de incidentes complexo que foi já objeto de intervenções de reabilitação no passado (Quadro 1)

Quadro 1 – Problemas e intervenções anteriores

PROBLEMAS	INTERVENÇÕES
Apos o 1º enchimento em 1983, apareceram fissuras no coroamento ao longo do filtro e verificou-se um assentamento por colapso do coroamento na zona do vale principal de cerca de 0,5 m	Reconstrução do aterro até a cota prevista para o coroamento - (725,0) -, sem contudo se ter protegido o trecho correspondente do paramento de montante com rip-rap
Em meados de 1988, cerca de 5 anos após o 1º enchimento, surgiu uma surgência na ombreira esquerda. Cerca de 30 m a jusante do pé da barragem, onde a rocha se encontrava muito fracturada e numa região de talus. Verificou-se o arrastamento de material fino e a criação de uma gruta (cerca da cota 100). A vazão atingiu cerca de 47 l/s	Realizou-se uma campanha de injeção no final do ano de 1988, tendo-se reduzido a vazão para 3 l/s. Os furos de injeção foram feitos a partir do coroamento e a partir do talude de jusante a cerca de 9 m do coroamento, com um comprimento na fundação de 35 m. A injeção realizou-se em três etapas: a 1ª com caldas de cimento, a 2ª com asfalto e a 3ª com asfalto mais calda de cimento
Em 1992 foram detectadas surgências em 4 zonas a jusante da barragem com uma vazão total de 26 l/s  Os medidores de caudais - V4 a V5 - colocados em locais estratégicos tem mostrado nos últimos anos uma constância das vazões com valores totais medidos entre 1993 e 1997 de 17 a 23 l/s	Realizou-se nova campanha de injeções em 1993, tendo a vazão sido reduzida para 12,5 l/s. Os furos foram feitos a partir do coroamento com um comprimento na fundação de 40 m, tendo sido injetada calda de cimento. O tratamento da fundação foi feito no encontro esquerdo do vale principal e no vale secundário

000004 1

No âmbito do Projeto Executivo de Recuperação da Barragem do Jaburu I a COBA realizou missões de inspeção à barragem e diversos estudos de base - entre os quais estudos hidrologicos levantamentos topograficos e uma campanha de prospeção mecânica que integrou também a instalação de piezômetros hidráulicos no aterro e fundação da barragem - que permitiram fazer o reconhecimento e diagnostico dos principais problemas e deteriorações da obra atividades essenciais para a análise de exequibilidade e pormenorização das soluções de reabilitação preconizadas (Quadro 2)

Quadro 2 – Caracterização geral das intervenções preconizadas

INTERVENÇÕES PRECONIZADAS	CARACTERIZAÇÃO GERAL
Tratamento de impermeabilização	Execução de uma cortina de injeções vertical, segundo uma unica fiada e com espaçamento final dos furos, em principio, de 3 m A cortina sera realizada a partir do coroamento da barragem, ao longo de dois trechos, compreendidos um entre as estacas E25 e E29 com 84 m de extensão e outro entre as estacas E10 e E13 com cerca de 60 m As caldas serão de cimento-agua com adição de bentonite
Intervenções de estabilização e drenagem Barragem	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) colocação do enrocamento de proteção nas cotas superiores do paramento de montante</li> <li>ii) aterro de recarga da barragem principal com cerca de 15 m de largura de coroamento à cota 692.5 e talude exterior inclinado a 1/2 (V H)</li> <li>iii) esporões e máscaras drenantes no aterro atual acima do coroamento do aterro de recarga na barragem principal, com ligação a uma valeta de drenagem longitudinal</li> <li>iv) drenagem do aterro de recarga da barragem principal e vala de drenagem perimetral na inserção da barragem principal na ombreira esquerda</li> <li>v) aterro de recarga na barragem do vale secundario com cerca de 5 m de largura de coroamento a cota 717.6 e talude exterior inclinado a 1/2(V H)</li> <li>vi) drenagem do aterro de recarga da barragem do vale secundario e trincheira drenante perimetral na inserção do pe da barragem na fundação</li> <li>vii) Por forma a garantir uma folga minima para a barragem durante a ocorrência de cheias sera ainda promovido o alteamento da cota do coroamento atraves da execução de um aterro compactado com cerca de 1 m de altura</li> </ul>
Sangradouro	<p>Os trabalhos a executar no sangradouro integram</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Saneamento e remoção de materiais amolecidos e/ou deslocados com fraca resistência mecânica.</li> <li>ii) Adoçamento e regularização de taludes potencialmente instaveis</li> <li>iii) Colocação de concreto ciclopico em depressões e cavidades com indicios de passagem de agua nomeadamente no rasto e na base dos taludes</li> <li>iv) Colocação de concreto projetado em zonas com indicios de infiltração</li> <li>v) Pregagem de taludes com sinais de instabilidade (l=2.5 m) complementada com betão projetado com 10 cm de espessura, colocado em duas camadas e reforçado com malha de aço electrosoldada</li> <li>vi) Enchimento e regularização, com concreto ciclopico, das depressões localizadas imediatamente a jusante da soleira de controlo</li> </ul>

Quadro 2 (cont ) – Caracterização geral das intervenções preconizadas

INTERVENÇÕES PRECONIZADAS	CARACTERIZAÇÃO GERAL
Plano de observação	<p>O plano de observação preconizado compreende a instalação de dispositivos de observação para leitura das seguintes grandezas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i): níveis hidráulicos em câmaras piezométricas localizadas nos vários materiais de aterro com comportamento hidráulico diferenciado designadamente, nos materiais argilosos e na laterita,</li> <li>ii): níveis hidráulicos em câmaras piezométricas localizadas na fundação, nas várias formações interessadas com comportamento hidráulico diferenciado, em particular no trecho mais superficial da fundação até cerca de 10 a 20 m de profundidade em que se registam as maiores perdas de água</li> <li>iii): vazões afluentes aos medidores de vazão,</li> <li>iv): deslocamentos verticais superficiais do corpo do aterro em marcas superficiais de nivelamento</li> </ul>

## 2 – METODOLOGIA DOS ESTUDOS DE OBSERVAÇÃO E AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA

A manutenção da segurança da obra - estrutural e hidráulico-operacional – passa, designadamente por um acompanhamento periódico e integrado da análise dos dados de observação e das informações recolhidas nas visitas de inspeção e diagnóstico

Estas atividades foram alias já implementadas pela COBA no âmbito do Projeto Executivo de Recuperação da Barragem do Jaburu I, tendo-se vindo a proceder periodicamente a análise das leituras dos piezômetros hidráulicos instalados em fase de diagnóstico e à realização de visitas de inspeção de especialidade

No âmbito do Projeto Executivo foi também desenvolvido o Plano de Observação da Obra, apresentando-se, no Quadro 3, um resumo dos dispositivos de observação preconizados e, nos Quadros 4 e 5, respectivamente, as frequências das campanhas de leituras e as frequências de visitas de inspeção e diagnóstico

Quadro 3 – Dispositivos de observação

Dispositivos	Fase de implementação	numero
Piezômetros hidráulicos	ja instalados	15 furos de sondagem e 39 ponteiras
	a instalar – 1ª fase	16 furos de sondagem e 40 ponteiras
	a instalar – 2ª fase	16 furos de sondagem e 40 ponteiras
Medidores de vazões	a recuperar – 1ª fase	5
	a executar – 1ª fase	3
Marcas superficiais	a instalar – 1ª fase	16+2(*)
	a instalar – 2ª fase	29+1(*)

(\*) – Marcas de referência

Quadro 4 - Frequência das campanhas de leituras

Grandezas	Dispositivos	Fase de execução das intervenções	1º Período de Exploração (1 a 2 anos)	Período Posterior de Exploração
Níveis hidrostáticos	Piezômetros hidráulicos	semanal	quinzenal	mensal
Vazões	Medidores de vazões	diário	diário	diário
Deslocamentos superficiais	Marcas superficiais	trimestral	semestral	anual

Quadro 5 - Frequências das visitas de inspeção e diagnóstico

Situação de vida da obra	Inspeções Visuais		
	Rotina	Especialidade	Excepcionais
Execução das intervenções de recuperação	semanal	A meio e no fim do período de execução das intervenções	Após ocorrência excepcional
Exploração 1º período (1 a 2 anos)	mensal	Semestral	Após ocorrência excepcional
Exploração período posterior	mensal	Anual	Após ocorrência excepcional

Os estudos de Observação e Análise da Segurança implicam a análise integrada de um conjunto de informação, a saber

- i) dados de base,
- ii) dados de observação,
- iii) visitas de inspeção e diagnóstico,
- iv) modelos de comportamento e avaliação da segurança.

devendo constituir um trabalho contínuo e integrado levado a cabo por uma equipa de especialistas multidisciplinar

## **a) Dados de base**

A avaliação da segurança da obra implica um conhecimento profundo desta que passa obrigatoriamente pelo conhecimento dos elementos correspondentes às várias fases de vida da obra na perspectiva da segurança

A elaboração do Projeto Executivo de Recuperação da Barragem do Jaburu I implicou a compilação dos elementos de base disponíveis e a análise dos incidentes e intervenções de recuperação respetivas, bem como a identificação e caracterização dos atuais problemas e das intervenções a implementar. O conhecimento adquirido permite à COBA uma mais valia na antecipação dos principais cenários de risco e potenciais deteriorações, permitindo balizar o comportamento expectável da obra

## **b) Dados de observação**

A observação de uma barragem desempenha um papel fundamental na avaliação da sua segurança. Sendo uma atividade específica deverá ser levada a cabo por especialistas que detenham também um conhecimento profundo da obra que lhes permita avaliar, a partir das visitas de inspeção e da análise dos dados de observação, os fenómenos que realmente estão a acontecer

A atividade de exploração do sistema de observação da barragem passa pela correta definição (que é dinâmica e variará no tempo consoante o comportamento constatado da obra) da frequência das campanhas de leituras, do modo de coleta dos dados e do seu tratamento, validação e interpretação atempada

### Coleta de dados

A coleta de dados faz-se no presente caso manualmente e terá a frequência definida no plano de observação (Quadro 4). A frequência de observação deverá no entanto ser considerada de forma dinâmica, associada ao tempo de exploração decorrido e ao comportamento manifestado pela obra

Presumiu-se, na elaboração da presente proposta, que a coleta dos dados ficará a cargo da Secretaria dos Recursos Hídricos ou da COGERH



Devera ser sempre feita uma primeira validação dos dados na obra, para despiste de eventuais erros de leitura e/ou escrita. após o que estes serão transmitidos de imediato para a COBA onde se procedera ao seu tratamento. validação final e informatização

## Tratamento e validação de dados

O tratamento e validação de dados, a efetuar pela COBA durante o periodo de execução das obras de recuperação. integra duas fases, uma primeira de conversão das medições efetuadas em grandezas físicas e uma segunda de análise dos valores e comparação com valores de referência

Caso sejam detectados valores anormais proceder-se-á a sua correção (nos casos de erros verificados) ou, sempre que necessario, a realização de nova leitura. A confirmação da ocorrência de valores anormais conduzirá à definição das necessarias medidas, preventivas e/ou corretivas

O arquivo de dados ja validados e dos resultados do seu tratamento sera automatizado

## **c) Visitas de inspeção e diagnóstico**

A inspeção visual das barragens constitui talvez o método mais eficaz de detecção de deteriorações

As inspeções podem ser de diferentes tipos, desde as mais simples, realizadas pelo pessoal tecnico afeto a exploração dos sistemas de observação ou das barragens, ate àquelas efetuadas por equipas de peritos altamente qualificados

As inspeções visuais na barragem do Jaburu I serão de três tipos

- i) Inspeções de rotina.
- ii) Inspeções de especialidade.
- iii) Inspeções de carater excepcional

Cabe no âmbito da presente proposta a realização das inspeções de rotina e de especialidade durante a execução das intervenções de recuperação

No que respeita as inspeções, a sua frequência dependerá do tipo de inspeção e da situação de vida da obra (Quadro 5)

Os diversos aspectos, detalhes e procedimentos a seguir nas inspeções podem, e é desejável que o sejam, ser objeto de normalização a fim de facilitar e garantir a eficácia da ação dos agentes intervenientes. Um dos aspectos de normalização consiste na utilização de fichas a preencher durante a inspeção e que será uma peça fundamental do relatório de inspeção.

A COBA definiu já, no âmbito dos estudos do Projeto Executivo, fichas de inspeção de rotina e de especialidade que utilizara no âmbito das visitas objeto da presente proposta.

Os pontos a ter em particular atenção são

a parte emersa do paramento de montante, verificando a eventual ocorrência de perturbações no enrocamento de proteção,

o coroamento, verificando a eventual ocorrência de fissuras (trincas), recalques ou movimentos laterais,

- o paramento de jusante, verificando a eventual ocorrência de surgências, recalques ou outras perturbações,
- a superfície de inserção da barragem na fundação, a jusante, verificando a ocorrência de surgências, afundamentos ou cavernas,
- zonas do reservatório onde se possam eventualmente verificar perdas de água importantes e/ou problemas localizados indutores de poluição ou interação direta com a barragem.

a zona de jusante próxima da barragem, verificando a eventual ocorrência de surgências ou recalques,

os órgãos hidráulicos anexos, verificando a eventual ocorrência de modificações de posicionamento e deteriorações nas estruturas ou nos equipamentos, passagens de água preferenciais ou erosões e/ou subscavações

#### **d) modelos de comportamento e avaliação da segurança**

Compilada e analisada a informação referente aos dados de observação e às visitas de inspeção e diagnóstico será feita a análise do comportamento da obra e da sua segurança com base nos modelos de comportamento previstos.

Sempre que se justifique serão realizadas modelações adicionais que poderão passar, essencialmente, por estudos de estabilidade, de percolação e de tensões-deformações

### **3 - METODOLOGIA DOS ESTUDOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA**

As missões de assistência técnica que nos propomos realizar constituir-se-ão como peças fundamentais do processo de acompanhamento das obras por parte do Projectista e como contributos para a validação dos trabalhos que se forem executando

Nesse sentido e face a especificidade dos problemas que se põem em fase de execução das intervenções de recuperação, prevê-se que cada missão seja constituída, em media, por dois técnicos especialistas com grande experiência neste tipo de atividade e correspondendo, na maior parte dos casos, a técnicos envolvidos nos estudos de projeto. A visita às obras correspondente a cada missão terá a duração de dois dias

As missões de assistência técnica terão uma periodicidade adequada ao avanço dos trabalhos e aos problemas a equacionar. Da ponderação do cronograma de trabalhos (Quadro 6), prevê-se a realização de visitas com uma frequência média mensal no primeiro semestre e bimensal no segundo, num total de 9 visitas. A periodicidade das visitas poderá vir a ser ajustada, função da evolução das varias frentes da obra e das necessidades reais que venham a ser constatadas

De cada visita a obra sera elaborado um relatorio fazendo o ponto de situação dos trabalhos, com apoio fotografico, dando parecer sobre aspectos inerentes à qualidade executiva e ao andamento dos trabalhos e sistematizando os aspectos mais relevantes, as decisões assumidas e as questões pendentes

Cada visita será preparada com antecedência, através da análise previa das questões a tratar, permitindo também definir de forma adequada a equipa de especialistas que se deslocará à obra

Os dados recolhidos em cada visita à obra serão devidamente integrados nos estudos, de modo a proporcionar permanentemente uma visão atualizada das problemáticas da obra e permitindo, nas missões subsequentes, a rentabilização desse conhecimento

Durante cada visita será efetuada uma inspeção as principais frentes de trabalhos e a outros locais que a Fiscalização e/ou o Dono de Obra considerem relevante serem visitados, após o

que se prevê realizar uma reunião de obra em que serão analisadas as questões pendentes que se põem ao avanço dos trabalhos, em conjunto com o Dono de Obra e com representantes da empreiteira e da fiscalização

Particular atenção será dada a algumas das intervenções, quer pelo seu caráter especial quer pela maior valia de informação complementar que será recolhida e que poderá inclusivamente ser utilizada para otimização ou adaptação das restantes intervenções

E este, designadamente, o caso do **tratamento da fundação**. Esta intervenção será assim objeto de acompanhamento particular, preconizando-se o tratamento de toda a informação recolhida durante os procedimentos de furação e de injeção, o que permitirá, para além de aferir as condições geotécnicas do maciço a tratar e a ocorrência de eventuais caminhos preferenciais de percolação, a eventual otimização e/ou adaptação do plano de observação

O acompanhamento da execução de um trecho experimental do tratamento no início dos trabalhos permitirá também afinar metodologias processuais, tipos de caldas e pressões de injeção e processos de controlo de qualidade, assegurando que a execução do tratamento sistemático de estanqueidade da fundação será feito de modo eficaz e já dispondo de uma rotina de execução expedita e fiável

A COBA fará a análise de toda a informação que se for obtendo, de modo a otimizar o projeto de tratamento e, caso se justifique, das restantes intervenções

Também no que se refere **aos aterros de recarga e obras de drenagem**, a COBA propõe-se fazer um acompanhamento adequado. Efetivamente, atendendo aos problemas já manifestados por esta obra, as fases de escavação que precederão a execução dos aterros de recarga e das obras de drenagem serão aproveitadas para se proceder a um reconhecimento pormenorizado, agora de todas as áreas a serem objeto de intervenção, quer dos materiais de aterro quer dos materiais de escavação "in situ"

As ligações entre aterros já executados e aterros de recarga são aspectos fundamentais na segurança final da obra que serão também devidamente acompanhados durante as missões de assistência técnica

A COBA fará a análise de todas as informações recolhidas durante a execução das obras de recuperação que baseará eventuais adaptações às reais condições encontradas, a preconizar no decorrer das visitas

Quadro 6 - Barragem do Jaburu I - Cronograma das obras de recuperação

000013

ITEM	ATIVIDADES	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-	<b>MOBILIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DO CANTEIRO</b>												
1.1	Serviços especiais	■	■										
1.2	Outros serviços		■	■									
2-	<b>REFORÇO DO TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO DA BARRAGEM</b>												
2.1	<b>CORTINAS E INJEÇÕES - ZONA 1 ESTACAS 25 A 29</b>												
2.1.1	Trecho experimental		■	■	■								
2.1.2	Furos primarios - Furação ensaios e injeção			■	■	■							
2.1.3	Furos secundarios - Furação, ensaios e injeção				■	■	■						
2.1.4	Furos terciarios e quartenarios eventuais- Furação ensaios e injeção					■	■	■					
2.2	<b>CORTINA DE INJEÇÕES - ZONA 2 - ESTACAS 10 A 13</b>												
2.2.1	Furos primarios - Furação, ensaios e injeção						■	■	■				
2.2.2	Furos secundarios - Furação, ensaios e injeção							■	■	■			
2.2.3	Furos terciarios e quaternarios eventuais- Furação, ensaios e injeção								■	■	■		
3-	<b>BARRAGEM - VALE PRINCIPAL - ESTABILIZAÇÃO E DRENAGEM</b>												
3.1-	<b>ATERRO DE RECARGA</b>												
3.1.1	Escavação, preparo da fundação e conformação do pe de jusante		■	■	■								
3.1.2	Execução do sistema de drenagem interna			■	■								
3.1.3	Execução do aterro de recarga			■	■	■							
3.2-	<b>ESPORÕES DRENANTES E MASCARA FILTRANTE</b>												
3.2.1	Escavação					■	■	■					
3.2.2	Colocação do dreno						■	■	■				
3.2.2	Execução da valeta de drenagem							■	■				
3.3-	<b>TRINCHEIRA DRENANTE PERIMETRAL</b>												
3.3.1	Escavação						■	■	■				
3.3.2	Colocação do dreno								■	■			





#### **4 - PRAZO DE EXECUÇÃO**

O prazo de execução dos estudos objeto da presente proposta, em conformidade com o cronograma de trabalhos previsto para a execução da empreitada, será de doze meses

#### **5 - EQUIPA TÉCNICA**

O acompanhamento da obra, quer no que se refere à sua observação e análise da segurança quer no que se refere a assistência técnica – atividades objeto da presente proposta durante o período de execução da empreitada de recuperação -, exige a intervenção de técnicos especialistas nas diversas áreas – geologia, geotecnia, hidráulica, estruturas e equipamentos – que detenham um conhecimento profundo da obra em causa e uma vasta experiência em trabalhos semelhantes

A equipa técnica que a COBA propõe para a realização dos estudos objeto da presente proposta integra técnicos especialistas nas diferentes áreas, que estiveram envolvidos nos estudos do **Projeto Executivo da Barragem do Jaburu I**, detendo portanto um conhecimento pormenorizado do historial da obra e das intervenções preconizadas

**Coordenador dos Estudos:                    Jorge Vazquez Gonzalez**

Geologia e Geotecnia                    Ricardo Oliveira

Barragens e observação                    Jorge Vazquez  
Lurdes Pimenta  
Orlando G Santos  
Joana Carreto

Estruturas Hidraulicas                    Acacio Santo

Hidraulica                    Cruz Morais

Equipamentos                    Luís Gusmão



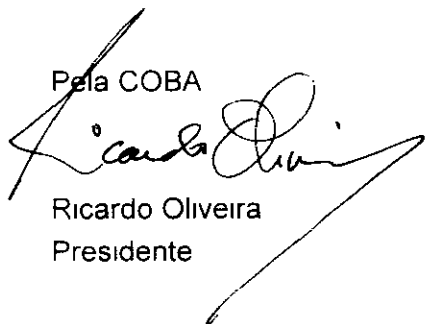
**6 - PROPOSTA FINANCEIRA**

O montante global dos honorarios inerentes as actividades a desenvolver, em conformidade com a proposta tecnica apresentada, e de 130 000 R\$ (cento e trinta mil reais)

Durante o periodo de execucao da empreitada a faturacao sera mensal, sendo o montante das primeiras 4 faturas de 12 500 R\$ (doze mil e quinhentos reais) e o montante das oito ultimas de 10 000 R\$ (dez mil reais), num total de doze faturas

Lisboa Abril de 2000

Pela COBA



Ricardo Oliveira  
Presidente